

Volume: 3, Issue: 3, December 2022
<https://dergipark.org.tr/en/pub/ijaa/issue/74489>



IJAA

**INTERNATIONAL JOURNAL OF
AERONAUTICS AND
ASTRONAUTICS**

E-ISSN : 2757-6574 ijaa@selcuk.edu.tr

hosted by

**Turkish
JournalPark**
ACADEMIC



by Selçuk University, School of Civil Aviation



INTERNATIONAL JOURNAL OF AERONAUTICS AND ASTRONAUTICS

e-ISSN: 2757-6574

December 2022 Editorial Members of IJAA

INTERNATIONAL JOURNAL OF AERONAUTICS AND ASTRONAUTICS

(IJAA)

International Journal of Aeronautics and Astronautics is aimed at presented a chance to students, researchers, research scholars, teachers, authors and other professionals in the field of research in aeronautics, astronautics, aviation and aviation management subjects, to publish their original and current research worldwide, international community. It publishes original articles, review articles, case studies, book reviews, short communications, and hypotheses on the fundamentals and applications. In the process of peer reviewed various international experts, world renowned scientists were engaged in the past.

IJAA has been published since 2020. The authors have transferred the publishing rights of all articles published in the journal to IJAA. Publication of these articles in other publications is strictly prohibited.

Printed in TURKEY-eISSN 2757-6574

EDITORIAL MEMBERS OF IJAA – December 2022,
VOLUME:3, ISSUE:3

OWNER EDITOR

Prof. Dr. Recai Kuş, *Selçuk University, Turkey*

CHIEF EDITORS

Assoc. Prof. Dr. Nilüfer Canöz, *Selçuk University, Turkey*

Assoc. Prof. Dr. İlker Örs, *Selçuk University, Turkey*

SECTION EDITORS

Dr. Harun Karakavuz, *Selçuk University, Turkey*

Dr. Mustafa Taşyürek, *Selçuk University, Turkey*

Dr. Fatih Alpaslan Kazan, *Selçuk University, Turkey*

EDITORIAL BOARD

Prof. Dr. António Rodrigues, *Instituto Superior de Educação e Ciências, Portugal*

Prof. Dr. Hikmat Hamid Asadov, *Azerbaijan National Aerospace Agency, Azerbaijan*

Prof. Dr. Rui Quadros, *Instituto Superior de Educação e Ciências, Portugal*

Prof. Dr. Rüştü Güntürkün, *Selçuk University, Turkey*

Assoc. Prof. Dr. Elif Eren Gültekin, *Selçuk University, Turkey*

Assoc. Prof. Dr. Murat Mayda, *Karamanoglu Mehmetbey University, Turkey*

Dr. Ahmet Ateş, *Selçuk University, Turkey*

Dr. Aziz Hakan Altun, *Selçuk University, Turkey*

Dr. Muhammad Jawad, *Fatima Jinnah Women University, Pakistan*

Dr. Selçuk Sarıkoç, *Amasya University, Turkey*

Dr. Shazia Hassan, *National Defence University, Pakistan*

Dr. Sevim Öztimurlenk, *State University of New York at Old Westbury, United States*

Dr. Soner Şen, *Selçuk University, Turkey*

Dr. Veli Bakircioğlu, *Aksaray University, Turkey*

EDITORIAL ADVISORY BOARD

Prof. Dr. Oleksandr Zaporozhets, *National Aviation University, Ukraine*

Dr. Umut Durak, *German Aerospace Center (DLR), Germany*

LAYOUT EDITORS

Lec. Tuğba Damgacı, *Selçuk University, Turkey*

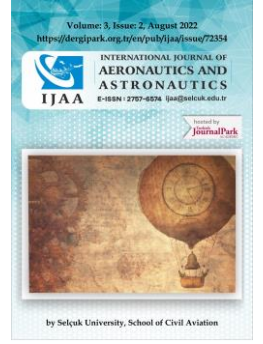
Res. Assist. Ahmet Ertek, *Selçuk University, Turkey*

Res. Assist. Türker Burak Güven, *Selçuk University, Turkey*

International Journal of Aeronautics and Astronautics

Volume 3, Issue 3, August 2022

<https://dergipark.org.tr/en/pub/ijaa/issue/74489>



CONTENTS OF 3(3) in December 2022

No	Article Title	Paper No
1.	Havacılık Güvenliği ve İnsan Hakları Bağlamında Hak-Güvenlik Paradoksu (<i>Research Article</i>) https://doi.org/10.55212/ijaa.1191700	110-119
2.	Investigation of thermal behavior and orifice flow characteristics of aeronautic hydraulic servo-proportional valve spool-sleeve structure with numerical simulations (<i>Research Article</i>) https://doi.org/10.55212/ijaa.1208520	120-131

Research Article

Havacılık Güvenliği ve İnsan Hakları Bağlamında Hak-Güvenlik Paradoksu

 Ahmet ATEŞ

Havacılık Yönetimi Bölümü, Sivil Havacılık Yüksekokulu, Selçuk Üniversitesi, Konya, Türkiye

Received
October 19, 2022

Revised
December 13, 2022

Accepted
December 16, 2022

ÖZET

Devletler, havacılık sektöründe yaşanan terör ve diğer yasadışı eylemler sonucunda birtakım güvenlikleştirme stratejileri izlemek zorunda kalmışlardır. Havacılık güvenliği çalışmalarında altınla şekillenen bu stratejiler, başta devletlerin ulusal güvenliği olmak üzere yolcuların can ve mal güvenliğini sağlamaya yönelik birtakım mekanizmaların gelişmesine katkı sağlamıştır. Bu mekanizmalar içerisinde ortaya çıkan ve profillemeye olarak adlandırılan yapay zekâ destekli sistemler, yolcuların mahremiyet haklarını ihlal edecek ya da ikinci plana itecek birtakım uygulamalar ortaya çıkarmıştır. Profillemeye sistemleri bu tür güvenlik uygulamalarına örnek olarak verilebilir. Bu sistemler yolcuların mahremiyet haklarını ihlal ederek izinsiz şekilde onların kişisel bilgilerine erişmekte ve bunları kullanarak birtakım puanlamalar ve sınıflandırmalar yapmaktadır. İnsan hakları savunucuları bu uygulamalar sonucunda harekete geçmiş ve böylece hak-güvenlik paradoksu olarak tanımlanabilecek bir tartışma başlamıştır. Bu tartışma özelinde şekillenen çalışmada, uluslararası anlaşmalar, ulusal güvenlik, insan hakları, güvenlik prosedürleri ve profillemeye konuları hak-güvenlik paradoksu bağlamında analiz edilmiştir. Böylece profillemeye süreçlerinde hak ihlallerinin ne düzeyde yaşandığı tespit edilmeye çalışılmış ve öneride bulunulmuştur.

ABSTRACT

States had to pursue several securitization strategies as a result of terrorism and other illegal acts in the aviation sector. These strategies, which were shaped under the aviation security studies, led to the development of a number of mechanisms to ensure the safety of life and property of passengers, particularly the national security of states. The artificial intelligence-supported systems that emerged within these mechanisms and called profiling have revealed a number of applications that will violate the privacy rights of the passengers or push them to the second plan. Profiling systems are examples of such security applications. These systems violate the privacy rights of the passengers and access their personal information without permission and make some scoring and classification by using them. As a result of these practices, human rights defenders took action and thus a discussion that could be defined as the rights-security paradox started. In the study shaped specifically for this discussion, the issues of international agreements, national security, human rights, security procedures and profiling are analysed in the context of the rights-security paradox. Thus, it was tried to determine the level of violations of rights in the profiling processes and suggestion was presented.

Anahtar Kelimeler

*Güvenlik
Havacılık Güvenliği
İnsan Hakları
Profillemeye
Uluslararası Anlaşmalar*

Keywords

*Security
Aviation Security
Human Rights
Profiling
International Agreements*

* Corresponding author, e-mail: ahmetatesciu@hotmail.com



1. Giriş

Son yıllarda küresel ticaret ve teknolojiye yaşanan gelişmeler küreselleşmeye hız kazandırmıştır. Sivil havacılık bu dönemin en stratejik sektörlerinden biri olarak ön plana çıkmış ve kamu, özel ve hibrit kuruluşların rekabet ettiği bir küresel endüstriye dönüşmüştür. Ancak terör ve diğer suç örgütleri havacılık endüstrisini hedef alan birtakım eylemlere girişmiş ve bunun sonucunda yoğun bir güvenikleştirme süreci başlamıştır. Böylece devletler, terör saldırılarına ve diğer suç olaylarına karşı güvenlik önlemlerini çeşitlendirmek amacıyla uluslararası platformlarda bir araya gelmişler, küresel ve ulusal çapta uygulamaya konulacak politikalar üzerinde anlaşmaya varmışlardır. Devletlerce imza altında alınan uluslararası konvansiyonlar, protokoller ve güvenlik dokümanları bu bağlamda ele alınabilir. Böylece devletler, bu uluslararası anlaşmalardan hareketle ulusal güvenliklerini garanti altına alacak bir takım güvenlik uygulamalarını hayata geçirmişlerdir. Yolcuların seyahat tercihlerini içine alan veri işleme yöntemleri, vücut tarama sistemleri ve biyometrik teknolojiler bu alanda ortaya çıkan ulusal güvenlik uygulamalarına verilebilecek örneklerdir. Öte taraftan devletlerin ulusal güvenliklerini sağlamak ve yolcuların yaşam hakkını korumak özelinde şekillenen bu uygulamalar, başta mahremiyet hakkı olmak üzere bir takım hak ihlallerine neden olmuştur. Bazı insan hakkı savunucuları bu ihlaller karşısında harekete geçmiş ve devletleri bu alanda attıkları adımlardan dolayı eleştirmişlerdir. Yaşanan bu gelişme havacılık güvenliğinde insan hakları tartışmaları şeklinde tanımlanmaktadır.

Havacılık güvenliği uygulamaları kapsamında ortaya çıkan profillemeye, kişisel verilerin depolanması ve bu verilerin işlenerek yolculara yönelik bir takım güvenlik prosedürlerinin uygulanmasını kapsamaktadır. Ancak depolanan verilerin başka kurumların erişimine açılması, mahremiyet haklarının ihlali konusunda önemli birtakım tartışmaları gündeme getirmektedir. Buna göre modern teknolojiler, devletlerin yolcular hakkında bilgi toplama ve bunları depolaması konusunda önemli kolaylıklar sağlamakta, ancak bunların korunmasına ilişkin birtakım kaygılar içermektedir. Son dönemde kişisel verilerin çalınmasına ilişkin haberlerin gündemi oldukça meşgul etmesi bu kaygıların haklılığını da ortaya koymaktadır. Son tahlilde bu çalışmada devletlerin ulusal güvenliklerini sağlamak ve yolcuların yaşam ve mülkiyet haklarını garanti altına almak için başlattıkları güvenlik uygulamalarının insan hakları ihlali olup olmadığı sorusunun cevabı aranmıştır. Bu minvalde çalışma havacılık güvenliğinin tanımlanması, uluslararası anlaşmalar, güvenlik prosedürleri ve insan haklarını içine alan konu üzerinden şekillendirilmiş ve sonuç bölümünde ana sorumlunun cevabına yönelik analizler ortaya konmuştur.

2. Havacılık Güvenliği

Havacılık, dünya ticaretindeki canlılığın sürdürülebilmesinde, insan ve kargo taşımacılığının etkin ve verimli şekilde yürütülmesinde, farklı toplumlar arasında bilgi ve tecrübenin paylaşılmasında etkin ve işlevsel bir yere sahiptir. Ancak bu sektörün bir takım terör ve suç yapıları tarafından tehdit edilmesi, bu alanın korunmasına yönelik uluslararası ve akademik ilginin artmasına neden olmuştur [1, 2]. Bu ilginin sonucunda ortaya çıkan teorik ve pratik tüm çalışmalar havacılık güvenliği altında kendisine yer bulmaktadır.

Havacılık güvenliği çalışmalarının ortaya çıkmasında ve gelişmesinde terör saldırılarının birincil faktör olduğu bilinmektedir. Nitekim Enerstvedt bu iddiayı desteklemekte ve bu bağlamda güvenlik yaklaşımlarını tarihsel bir sınıflandırmaya tabi tutarak dört dönem üzerinden incelemektedir. Ona göre bunlardan ilki erken dönem olarak kabul edilen ve 1968 öncesi yılları kapsayan dönemdir. Bu dönem Perulu devrimcilerin 1930 yılında PANAM posta uçağını kaçırmaya eylemi ile başlamıştır [3, 4]. İkinci dönem 1968 ile 11 Eylül saldırıları arası dönemi kapsamaktadır. Üçüncü dönem 11 Eylül saldırılarının hemen ardından yaşanan gelişmeleri kapsamaktadır. Devletler uçakların birer silah olarak kullanıldığı bu saldırılar sonucunda yeni bir güvenlik modeli arayışına girmiştir. ABD'nin başlattığı güvenikleştirme adımları Uluslararası Sivil Havacılık Örgütü (ICAO), Uluslararası Havalimanları Konseyi (ACI) ve Uluslararası Hava Taşımacılığı Birliği (IATA) gibi uluslararası aktörlerin gündemine hızlı bir giriş yapmış, havacılık sektörünün korunması için daha aktif strateji ve taktikler belirlemiştir



[1, 5, 6]. Örneğin ICAO “güvenlik herkesin sorumluluğudur” mottosu ile hareket ederek bir güvenlik doktrini geliştirmiş ve bunu güvenlik kültürü altında kavramsallaştırmıştır. ICAO küresel havacılık güvenliği planı olarak geliştirdiği bu yaklaşım ile devletler ve diğer paydaşların ortak bir platform üzerinde çalışmasını hedeflemiştir. Dahası bu çalışmalar ile güvenlikle ilgili bir dizi norm, değer, tutum ve varsayımları içine alan bir güvenlik kültürünün geliştirilebileceğini iddia etmiştir [7]. Dördüncü dönem ise günümüz gelişmelerini içine almaktadır [3]. Tüm bu dönemler bir takım güvenlik tehditleri nedeniyle kendi konjonktürlerine uygun bir takım önleyici güvenlik mekanizmaları geliştirmiştir. Bu mekanizmalar birtakım kısıtlamaları beraberinde getirmiş ve insan hakları ihlalleri tartışmalarını havacılık gündemine taşımıştır. Bu tartışmalara girmeden evvel havacılık güvenliğinin kavramsal karşılığına bakılması faydalı olacaktır.

Havacılık güvenliği kavramı üzerine ortak bir tanım bulunmamaktadır. Milbret’e göre yolcular, Havacılık güvenliğini onları strese sokan ve bir takım zorlayıcı önlemleri içine alan hizmet olarak kabul etmektedir. Nitekim ona göre yolcular, zorunlu güvenlik ve kimlik kontrollerini yaşamadan hava yolculuğunu yaşamının hayalini kurmaktadır [8]. Öte taraftan yaşanan pek çok olumsuz vaka havacılık güvenliğinin yolcuların emniyetini, konforunu ve zamanında seyahatini amaçlayan bir hizmet olduğunu göstermektedir. Bu bağlamda kavramın Sivil Havacılık paydaşlarınınca farklı anlaşılabilirliği iddia edilebilir. Buna rağmen kavramı tanımlamaya yönelik önemli birtakım girişimlerin olduğu bilinmektedir. Bu girişimler incelendiğinde güvenlik ve emniyet kavramlarının birbiri yerine kullanıldığı görülmektedir. ICAO, güvenlik yaklaşımını havacılık emniyeti bağlamında ele almaktadır. Buna göre ICAO havacılık emniyetini, sürekli tehlike tanımlama ve risk yönetimi uygulanarak kişilere veya mülke zarar verme olasılığının kabul edilebilir bir düzeye indirildiği ve altında tutulduğu durum olarak tarif etmiştir. Annex 17’de ise güvenlik kavramına yer verilmiştir. Buna göre güvenlik sivil havacılığın yasa dışı müdahale eylemlerine karşı korunması olarak tanımlanmaktadır. Ayrıca bu amaca ulaşmak için önlemler ile insan ve maddi kaynakların kombinasyonunun sağlanması şart koşulmaktadır [9, 10]. Benzer şekilde emniyet kavramını kullanan Hava Seyrüsefer Komisyonu (ANC), havacılık emniyetini kişilere yönelik kabul edilemez yaralanma veya uçak ve mülke zarar verme riskinden uzak olma durumu olarak tanımlamıştır [3]. Öte taraftan AB’nin yaptığı tanımlarda güvenlik kavramına yer verilmesi, bu tanımları çalışma için daha kıymetli kılmıştır. AB Tüzüğünde havacılık güvenliği, sivil havacılığın, yasa dışı müdahale eylemlerine karşı korumaya yönelik önlemler ile insan ve malzeme kaynaklarının birleşimi olarak tanımlanmıştır [3].

Tüm bu tanımlar ışığında havacılık güvenliği; devletlerin ulusal güvenliklerini, hava alanlarının ve uçakların güvenliklerini ve yolcuların can ve mal güvenliğini sağlamak için insan ve malzeme kaynaklarının birleşiminden oluşan eylemler dizisi olarak tanımlanabilir. Bu tanım oldukça geniş ve kapsamlı bir tanım olarak kabul edilebilir. Bu minvalde devletler bu tanım ışığında havacılık güvenliğini sağlayabilmek için başta mahremiyet hakkı olmak üzere bazı insan haklarını ikinci planda tutmakta ve hatta ihlal edebilmektedir. Bu durum havacılık güvenliği epistemolojisinin doğal bir sonucu olarak kabul edilebilir ve bazı haklara meydan okuması kaçınılmaz olarak görülebilir. Bu açıdan havacılık güvenliğine yönelik tanımlama girişimlerinin özünde hakları ihlal etme ya da geri plana itme refleksi olduğu anlaşılmaktadır.

3. Havacılık Güvenliğinde Uluslararası Anlaşmalar, Bölgesel ve Ulusal Düzenlemeler

Sivil havacılığı yasadışı müdahalelere karşı koruma ihtiyacı, bu alanda atılan güvenlik adımları için bir katalizör görevi görmüştür. Böylece devletler, imzaladıkları anlaşmalar ile havacılık güvenliğini sağlamaya yönelik ortak taahhütte bulunmuşlardır. Bu çerçevede uluslararası anlaşmalar, bir sonraki bölümde değinilecek olan güvenlik prosedürlerinin dayanağını oluşturmuştur. Öte taraftan devletler, kendi ulusal güvenliklerini sağlamak, yolcuların hayat ve mülkiyet haklarını garanti altına almak için mahremiyet hakkı konusunda bir takım kısıtlayıcı önlemler almak zorunda kalmıştır. Devletlerin attığı bu adımlarda aşağıda ele alınan düzenlemelerin etkili olduğunu savunulabilir.

1944 yılında Chicago konvansiyonunun imzalanması ve devamında 1947 yılında Uluslararası Sivil Havacılık



Örgütü'nün (ICAO) kurulması havacılık güvenliği alanında atılan ilk önemli adım olmuştur. Sonrasında Tokyo Konvansiyonu (1963), Lahey Konvansiyonu (1970) ve Montreal Konvansiyonu (1971) ile havacılık güvenliği alanında adımlar atılmaya devam edilmiştir [11]. Sivil havacılığa yönelik 1970'lerde uçak kaçırma şeklinde artan ihlaller beraberinde daha kapsamlı uluslararası düzenleme ihtiyacını doğurmuştur. Böylece ICAO 1974 yılında olağanüstü gerekçeler ile "Ek 17 Güvenlik" dokümanını (Annex 17) yayınlamış ve havacılık faaliyetlerinin yasa dışı müdahalelere karşı korunmasını hedeflenmiştir. Bu maksatla taraf ülkelere yönelik bir kılavuz yayınlanmıştır. Devletlerin bu kılavuz ile teknik ve yönetsel düzenlemeler yapması hedeflenmiştir. ICAO bu kılavuzun uygulanmasında ülkelere yardım etmek amacıyla Doküman 8973'ü geliştirmiştir. ICAO, Roma ve Viyana havaalanlarında yaşanan terörist eylemlere karşı Montreal'de (1988) Uluslararası Sivil Havacılığa Hizmet Veren Havalimanlarında Yasadışı Şiddet Eylemlerinin Önlenmesi Protokolü imzalamıştır. Ayrıca Pan Am 103, Air India 182 ve Korean Air 858 sayılı uçaklara karşı gerçekleşen bombalama eylemleri sonucunda Montreal'de (1991) Tespit Amaçlı Plastik Patlayıcıların İşaretlenmesine İlişkin yeni bir konvansiyon imzalanmıştır [1].

ICAO, 11 Eylül saldırıları sonrasında havacılık alanında artan güvenlik ihtiyacına cevap vermek için 33. kurul toplantısında Sivil Hava Aracının İmha Silahı Olarak Kötüye Kullanılmasına ve Sivil Havacılığı İçeren Diğer Terör Eylemlerine İlişkin Bildirgeyi kabul etmiştir [12]. ICAO tarafından Evrensel Güvenlik Denetim Programı Sürekli İzleme Yaklaşımı aynı dönemde kabul edilmiş ve böylece yeni tehditlerin tanımlanması ve bunlara karşı küresel ölçekte harekete geçilmesi hedeflenmiştir [13]. Bunların yanında 2010 Bejjin Konvansiyonu ve 2014 yılında Montreal'de imzalanan Hava araçlarında İşlenen Suçlar ve Diğer Bazı Eylemlere İlişkin Tokyo Sözleşmesini Tadil Eden Protokol havacılık güvenliği bağlamında atılan diğer önemli adımlar olmuştur [1].

Bölgesel bir örgüt olan Avrupa Birliği'nin (AB) havacılık güvenliği bağlamında önemli çalışmalar yürüttüğü bilinmektedir. Bu çerçevede AB, 11 Eylül saldırılarından hemen sonra 16 Aralık 2002'de Avrupa Parlamentosu'nun (EC) 2320/2002 sayılı Tüzüğünü ve Avrupa Sivil Havacılık Konferansı'nı (ECAC) kabul etmiştir. Bu yönetmelik, ICAO Doküman 17 ile aynı paralelde ilerlemiş ve AB'deki tüm havaalanlarını kapsayan havacılık güvenliği standartlarını belirlemiştir [14, 15].

Uluslararası ölçekte atılan bu adımların yanı sıra ulusal ölçekte de adımlar atılmıştır. Başta ABD olmak üzere Kanada ve Almanya gibi ülkeler de havacılık güvenliğini güçlendirmek için adım atmıştır. Bu devletler tarafından oluşturulan yönetmelikler, ICAO tarafından düzenlenen güvenlik ekleri ile önemli benzerlikler içermektedir [1]. Bununla birlikte Federal Havacılık İdaresi (FAA) tarafından oluşturulan Uluslararası Havacılık Emniyeti Değerlendirme (IASA) Programı, ABD'nin uluslararası havacılık güvenliği konusunda etkin bir yeri olduğunu da göstermektedir [16].

ABD'de havacılık güvenliği bağlamında atılan adımların 11 Eylül öncesi ve sonrası olarak tasnif edilmesi mümkündür. 11 Eylül terör saldırıları öncesinde atılan adımlar çıkarılan yasalar bağlamında ilerlemiştir. Bu çerçevede 1971 Kaçırmaya Karşı Yasa, 1974 Kaçırmaya Karşı Yasa, Terörizmle Mücadele Yasası (1978), 1990 Yılı Havacılık Güvenliği İyileştirme Yasası, 1996 Yılı Havacılık Güvenliği ve Terörle Mücadele Kanunu ve 2000 Yılı Havalimanı Güvenliği İyileştirme Yasası havacılık güvenliği adına çıkan yasalardır [1].

ABD, 11 Eylül saldırıları sonrasında daha aktif bir güvenlik politikası belirlemiştir. 2001 Tarihli Havacılık Ve Ulaştırma Güvenliği Yasası (Atsa), Ulaşım Güvenliği İdaresi FSD'nin Oluşturulması, Air Marshal Programının Yeniden Canlandırılması, Parmak İzi Tabanlı Chrc'ler, Havacılık Çalışanlarının Tarnması, Kontrol Edilen Bagaj Taranması, Hava Kargo Güvenlik Prosedürleri, Güvenlik Haçları, Kimyasal Ve Biyolojik Silahlar, Kokpit Kapıları, Genel Havacılık Kiralık Uçuşları, Uluslararası Uçuşlarda Yolcu Beyanları, Gösterim Ortaklığı Programı (Aka, Opt-Out), 9-1-1 Uçak Sistemi, Hava Taşımacılığı Güvenliği Ve Stabilizasyon Kanunu (2001), 2002 Yılı Anavatan Güvenlik Kanunu, Vizyon 100: Havacılık Yüzyılı Yeniden Yetkilendirme Kanunu ve 2007 Yılı 9/11 Komisyon Kanunu Tavsiyelerinin Uygulanması gibi kanun ve uygulamaları ortaya çıkarmıştır [1].

Kanada Hava Ulaştırma Güvenlik Otoritesi (CATSA) çalışmaları ulusal düzeyde güvenlik politikaları için diğer bir örneği teşkil etmektedir. CATSA, havalimanı ve havayolu çalışanlarının taranması dahil olmak üzere havacılık



güvenliğini ilgilendiren konularda çalışmalar yürütmüştür. Örneğin CANPASS programı kurularak düşük riskli yolcuların sınır ötesi geçişlerini daha güvenli ve işlevsel yapılması hedeflenmiştir [8, 1, 17].

Türkiye’de ise Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü bünyesindeki Havacılık Güvenliği Daire Başkanlığı, havacılık güvenliği çalışmalarını yürütmektedir. Bu bağlamda 5431 sayılı Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü Teşkilat ve Görevleri Hakkındaki Kanun, 2920 sayılı Türk Sivil Havacılık Kanunu, SHY-22 Havaalanları Yer Hizmetleri Yönetmeliği, SHT 150.10A Havaalanları Yer Hizmet ve Türleri Talimatı, SHT-17.2 Havacılık Güvenliği Eğitim ve Sertifikasyon Talimatı ve SHY-6A Ticari Hava Taşıma İşletmeleri Yönetmeliği havacılık güvenliği adına çıkarılan kanun, yönetmelik ve talimatlara örnek olarak verilebilir [18].

Son tahlilde bu bölümden şu sonuç çıkmaktadır; devletler güvenlikleri söz konusu olduğunda kısıtlama yapmayı meşru bir hak olarak kabul etmekte ve bunu uluslararası düzenlemeler aracılığı ile yapmaktadır. Bu minvalde uluslararası ya da ulusal düzenlemeler insanların birtakım haklarını kısıtlayabilir ya da ihlal edebilir, bu kaçınılmaz bir sonuçtur.

4. Güvenlik Prosedürleri ve Profilleme

Havacılık güvenliği bağlamında havaalanlarında uygulanan güvenlik prosedürleri, bu alanda başlayan insan hakları tartışmalarının merkezinde yer almaktadır. Başlangıçta küçük x-ray makinelerinin kullanımı ile başlayan güvenlik süreci, günümüzde oldukça ileri düzey güvenlik araçlarına yerini bırakmıştır. X-Işını Kırınımı (XRD), Faz Kontrast (PC) ve diferansiyel PC (DPC), Nükleer Kuadrupol Rezonans (NQR), Nükleer Manyetik Rezonans (NMR), Ultrason Görüntüleme, Milimetre dalga Görüntüleme, Nötron Tarama ve kıyafetleri tarayabilen tüm vücut tarama sistemi ileri düzey x-ray güvenlik araçlarına örnek verilebilir [4, 19, 20]. Bu açıdan güvenlik ihtiyacının her geçen gün daha da arttığı, buna bağlı olarak ileri düzey prosedürlerin ve yüksek teknolojiye sahip araçların havaalanlarında kullanıldığı görülmektedir. Örneğin çok sayıda devlet, 11 Eylül saldırıları sonrasında harekete geçmiş ve hem havaalanlarını hem de hava araçlarının güvenliğini sağlayacak standartlar ve teknolojiler geliştirmiştir [8]. Bu çerçevede bagajların tümünün patlayıcı taramasından geçirilmesi, profilleme yöntemleri kullanılarak riskli kişilerin denetlenmesi, el bagajı tarama prosedürlerinin revize edilerek sıvı denetimin başlatılması ve personel sayısının artırılması havacılık güvenliğinde geliştirilen standartlara örnek olarak verilebilir [21, 4, 22].

Devletler, kusursuz güvenlik sağlayabilmek için son dönemde yapay zekâ tabanlı teknolojilere odaklanmıştır [23]. Bu minvalde yapay zekâ destekli sistemlerin geliştirilerek kullanılmaya başlanması, havacılık güvenliği çalışmalarında önemli bir konu olarak kabul edilmektedir. Havacılık güvenliğinde yapay zekâ destekli sistemleri önemli kılan iki önemli gerekçe bulunmaktadır. Birincisi havacılık güvenliği yaklaşımlarının havaalanlarında hata düzeyini aşağıya çekmeyi hedeflemesidir. İnsanlar doğası gereği karar verirken hata yapabilmektedir, bu nedenle optimal karar verici olarak görülmezler. Dahası insanların karar verme süreçlerinde yapacakları hatalar ve işleyişte yaşanacak aksamlar oldukça büyük problemleri beraberinde getirebilir [24]. Devletler bu sorunun üstesinden gelebilmek için yapay zekâ olarak bilinen sofistike sistemler devreye almıştır. Bu sistemler bilgisayarların birtakım uyarılara karşı insan zekasını kullanıyormuşçasına cevap vermesi olarak tanımlanmaktadır. Bu sayede havaalanlarında hata riski en aza indirilerek işleyiş daha verimli hale getirilmeye çalışılmıştır. Nitekim yapay zekâ destekli sistemlerin sunduğu tüm avantajlar, bu sistemlerin devreye alınmasında etkili olmuştur. Örneğin Avrupa havaalanlarında iBorderCtrl benzeri yapay zekâ sistemleri denenmeye başlamıştır [25]. Bu sistem sayesinde havaalanlarında daha etkin ve verimli bir işleyiş bina edilmeye çalışılmıştır. Bu bağlamda verilebilecek diğer bir örnek, AB projesi olarak ortaya çıkan ve AKKA Teknolojilerinin koordinasyonunda yürütülen CO-FRIEND sistemidir. CO-FRIEND ile havaalanı akıllı video sistemleriyle izlenmiştir. Bu sayede uçağın etrafındaki tüm süreçler otomatik öğrenme sistemi ile gözlemlenerek kayıt altına alınmıştır. Böylece güvenlik ve verimlilik konusunda yeni eylem planları oluşturulabilmiştir [26, 8].

İkinci önemli neden, yapay zekâ teknolojilerinin insan davranışlarını anlamlandırma ve olası tehditleri önceden



tespit edebilme konusunda fark yaratabilme kabiliyetidir. Yapay zekâ teknolojileri profillemeye olarak tanımlanan sistemin geliştirilmesinde kullanılmaktadır. Profillemeye ile yolcular sözlü olmayan davranışları ya da toplanan kişisel bilgiler üzerinden analiz edilmekte ve tehdit durumlarına göre sınıflandırılmaktadır. Bilindiği üzere sözel olmayan sinyaller insanların zihinsel, davranışsal ve/veya fiziksel durumları hakkında zengin bilgiler içermektedir. Bu bilgilerin belirli parametreler üzerinden analiz edilmesi olası risklere daha hızlı cevap verilmesini sağlayabilmektedir [27].

Profillemeye ile yolcular risk durumlarına göre sınıflandırılmakta ve bir takım güvenlik prosedürlerine tabi tutulmaktadır. Bu uygulama ile havaalanlarını kullanan bireylerin risk analizleri yapılarak olası ihlallerin önüne geçilmeye çalışılmaktadır. Bu sistemin çalışmasında öncelikli olarak parmak izi gibi kişi ile ilgili olarak sisteme girilen veriler dikkate alınmakta ve ikinci olarak kişinin sosyal medya hesapları dahil olmak üzere kişi hakkında bilgi verebilecek her türlü kaynak incelenmektedir. Eğer kişi risk durumuna göre risksiz olarak tanımlanırsa, daha kolay ve hızlı güvenlik noktalarından geçmesi sağlanmaktadır [8].

Havacılık güvenliğinde profillemeye uygulamaları incelendiğinde, ABD'nin daha erken dönemde bu sistemi kullanmaya başladığı görülmektedir. Bu sistemin kullanımı sonucunda ortaya çıkan kısıtlamalar insan hakları tartışmalarının dayanağı olmuştur. Bu minvalde havacılık güvenliği insan hakları tartışmaları bu sistemler özelinde ele alınması daha isabetli olacaktır.

Northwest Havayolları 1997 yılında profillemenin ilk formunu kullanmıştır. Kısa süre sonra, ABD Federal Havacılık İdaresi bu sistemi diğer hava yollarının kullanıma açılması için çalışma başlatmıştır [28]. Böylece ABD'deki hava yolu şirketlerinden bazıları Bilgisayar Destekli Yolcu Ön Tarama Sistemi (CAPPS) olarak adlandırılan bu sistemi kullanmaya başlamıştır. Bu sistem ile yolcular, ek güvenlik taramasına ihtiyaç duyanlar ya da duymayanlar olarak iki kategoriye ayrılmıştır [29]. Ancak CAPPS gelen eleştiriler karşısında yeniden güncellenmiş ve ırk ayrımcılığına karşı işlevsel bir program olarak CAPPS II formunu almıştır. Ancak sistemin yenilenmesi mahremiyet konusundaki tartışmaları sona erdirmeye yeterli olmamıştır.

CAPPS II, yolcuları hava yolu seyahat programlarına ve vatandaşlıklarına göre tarayan bir sistem olarak geliştirilmiştir. CAPPS II, yolcuların kişisel bilgileri kullanarak bir puanlama yapmış ve buna karşılık gelen renkle (kırmızı, sarı veya yeşil) risk durumunu belirlemiştir. Bu çerçevede kabul edilebilir bir risk, bilinmeyen risk veya kabul edilemez risk olarak kategorize edilen yolcuların temel tarama ya da ek tarama prosedürlerine tabi olmaları planlanmıştır. Sistem, yolcular uçak bileti satın alırken gönüllü olarak verecekleri isim, adres, telefon numarası ve doğum tarihinden oluşan dört adet yolcu bilgisi ile başlayacak şekilde tasarlanmıştır. CAPPS II elde ettiği doğrulanmış yolcu bilgilerini suç faaliyetleri ve diğer ticari veriler ile birleştirerek risk durumuna uygun prosedürü başlatacak bir mekanizma olarak biçimlendirilmiştir [30, 29, 31]. Ancak İnsan Haklarını savunucuları, havaalanlarında insanların yanlışlıkla göz altına alınması ve yolcuların tümüne terör şüphelisi olarak yaklaşılmasını önemli bir eleştiri konusu olarak kabul etmiştir. Gelen bu eleştiriler nedeniyle bu sistem uygulamadan kaldırılmış ve Secure Flight olarak adlandırılan yeni bir sistem hayata geçirilmiştir [31].

Secure Flight sistemi ile ülke içinde ve dışında sivil havacılık güvenliğinin güçlendirilmesi hedeflenmiştir. ABD, bu sistemi 2009 yılında iç hatlarda ve 2010 yılında dış hatlarda kullanıma açmıştır. Bu çerçevede güçlendirilmiş ve genişletilmiş bir izleme listesi ile risk tabanlı güvenlik önlemleri karşılaştırılmasının yapıldığı bir yöntem uygulanmıştır. Bu izleme listelerinin karşılaştırılmasının sorumluluğu Ulaştırma Güvenlik İdaresine (TSA) ve havayolu firmalarına verilmiştir. Bu program ile ilk olarak uygun güvenlik önlemleri/eylemlerine ulaşabilmek amacıyla hızlandırılmış tarama uygulanarak yüksek riskli ve düşük riskli yolcuların tespit edilmesi amaçlanmıştır. Örneğin bir yolcu bilet aldığı anda veriler doğrudan Secure Flight sistemine işlenmekte ve bu veriler başka yollarla elde edilen diğer verilerle birleştirilmektedir. Ayrıca bu birleştirilen tüm veriler diğer kuruluşların amaçlarına uygun olarak onların erişimine açılmaktadır. İkinci olarak TSA'nın Riske Dayalı Güvenlik (RBS) misyonunu desteklenmesi hedeflenmiştir. Üçüncü olarak Uçuşa Yasaklılar Listesindeki (No Fly List) kişilerin uçağa binmesini engellenmesi ve gelişmiş tarama için Seçilmiş Listedeki (Selectee List) kişilerin belirlenmesi



amaçlanmıştır. Dördüncü olarak yolcuların yanlış bir şekilde havacılık güvenliğine potansiyel tehdit olarak tanımlanmasının önüne geçilmesi amaçlanmıştır. Son olarak yolcuların kişisel bilgilerini koruyarak yetkisiz kullanım ve ifşanın önüne geçilmesi amaçlanmıştır [32, 33, 34]. Bu bağlamda önceki sistemler yerine ikame edilen Secure Flight sisteminde eleştirilerin dikkate alındığı görülmektedir. Buna rağmen mahremiyet hakkı tartışmalarına son vermemiştir.

5. İnsan Hakları ve Profilleme

İnsan hakları, insanın sadece insan olması nedeniyle sahip olduğu hak ve özgürlükler olarak tanımlanmış olup, bireylerin doğuştan hatta cenin iken sahip olduğu dokunulmaz ve devredilmez haklar olarak kabul edilmektedir [35, 36, 37]. Bu haklar birinci, ikinci, üçüncü ve dördüncü kuşak haklar olarak sınıflandırılmaktadır. Birinci kuşak haklar özgürlük fikri ile gelişen haklar olarak kabul edilmekte olup sivil ve politik özgürleşmeyi hedeflemiştir. Örneğin yaşama hakkı, adil yargılanma hakkı, din ve vicdan özgürlüğü hakkı, oy kullanma hakkı ve seyahat ve yerleşme hakkı bu kapsamda ele alınmaktadır. İkinci kuşak haklar işçi sınıfının talepleri ile gelişen sosyal haklar olarak kabul edilmekte ve sendika kurma hakkı, çalışma hakkı iş olanaklarının yaratılması, beslenme hakkı, eğitim hakkı, eğitim hakkı, konut hakkı, toplumsal güvenliğin sağlanması, sendika ve grev hakkı bu kapsamda ele alınmaktadır. Üçüncü kuşak haklar dayanışma hakları olarak kabul edilmekte ve çevre hakkı, barış hakkı ve insanlığın ortak mirasına saygı hakkı bu kapsamda ele alınmaktadır [35, 38]. Dördüncü kuşak haklar ise gelişmekte olan haklar olarak tanımlanmakta ve günümüz teknolojik ve bilimsel gelişmelerinin insan onuruna yönelttiği tehditlere karşı çıktığı savunulmaktadır. Örneğin biyoetik haklar, siber uzay hakkı, demokratik bir siyasal rejimde yaşama hakkı, su hakkı ve kişisel verilerin korunması hakkı bu kapsamda değerlendirilmektedir [39]. Bu dört kuşak insan haklarından birinci ve dördüncü haklar doğrudan havacılık güvenliği insan hakları tartışmalarının merkezinde bulunmaktadır. Nitekim havacılık güvenliği yaklaşımları, yaşam hakkının korunması ve mahremiyet hakkının ihlal edilmesi arasında dönüp duran bir tartışmaya şahitlik etmektedir.

Günümüzde özgürlük hakkının doğasında olan mahremiyet hakkı hem güncel yaşantıda hem de akademik dünyada ilgi çekici ve bir o kadar da değer verilen konular olmuştur. Bununla birlikte modern teknolojinin sağladığı imkanlar bireylerin kişisel verilerinin toplanarak saklanmasına olanak tanıırken birtakım tehditlere maruz bırakabilmektedir ki bu da mahremiyet hakkını oldukça duyarlı bir konuma taşımaktadır. Nitekim üçüncü kişilerin insanların kişisel verilerine izinsiz erişerek bunları ele geçirildiğini gösteren çok sayıda örnek bulunmaktadır. Genel anlamda mahremiyet bireylerin, grupların veya kurumların kendilerine ait bilgilerin başkalarına ne zaman, nasıl ve ne ölçüde iletildiğini bilmesi olarak tarif edilmektedir [40, 41].

Kişisel verilerin saklanması ve kullanılmasını içine alan mahremiyet hakkı üç temel husus üzerine şekillenmektedir. Bunlardan ilki bireyin kendi bilgilerinden hangilerini başkaları ile paylaşılacağını belirleme ve kişisel verilerinin ifşasını kontrol etmesi olarak tanımlanmaktadır. İkincisi bir kişinin kendisine ait hangi verilerin yayıldığını, hangi verilerin toplandığını ve nerede saklandığını bilmesi ve eksik veya yanlış veriye itiraz etmesi olarak tanımlanmaktadır. Sonuncusu ise bireylerin meşru bilme hakkı olarak tanımlanmıştır. Ayrıca bu sonuncu husus sayesinde hem devletin faaliyetlerinin denetlenebileceği hem de toplumun sağlığı ve emniyetin sağlanabileceği iddia edilmiştir [38]. Kişisel verilerin saklanması bağlamında ele alınan temel hususlar profilleme olarak tanımlanan sistemlerce ihlal edilmiştir. Nitekim TSA, mahremiyet konusu üzerinden eleştirilmiştir. Bu eleştirilerden ilki mahremiyet ilkesinin ihlal edilmesi üzerine şekillenmiştir. Buna göre havacılık sektöründen faydalanan ve önemli çoğunluğu herhangi bir suça bulaşmamış çok sayıda yolcunun kişisel mahremiyet ilkesine rağmen bilgilerine ulaşılması önemli bir sorun olarak kabul edilmiştir. İkinci olarak seyahat eden yolcuların kişisel verileri üzerindeki kontrolün ne ölçüde hükümetler tarafından ihlal edileceğini bilmemesi önemli bir sorun olarak görülmüştür. Son olarak TSA'nın yanlış kimlik, kimlik hırsızlığı, dolandırıcılık veya diğer nedenlerden kaynaklanan profil oluşturma hatalarını nasıl önleyeceği ve düzeltereği konusunda politika belirsizliği önemli bir konu olarak görülmüştür. [42, 43, 44, 45].



Profilleme sistemlerinin insan hakları açısından ortaya çıkardığı diğer bir tartışma konusu ayrımcılıktır. Çok sayıda sivil liberal grup, insanların etnik ve dini kimliklerini içeren profil çıkarma yöntemini eleştirmektedir. Çoğunluğu mahremiyet ve sivil özgürlükleri savunan bu aktivistler, profilleme sistemlerinin müdahaleci yapısına atıf yaparak bu uygulamaların gözetim toplumunu da ortaya çıkaracağını iddia etmişlerdir. Diğer taraftan aktivistler ırk ve din konularını tarama mekanizmalarına bir parametre olarak alan bu sistemlerin yabancılaştırma ve ayrımcılığa neden olabileceğini savunmuştur. Bu bağlamda profilleme sistemlerinin bölücü, ayrımcı, yasadışı ve uluslararası hukuka aykırı birtakım uygulamalara neden olabileceği iddia edilmektedir [46, 42, 43, 44, 45].

6. Sonuç

İnsanlar, birinci kuşak hak olarak kabul edilen seyahat etme hakkını kullanarak hava yolu ile seyahat edebilirler. Ancak bu hakkın sağlanabilmesinin birinci koşulu yaşama ve mülkiyet hakkının güvence altına alınmasıdır. Öte taraftan havacılık sektörü terör ve suç örgütleri için oldukça cazip bir alan olarak görülmekte ve bu nedenle güvenlik prosedürlerine daha fazla ihtiyaç duyulmaktadır. Bu yüzden devletler hem ulusal güvenliklerini sağlayabilmek hem de yolcuların yaşama ve mülkiyet haklarını koruyabilmek için birtakım güvenlik uygulamalarını hayata geçirmek zorunda kalmaktadırlar. Ancak beraberinde ileri düzey kısıtlamaları getiren bu uygulamalar, aktivistlerin ve akademisyenlerin de dahil olduğu bir tartışmayı ortaya çıkarmıştır. Daha yakından incelendiğinde, bu tartışmanın yaşam hakkı, mülkiyet hakkı, seyahat hakkı ve mahremiyet hakkı etrafında şekillendiği görülmektedir. Buna göre devletler, havacılık sektöründe uygulamaya koydukları güvenlik önlemlerini, yolcuların can ve mal güvenliğini sağlamak için tasarladıklarını savunmakta ve bunu meşru bir politika olarak kabul etmektedir. Nitekim devletlerin hem uluslararası hem de ulusal ölçekte uygulamaya koyduğu politikalar bu yönelimi doğrulamaktadır. Öte taraftan insan hakları savunucuları, bu güvenlik politikalarının önemli birtakım kısıtlamalara neden olduğunu savunmakta ve bunların insan hakkı ihlaline neden olduğunu iddia etmektedirler. Onlara göre, devletlerin uygulamaya koyduğu bu güvenlik politikalarında, mahremiyet hakkı temelinde şekillenen bireyin kendi bilgilerinden hangilerini başkaları ile paylaşılacağını belirleme, kendisine ait hangi verilerin yayıldığını, hangi verilerin toplandığını ve nerede saklandığını bilmesi ve eksik veya yanlış veriye itiraz etmesi gibi konularda birtakım belirsizlikler söz konusudur. Arıca insan hakkı savunucularına göre profilleme olarak tanımlanan sistemler insanları birtakım sınıflandırmalara tabi tutmakta ve ayrımcılık olarak tanımlanan ihlallere de neden olmaktadır.

Son tahlilde insan hakları savunucuları iddialarını destekleyecek pek çok meşru gerekçeyi ortaya koymakla birlikte, bunların devletlerin güvenlik algılarını değiştirebilecek etki alanına sahip olmadığı görülmektedir. Nitekim devletlerin uygulamaya koyduğu havacılık güvenliği yaklaşımı, temelde kendi ulusal güvenliklerini korumak ve insan can ve mal güvenliğini sağlamak üzerine şekillenen girişimler olduğu kabul edilmektedir. Bu çerçevede devletlerin başta mahremiyet hakkı olmak üzere diğer hakları ikinci planda tutması, kısıtlaması ve hatta ihlal etmesi havacılık güvenliği epistemolojisinin doğal bir sonucu olduğu iddia edilebilir. Öte taraftan uluslararası anlaşmalar da güvenlik için hakların kısıtlanabileceği ve ihlal edilebileceğine yönelik birtakım referanslar sunmaktadır. Bu minvalde hem havacılık güvenliği epistemolojisi hem de uluslararası anlaşmaların sunduğu şartlar açısından bir takım hak ihlallerinin yaşandığı iddia edilebilir. Buna karşın hak-güvenlik tartışmalarının daha makul bir zeminde yapılabilmesini sağlayacak uluslararası müzakere platformlarının kurulmasının elzem olduğu anlaşılmaktadır. Ancak bu şekilde hak-güvenlik paradoksunu aşacak üçüncü bir yol bulunabilir.

Çıkar Çatışması: Herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.



Kaynakça

- [1] Price, J. C. ve Forrest, J. S. Practical Aviation Security Predicting and Preventing Future Threats, Elsevier, Oxford, 2016.
- [2] Salter, M. B. 2008. Imagining Numbers: Risk, Quantification, and Aviation Security, Security Dialogue, 39(2-3), 243-266.
- [3] Enerstvedt, O. M. Aviation Security, Privacy, Data Protection and Other Human Rights: Technologies and Legal Principles, Springer, Langhus, 2017.
- [4] Cordova, A. 2022. Technologies For Primary Screening In Aviation Security, Journal of Transportation Security, 1-19.
- [5] Szyliowicz, J. S. 2004. Aviation Security: Promise or Reality?, Studies in Conflict & Terrorism, 27, 47-63
- [6] Tamasi, G. ve Demichel, M. 2011. Risk Assessment Techniques For Civil Aviation Security, Reliability Engineering & System Safety, 96(8), 892-899.
- [7] ICAO, Security Culture, 2022. <https://www.icao.int/Security/Security-Culture/Pages/default.aspx>, 12 Temmuz 2022.
- [8] Milbredt, O., Popa, A., Doenitz, F. C. ve Hellmann, M. 2022. Aviation Security Automation: The Current Level Of Security Automation and Its Impact, Journal of Airport Management 16(2), 184–208.
- [9] ICAO. Universal Safety Oversight Audit Programme Continuous Monitoring Manual, 2011, https://www.icao.int/sam/documents/2011/cma/9735_usoap_cma_manual_3rd_edition.pdf, 23 Temmuz 2022
- [10] Annex 17, Annex 17. Safeguarding International Civil Aviation Against Acts of Unlawful Interference, 2017, https://www.iacm.gov.mz/app/uploads/2018/12/an_17_Security_10ed_2017_rev.15_01.04.17.pdf, 24 Temmuz 2022
- [11] Abeyratne, R. L. Aviation Security Legal And Regulatory Aspects, Routledge, Lodon 2018
- [12] ICAO, 2001. https://www.icao.int/Meetings/AMC/MA/Assembly%203rd%20Session/plugin-resolutions_a33.pdf, Erişim: 04 Ağustos 2022.
- [13] ICAO, 2022. <https://www.icao.int/security/usap/pages/default.aspx>, 04 Ağustos 2022
- [14] Kaunert, C., Callander, B. ve Léonard, S. 2021. The collective securitization of aviation in the European Union through association with terrorism, Global Affairs, 7(5), 669-686.
- [15] Žabokrtský, M. 2011. EU Air Transport Policy: Implications on Airlines and Airports. Současná Evropa, 1, 161-180.
- [16] Barreto, O. 2002. Safety Oversight: Federal Aviation Administration, International Civil Aviation Organization, and Central American Aviation Safety Agency, The Journal of Air Law and Commerce, 67(3), 651-583.
- [17] Salter, M. B. 2004. Passports, Mobility, and Security: How smart can the border be?. International Studies Perspectives, 5(1), 71-91.
- [18] SHGM, 2022, <http://mevzuat.shgm.gov.tr/index.php/imm-kanun/>, 05 Ağustos 2022.
- [19] Elias, B. Changes in Airport Passenger Screening Technologies and Procedures: Frequently Asked Questions, Congressional Research Service, 2011 <https://sgp.fas.org/crs/home/sec/R41502.pdf>. 07 Ağustos 2022.
- [20] Abeyratne, R. Strategic Issues In Air Transport, Springer, New York, 2012.
- [21] Koreckı, Z., ve Tomáš H. 2022. Effectiveness of Preventive Security Measures And Criminal Acts Against Civil Aviation Transport Problems, International Scientific Journal 17(2), 107-114.
- [22] Cowell A., Filkins, D. British Authorities Say Plot To Blow Up Airliners Was Foiled. 2006. <https://www.nytimes.com/2006/08/10/world/europe/11terrornd.html>, 07 Ağustos 2022
- [23] Pantserev, K. A. ve Golubev, K. A. Artificial Intelligence and the International Information and Psychological Security, in Jahankhani, H., Jamal, A. ve Lawson, S. Cybersecurity, Privacy and Freedom Protection in the Connected World, Springer, London, 2021, 1-9.
- [24] Mezher, T., Asem, M. A. M. ve Maarouf, B. B. 1998. Embedding critics in decision-making environments to reduce human errors, Knowledge-Based Systems, 11, 229–237.
- [25] Jupe, L. M., ve David A. K. 2019. Airport Artificial Intelligence Can Detect Deception: Or Am I Lying?. Security Journal 33(4), 622-635.
- [26] Donadio, F., Frejaviile, J., Larnier, S. ve Vetault, S. Artificial Intelligence and Collaborative Robot to Improve Airport Operations, in Auer M. E. ve Zutin, D. G., Online Engineering & Internet of Things, Lecture Notes in Networks and Systems 22, Springer International Publishing AG Cham, Switzerland, 2018, 973–986.
- [27] Rothwell, J., Bandar, Z., O'Shea, J. ve McLean D. 2006. Silent Talker: A New Computer-Based System for the Analysis of Facial Cues to Deception, Applied Cognitive Psychology, 20, 757–777.



- [28] Majeske, K. D., ve Thomas W. L. 2012. Optimizing Airline Passenger Prescreening Systems With Bayesian Decision Models, *Computers & Operations Research*, 39(8), 1827-1836.
- [29] Nie, X., Batta, R., Drury, C. G. ve Lin, L. 2009 . Passenger Grouping with Risk Levels in an Airport Security System, *European Journal of Operational Research* 194(2), 574–584.
- [30] Wells A. T. ve Young, S. B. *Airport Planning and Management*, McGraw-Hill Companies Inc, New York, 2004.
- [31] Kite, L. A. 2004. Red flagging civil liberties and due process rights of airline passengers: will a redesigned CAPPS II system meet the constitutional challenge, *Wash. & Lee L. Rev.*, 61, 1385-1436.
- [32] Philpott, D. *Understanding the Department of Homeland Security*, Bernan Press, London, 2015.
- [33] Armengol, R., Johnson, D. G. ve Regan, P. M. Secure Flight Hidden Terms of Accountability, in Deborah, G. J., Priscilla M. R. *Transparency and Surveillance as Sociotechnical Accountability*, Routledge, London, 2014, 40-59.
- [34] Elias, B. Risk-Based Approaches to Airline Passenger Screening, in Hellen, E. S. *Secure Flight Program: Airline Passenger Screening Efforts*, Nova Science Publishers, New York, 2014, 1-31.
- [35] Koyuncu, Ç. A. İnsan Hakları, in Kardaş, Ş. ve Balcı, A., *Uluslararası İlişkilere Giriş*, 2014, Küre yayınları, İstanbul.
- [36] Kılınç, D. 2012. Anayasal Bir Hak Olarak Kişisel Verilerin Korunması, *AÜHFD*, 61(3), 1089-1169.
- [37] Turhan, A. 2013. İnsan hakkı kuşakları arasındaki tamamlayıcılık ilişkisi, *İnönü Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi*, 4(2), 357-378.
- [38] Domaradzki, S., Khvostova, M. ve Pupovac, D. 2019. Karel Vasak’s Generations of Rights and the Contemporary Human Rights Discourse, *Human Rights Review*, 20(10), 423-443.
- [39] Boyar, O. ve Kama I. S. 2019. Dördüncü Kuşak Haklar ve Bilişim Teknolojilerinin Doğuşunda Mahremiyet Kavramına Karşılaştırmalı Bir Bakış, *Marmara Üniversitesi Hukuk Fakültesi Hukuk Araştırmaları Dergisi* 25(2), 602-623.
- [40] Westin A. 1967. *Privacy and Freedom*, IG Publishing, New York.
- [41] Abeyratne, R. 2010. *Aviation Security Law*, Springer, London.
- [42] Ravich, T. M. 2005. Airline Passenger Profiling Systems After 9/11: Personal Privacy Versus National Security, *Journal of the Transportation Research Forum*, 44(2).
- [43] Baker, E. 2002. Flying While Arab—Racial Profiling and Air Travel Security. *Journal of Air Law and Commerce*, 67, 1375-1405.
- [44] Banks, R. R. 2004. Racial Profiling and Antiterrorism Efforts. *Cornell Law Review*, 89, 1201-1217.
- [45] Chandrasekhar, C. A. 2003. Flying while Brown: Federal Civil Rights Remedies to Post- 9/11 Airline Racial Profiling of South Asians, *Asian Law Journal*, 10, 215-252.
- [46] Juvan, J., Prezelj, I. ve Kopač, E. 2020. Public Dilemmas About Security Measures in The Field of Civil Aviation, *Security Journal*, 34, 410–428.

Research Article

Investigation of thermal behavior and orifice flow characteristics of aeronautic hydraulic servo-proportional valve spool-sleeve structure with numerical simulations

 Soner Şen ^{1*},  Rıza Deniz Şimşek ²

¹ Department of Airframe and Powerplant Maintenance, School of Civil Aviation, Selçuk University, 42250 Konya, Türkiye

² Department of Aviation Technologies, Institute of Sciences, Selçuk University, 42250 Konya, Türkiye

Received
November 22, 2022

Revised
December 28, 2022

Accepted
December 29, 2022

Keywords

Hydraulic orifice
Hydraulic turbulence
Jet-flow
Thermal stress
Servo-proportional valve

ABSTRACT

In this study, the mechanical behavior under highest thermal conditions and flow characteristics of the hydraulic fluid of the servo-characterized proportional valve, which is one of the indispensable components of the aviation industry and used for hydraulic flow control, were investigated numerically. In the simulations, 50, 75 and 100 °C were selected as temperatures, and 0.2 mm, 0.6 mm and 1.2 mm spool stroke openings were used for hydrodynamic flow. Simulations were carried out for a pressure difference of 35 bar. As a result of the analysis, it was observed that there was no restriction in the movement of the spool-sleeve structure for a temperature of 75°C, excessive friction occurred in the spool-sleeve structure at 100°C and the movement was restricted. In addition, it can be said that hydraulic turbulences are effective in dispersing polluting particulate matter for all three spool strokes at a pressure difference of 35 bar.

* Corresponding author, e-mail: sensoner@selcuk.edu.tr

Authorship contribution statement for Contributor Roles Taxonomy

Soner Şen, Investigation, Conceptualization, Methodology, ANSYS simulations, Visualization, Writing - original draft, Supervision. **Rıza Deniz Şimşek**, Investigation, Methodology, Solidworks simulations, Visualization, Writing.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

Citation: Şen, S., Şimşek, R.D. 2022. Investigation of thermal behavior and orifice flow characteristics of aeronautic hydraulic servo-proportional valve spool-sleeve structure with numerical simulations, 3, 3, 120-131.



1. Introduction

It is seen that hydraulic fluid power is used effectively in the aviation sector with the developing industry. Valve structures are the most important system parts in order to benefit from the fluid power. In today's conditions, faster, more efficient and more precise aircraft aerodynamic structures and hydraulic systems suitable for them are preferred. Speed, pressure and position control are now the basic needs of hydraulic systems. Valves that perform these controls in servo feature have widespread use, especially in critical sectors such as aviation. In order for the spool-sleeve valve structures to show servo characteristics, a sleeve structure is designed for the movement of the spool in the valve body. Thus, the valve spool moves on the sleeve instead of the body directly. This allows a more precise control efficiency for the servo systems.

The spool-sleeve structure with high machining tolerance should be able to continue its movement uninterruptedly under all working conditions. Otherwise, the valve spool cannot perform its duty due to the spool-sleeve jamming and the valve cannot operate. If this tightness due to thermal effect exceeds the machining tolerance, the valve spool will either move by scratching the sleeve or it may get stuck completely under higher thermal stress and stop the movement. Considering that the control of the aerodynamic structures of the aircraft is provided by hydraulic systems, it is clear that the desired aircraft movement cannot be achieved due to this valve compression and the aircraft will face a possible accident.

The fact that the servo-proportional hydraulic valve structures are very sensitive causes the hydraulic fluid to be affected too much by the polluting effect. The pollutant particles in the hydraulic oil disrupt the structural geometry of the valve orifice and cause the fluid movement to occur in undesirable ways. This situation disrupts the precise movement control of the hydraulic oil flow and causes unwanted leaks. In addition, in some cases, these contaminant particles can prevent the valve's spool-sleeve movement and cause the valve to be locked. For this reason, it is necessary to obtain hydraulic oil vortex structures that will prevent particle accumulation at various points in valve designs. These vortex movements can disperse the pollutant particles and prevent the accumulation. The thermal behavior and flow motion mentioned above can be simulated by various finite element calculation programs. Thus, thermal behavior and hydraulic flow motion can be investigated and transferred to designs without experimental work. Thus, both the difficulties of experimental work are eliminated and the costs can be minimized. Looking at the literature, various numerical studies have been carried out to investigate various problems on hydraulic valves [1-3]. Lisowski et al. [4] calculated the hydraulic fluid forces acting on the valve spool using a 3D computational fluid dynamics program and compared them with an experimental study. In their study, they developed different flow structures and achieved a 45% reducing effect on the force on the spool. Macor [5] experimentally investigated the effects of different spool angles on the spool force, and Baudry and Mare [6] conducted a correlation study on experimental results and CFD results in their study. Krishnaswamy and Li [7] carried out a study to increase the spool response using transient current forces. Yuan and Li [8] emphasized the effect of fluid viscosity and momentum flux, which were neglected in the spool design to increase the spool dynamics. Amirante et al. [9] examined the fluid dynamics behavior of a commercial hydraulic proportional valve in their study and showed the effects of reducing the spool force of some additional designs in order to reveal the valve performance. Amirante et al. [10] were evaluation of the driving forces acting on a 4/3 hydraulic open center directional control valve spool by means of a complete numerical analysis. A different approach is proposed for the axisymmetric analysis of a directional valve (4/3, closed center): whereas the RANS techniques are based on the time-averaged equations of the flow, in the present work the unsteady Navier–Stokes equations have been solved using the Direct Numerical Simulation (DNS), which provides important details on the instantaneous structures of the flow, affecting the valve performance by Antonio et al. [11]. According to Yaobao et al. [12] has been established a numerical model to predict the material removal rate and the worn profile evolution with erosion in hydraulic spool valves. In their study the particle trajectories are solved by a stochastic separated flow model based on eddy interaction, and the squeeze film is included as a part of a particle-wall interaction model. Yi et al. [13] are to make clarify the effects of the groove shape on the flow characteristics through computational fluid dynamics (CFD) and experimental investigations. The RNG k - ϵ turbulence model is used to simulate the pressure



distributions of the flow fields inside three notches with their corresponding typical structural grooves in order to analyze the changes of restricted locations along with the openings and, furthermore, to calculate the flow areas of the notes. In addition, many numerical and experimental studies have been carried out to examine fluid motion and fluid forces on the spool [14-17].

When the studies are examined, the main purpose of is insufficient literature in terms of the strain of thermal effects on the valve structure and the necessary structural changes to reduce the effects of pollutant particles on the spool-sleeve. In this study, the strain effects of high operating temperatures on the servo-proportional valve on the spool-sleeve and the turbulence structures were simulated and numerically investigated to prevent the accumulation of pollutant particles by using Solid-Works and ANSYS-19 academic software.

2. Model of the Servo-Proportional Valve System

A specially designed servo-controlled proportional valve structure was used in numerical analysis. The valve body, spool and sleeve of the valve are presented in Figure 1.

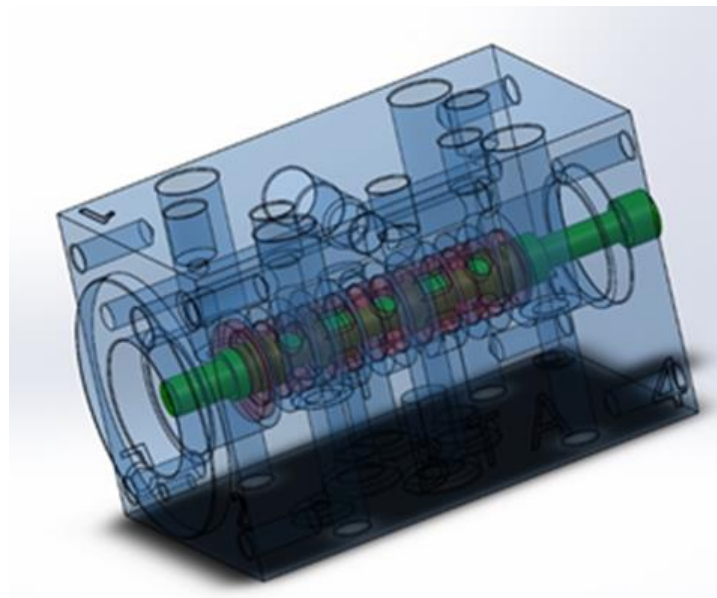


Fig. 1. 3-D view of the valve body, spool and sleeve.

When the valve body is examined under the transparent view, it is seen that the movement of the spool is on the specially lapped sleeve instead of the valve body. In order to provide servo characteristic control, it is imperative that the spool moves in the sleeve with a special surface quality. The disassembled body, sleeve and spool of the valve of the design are given in Figure 2. There are paths on which the hydraulic fluid moves on the valve body. Of these, P indicates the supply pressure line, A and B the directed oil lines, and T the return tank line. In normal operation, the hydraulic oil coming from P is directed to either the A or B line according to the desired direction with the help of a spool in the valve body.



Fig. 2. Photograph of the disassembled valve.

When Figure 1 and Figure 2 are examined, symmetrical fluid paths are seen on the valve body and sleeve. 90° symmetrical hydraulic fluid paths have been designed for maximum 315 bar pressure and 32-40 l/min flow range with the design and orifice calculation. It is calculated that the spool travel will have a full stroke of 2.4 mm (sum of both directions), and a stroke length of 1.2 mm is reserved for both line A and line B.

3. Numerical Analysis and Results

Proportional valves with servo characteristics cause serious malfunctions due to not being operated under appropriate conditions of use and cause malfunctions in the system in which they operate by not providing proper spool movement. The most important of these factors is mechanical frictions that caused by operating temperature. Due to its structure, the movable spool, which is produced very sensitively, and the sleeve-body structure suitable for it, cause frictions that caused by strains when the temperature range is exceeded. This is due to the fact that the hydraulic fluid is not well cooled and the valve is constantly in the loaded position and heats up, thus increasing its temperature. Considering that the valve will operate under thermal loads in a wide variety of applications, the need to perform strain simulations on the design has arisen. For this purpose, the spool-sleeve structure of the valve has been simulated for various operating conditions. The mesh structure of the spool-sleeve structure is shown in Figure 3.

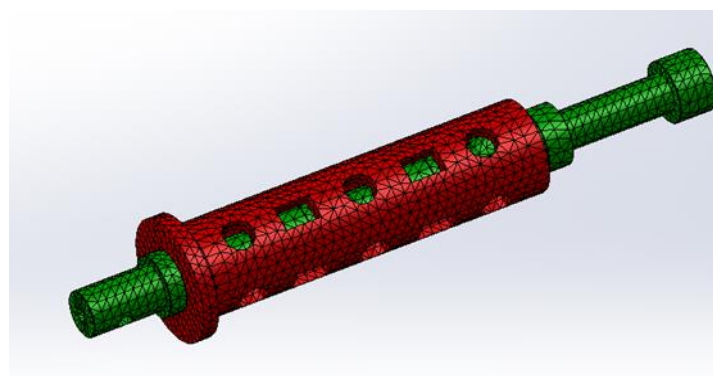


Fig. 3. Spool-sleeve mesh structure.



Temperature values of 50 °C, 75 °C and 100 °C were chosen in the analysis studies, and the simulation results are given in Figures 4a, 4b and 4c, respectively. It is known that under normal operating conditions, the hydraulic fluid and thus the valve structure heats up to 70 °C. For this reason, the maximum temperature value of 100 °C was chosen as a difficult operating condition.

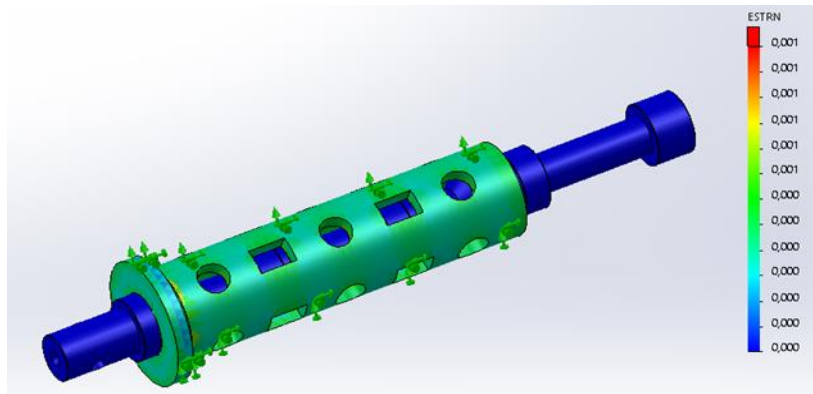


Fig. 4a. Spool-sleeve strain values (50 °C).

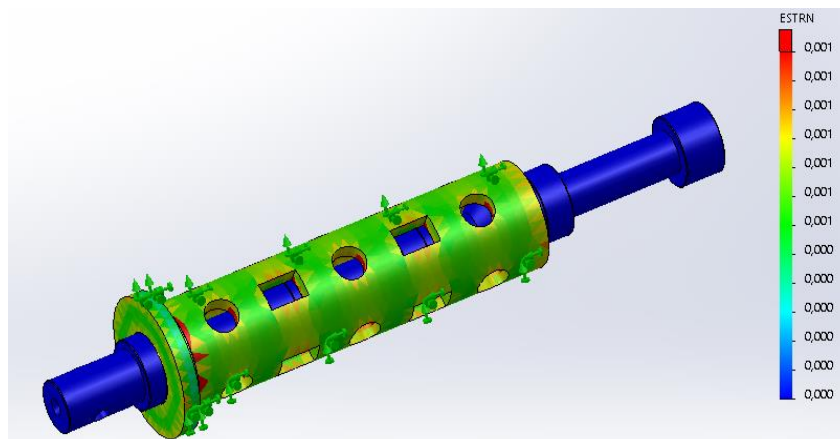


Fig. 4b. Spool-sleeve strain values (75 °C).

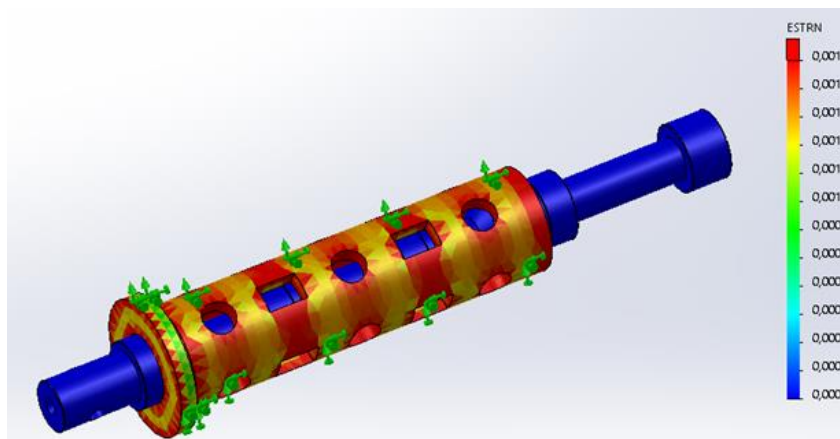


Fig. 4c. Spool-sleeve strain values (100 °C).



In the analyzes made, it was observed that the stress value for the 50 °C temperature operating condition was far below the yield value of the material. When a temperature of 75 °C is applied, the stress values begin to approach the material yield point with the notch effect on the edges of the circular and special geometric flow zone holes that are only opened. The strain values remained at the 0.001 level in both temperature conditions. For the maximum temperature of 100 °C, the stress values were found to be very close to the yield limit, especially in the regions where the geometric flow areas create notch effect, and the strain value was in the range of 0.001-0.002 only in these regions, and generally around 0.001 in the sleeve-spool assembly. According to the results of the analysis, it was seen that with the geometric dimensions of the design, a tolerance value of 0.001 could be achieved up to a temperature value of 100 °C, and it was decided that the design would be appropriate and the production would be made according to these values. When the cross-sectional image of the strain analysis result (Figure 5) of the designed sleeve-spool structure for the temperature value of 100 °C is examined, it is seen that the strain values in the sleeve region are in the order of 0.001, while the spool region is below this value in the range of 0.0001-0.001, therefore the internal structure of the spool is filled with material and is less affected of the temperature. It has been found that it is suitable for the desired sensitivity.

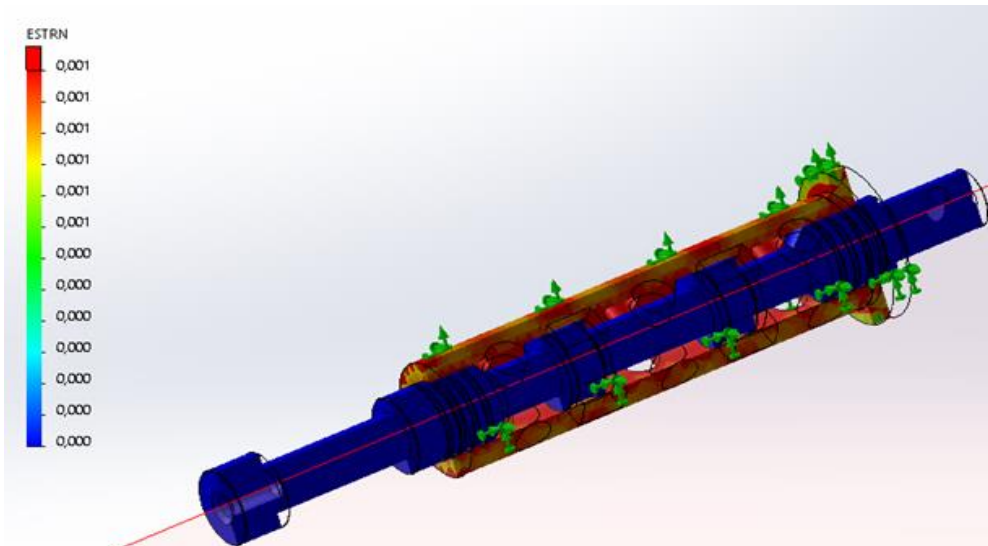


Fig. 5. Cross-section view of spool-sleeve strain values (100 °C).

Another problem related to the operation of servo and proportional valves in the aviation industry is the particulate matter contained in the hydraulic oil and the particle accumulations formed by these substances disrupt the orifice geometry and cause unwanted openings or blockages throughout the stroke. This prevents the required pressure, flow and proportional control of the valve. Although it is recommended to use oils that comply with specially filtered standards in the systems, this issue cannot be taken into account in the places of use and appropriate hydraulic oils are not used. For this reason, another feature desired from the developed valve is to prevent the accumulation of unwanted particulate matter in the orifice area. For this purpose, the desired hydraulic oil is specially turbulent to move. In the analyzes made, a 3D simulation study was carried out. In Figure 6, the cross-sectional view of the valve flow region is given in 3D and schematically. The hydraulic oil, which is the system fluid, enters from the P line and passes through the orifice opening to the A line.

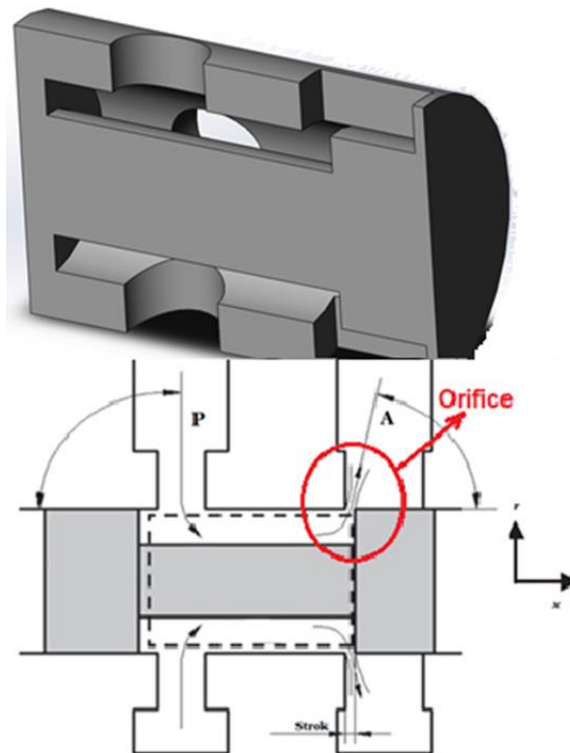


Fig. 6. P-A line spool-sleeve flow area.

After the volume structure of the flow region was extracted with Ansys design-modeler, the flow area mesh structure was created. Figure 7 shows the 3D flow area mesh structure. The flow area is divided into 8000 cells. After the prepared mesh structure, $k-\epsilon$ RNG turbulence model was used for simulation studies. The fluid density and the kinematic viscosity have been set to 860 kg/m^3 and to $30 \text{ mm}^2/\text{s}$, respectively. A second-order upwind scheme is used for the space discretization of the momentum and energy equations in the simulations.

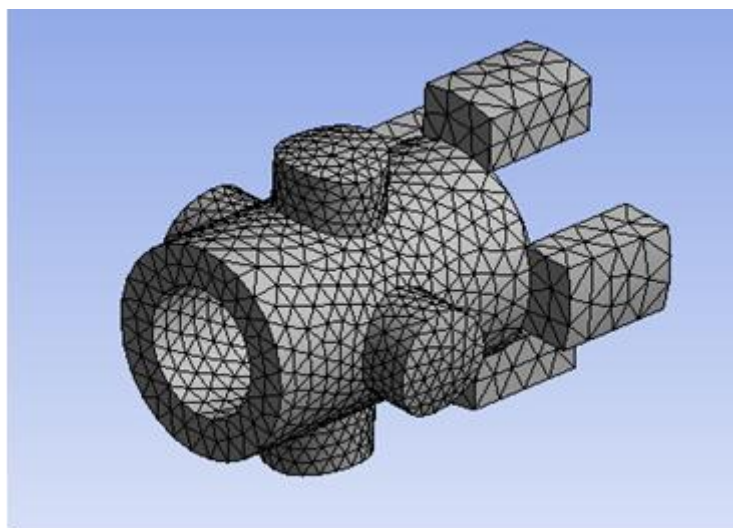


Fig. 7. 3D Mesh structure of the flow area between the P-A line.

After defining the initial boundary conditions of the simulation studies, 300 iterations were performed for all of the calculations. In Figure 8, residuals values for each iteration are given for 0.2 mm orifice calculations. Similar results were seen for 0.6 and 1.2 mm orifice calculations too. When Figure 8 is examined, it is seen that after 50



iterations, the residuals values almost do not change, that is, convergence can occur. This means that the selected iteration number is quite sufficient.

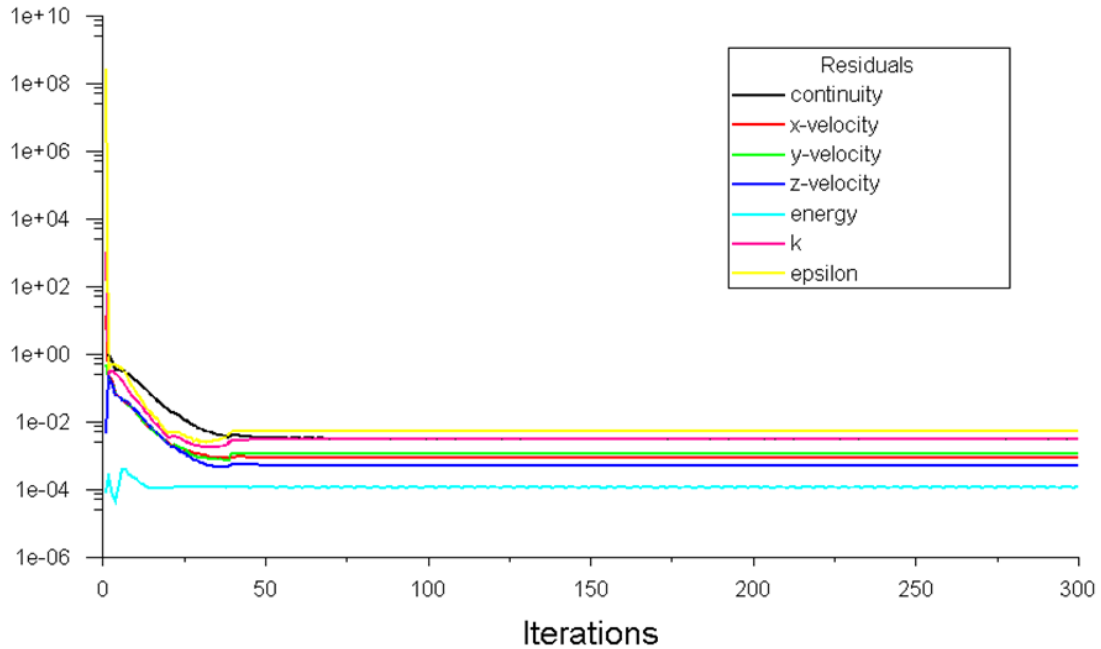


Fig. 8. Sample of ANSYS iteration residuals (for 0.2 mm stroke simulation).

In the analysis, velocity streamlines obtained at 35 bar pressure difference between P and A lines are given in Figure 9a, 9b and 9c for 0.2, 0.6 and 1.2 mm spool stroke movement, respectively. In addition, hydraulic flow turbulent kinetic energy distributions for 0.2, 0.6 and 1.2 mm orifice openings are given in Figure 10a, 10b and 10c. It has been observed that the highest velocity value at 35 bar pressure difference is 337 m/s, this value decreases with increasing orifice opening and reaches 112 m/s velocity at 1.2 mm orifice opening. These flow rates form the jet-flow structure on valve spool-sleeve.

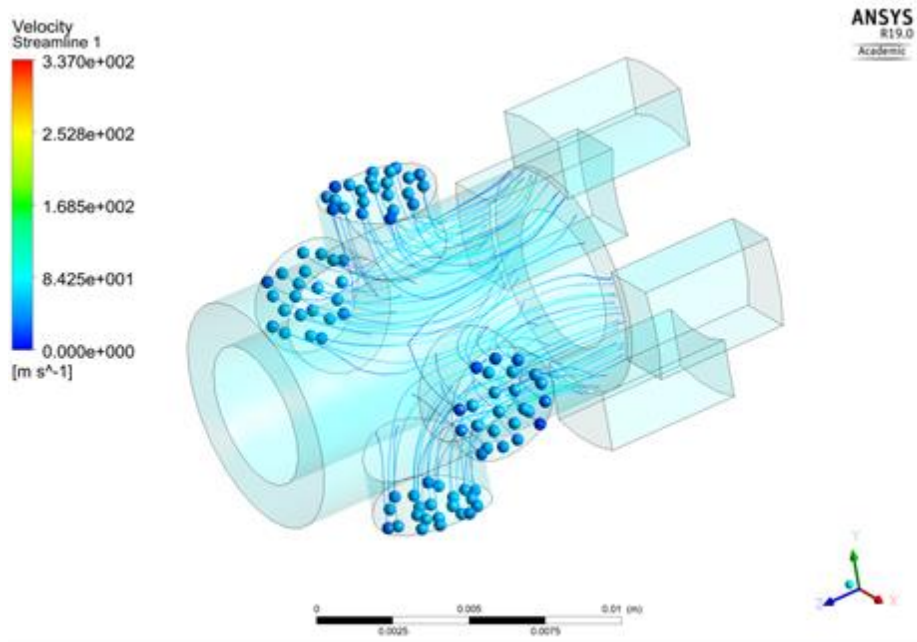


Fig. 9a. Velocity streamlines of flow area (0.2 mm stroke).

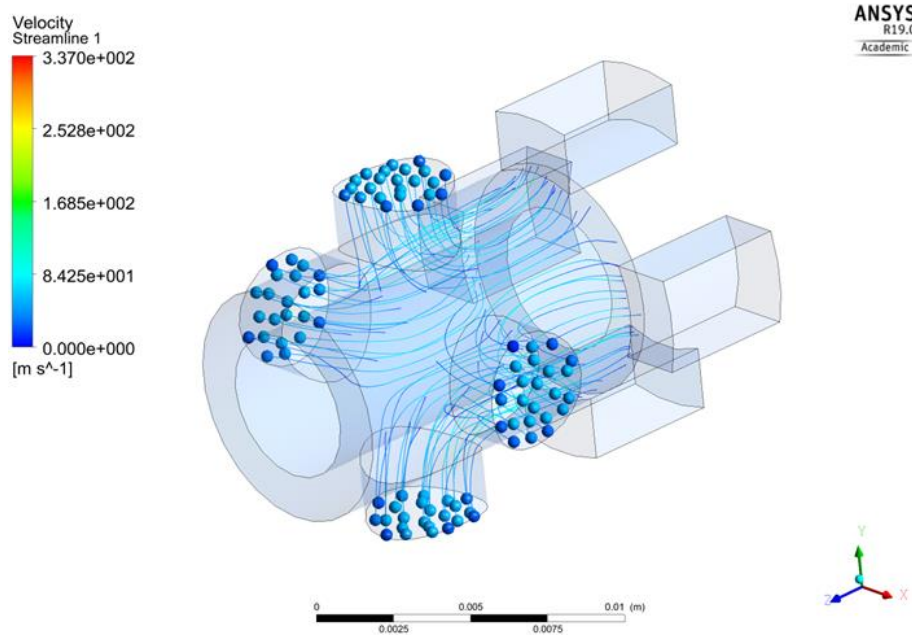


Fig. 9b. Velocity streamlines of flow area (0.6 mm stroke).

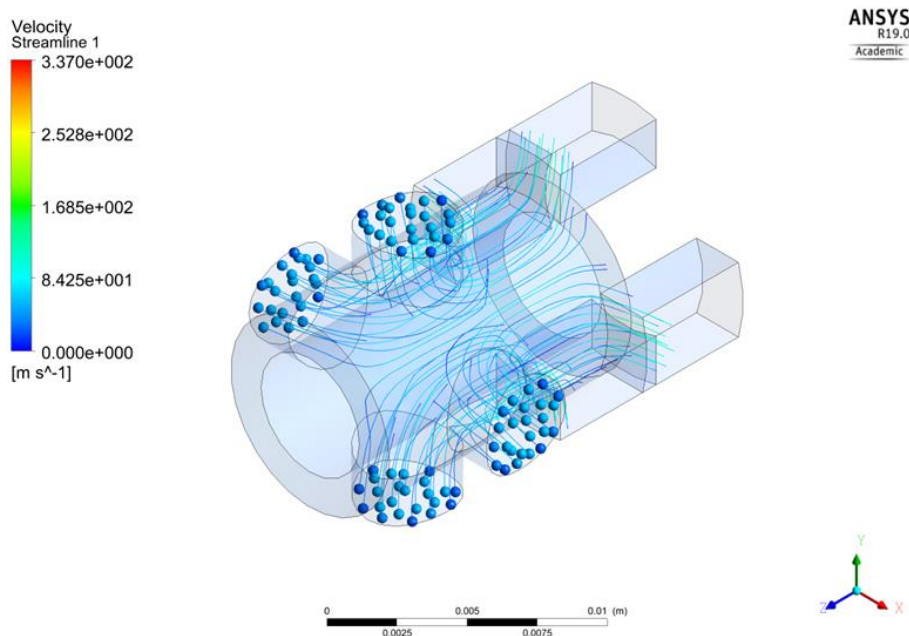


Fig. 9c. Velocity streamlines of flow area (1.2 mm stroke).

In addition, according to the analysis performed, it has been observed that the vertical cross-section spool orifice structure provides sufficient turbulence formation, especially around the orifice structure, from the smallest stroke distance (0.2 mm) to the largest value (1.2 mm). Thus, with the turbulent flow structure that occurs, sufficient movement is provided to disperse the particulate matter and the accumulation of particulate matter can be prevented in the system operation.

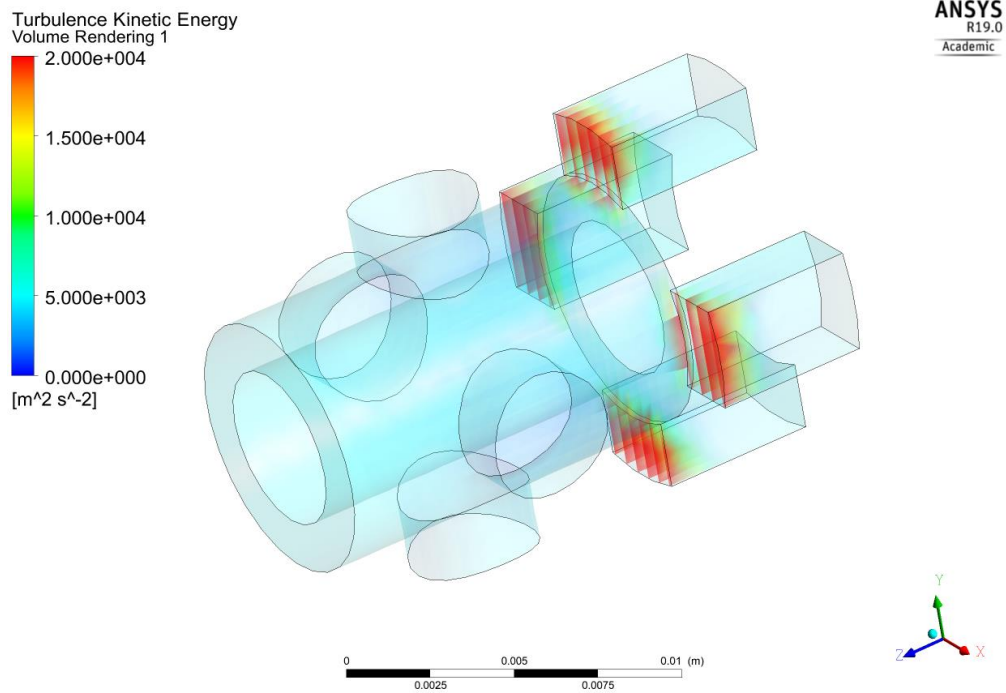


Fig. 10a. Turbulence structure of flow area (0.2 mm stroke).

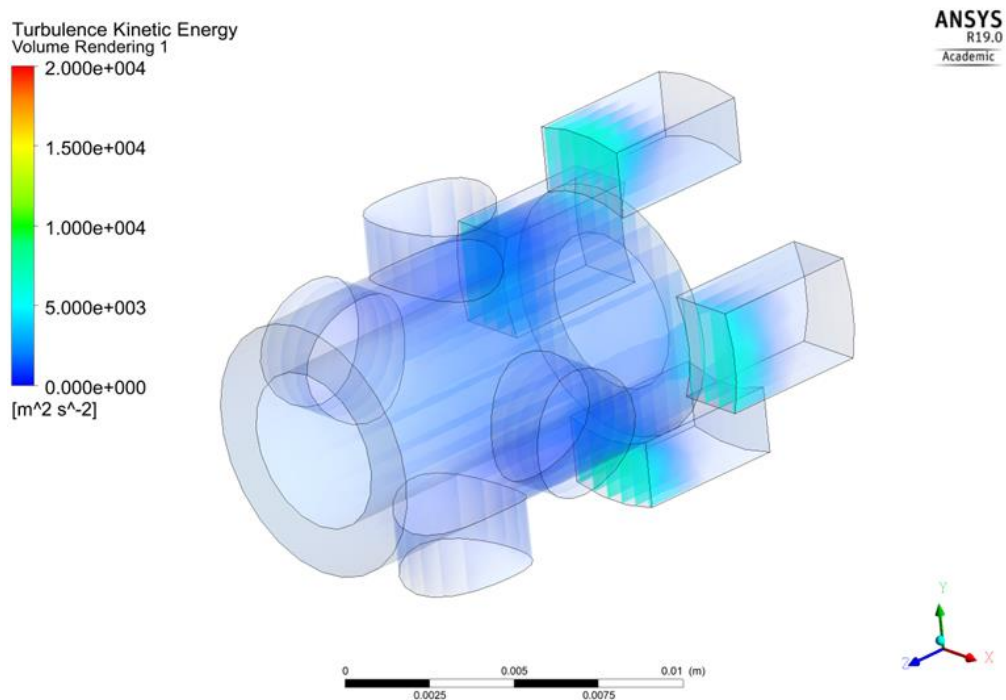


Fig. 10b. Turbulence structure of flow area (0.6 mm stroke).

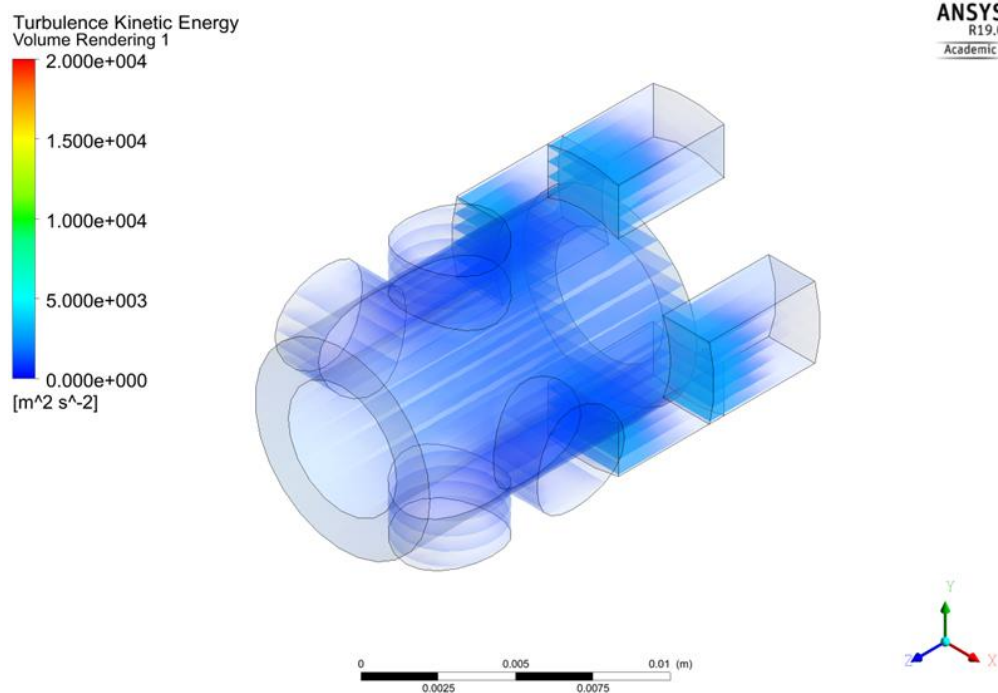


Fig. 10c. Turbulence structure of flow area (1.2 mm stroke).

4. Conclusion

This paper provided a numerical investigation of the thermal behavior of servo proportional valve spool-sleeve structure and hydrodynamic flow characteristic of valve orifice. Temperature values of 50, 75 and 100 °C were selected in the simulations carried out, and the orifice spool opening was 0.2, 0.6 and 1.2 mm.

The optimum operating temperature for hydraulic valves with servo characteristics is 70 °C, and there is no movement problem between the spool-sleeve at 75°C operating conditions. However, in the case of 100 °C temperature, it is clear that excessive friction and movement difficulty will occur due to strain on the spool-sleeve structure of the valve. For this reason, servo valves with precision manufactured spool-sleeve structure must be protected from excessive heat.

Another challenge for servo valves, which is the accumulation of pollutant particles, leading to orifice clogging and orifice geometry deterioration, can only be prevented by providing sufficient turbulence structure and dispersing the particles. In the flow simulations, it is seen that there is sufficient turbulence kinetic energy in all 0.2, 0.6 and 1.2 mm stroke openings, so the accumulation of particulate matter can be prevented.

Acknowledgment

The financial support required for the study was provided by Tübitak Teydeb (contract no:1180074) and Metosan Hid. Pnö. Ltd. Şti. This study is derived from a part of Rıza Deniz ŞİMŞEK's Msc. thesis. We would also like to thanks Selçuk University for their support.



References

- [1] Batoli, M. 1996. Theoretical and experimental analysis of flow forces on a hydraulic directional control valve. *Oleodinamica e Pneumatica*, 3, 10–16.
- [2] Amirante, R., Del Vescovo, G., Lippolis, A. 2006. Evaluation of the flow forces on an open centre directional control valve by means of a computational fluid dynamic analysis. *Energy Conversion and Management*, 47, 1748–60.
- [3] Amirante, R., Del Vescovo, G., Lippolis, A. 2006. A flow forces analysis of an open center hydraulic directional control valve sliding spool. *Energy Conversion and Management*, 47, 114–31.
- [4] Lisowski, E., Czyzycki, W. and Rajda, J. 2013. Three dimensional CFD analysis and experimental test of flow force acting on the spool of solenoid operated directional control valve. *Energy Conversion and Management*, 70, 220-229.
- [5] Macor A. 2002 Experimental analysis on a directional valve with a flat notch metering section. In: *Proceedings of the 57 Congresso Nazionale ATI, Pisa*.
- [6] Baudry, X., Mare, J.C. 2000. Linking CFD and lumped parameters analysis for the design of flow compensated spool valves. *Proceedings of the 1st FPNI-PhD symposium Hamburg*, 249–58.
- [7] Krishnaswamy, K., Li, P.Y. 2002. On using unstable electrohydraulic valves for control. *Journal of Dynamic Systems, Measurement and Control*, 124, 183.
- [8] Yuan, Quinghui, Li., Perry Y. 2004. Using steady flow force for unstable valve design: modeling and experiments. *Journal of Dynamic Systems, Measurement and Control*, 127, 451.
- [9] Amirante, R., Moscatelli, P.G., Catalano, L.A. 2007. Evaluation of the flow forces on a direct (single stage) proportional valve by means of a computational fluid dynamic analysis. *Energy Conversion and Management*, 48,942–953.
- [10] Amirante, R., Del Vescovo, G., Lippolis A. 2006. Evaluation of the flow forces on an open centre directional control valve by means of a computational fluid dynamic analysis. *Energy Conversion and Management*, 47,1748–1760.
- [11] Antonio P., Paolo, O., Antonio, L. 2013. Analysis of a directional hydraulic valve by a Direct Numerical Simulation using an immersed-boundary method. *Energy Conversion and Management*, 65, 497–506.
- [12] Yaobao, Y., Jiayang, Y., Shengrong, G. 2017. Numerical study of solid particle erosion in hydraulic spool valves. *Wear*, 392,174–189.
- [13] Yi, Y., Chen-Bo, Y., Xing-Dong, Li., Wei-jin, Z., Feng-feng, Y. 2014. Effects of groove shape of notch on the flow characteristics of spool valve. *Energy Conversion and Management*, 86, 1091–1101.
- [14] Borghi, M., Milani, M., Paoluzzi, R. 2000. Stationary axial flow force analysis on compensated spool valve. *International Journal of Fluid Power*, 1, 17–25.
- [15] Yang, Y.S., Semini, C., Tsagarakis, N.G., Caldwell, D.G., Zhu, Y.Q. 2008. Water hydraulics – a novel design of spool-type valves for enhanced dynamic performance. In: *Proceeding of the 2008 IEEE/ASME international conference on advanced intelligent mechatronics, Xi'an*, 1308–14.
- [16] Miller, R., Fujii, Y., McCallum, J., Strumolo, G., Tobler, W., Pritts, C. 1995. CFD simulation of steady-state flow forces on spool-type hydraulic valves. *SAE Technical Paper Series*, 295–307.
- [17] Krishnaswamy, K., Li, P.Y. 2002. On using unstable electrohydraulic valves for control. *Journal of Dynamic Systems, Measurement and Control*, 124,183–90.