

**ISVOS JOURNAL**

**INTERNATIONAL**



**SCIENTIFIC  
AND  
VOCATIONAL  
STUDIES  
JOURNAL**

**TOPICS**

**Engineering  
Science  
Maths  
Health**

**ISSN: 2618-5938**



## EDİTÖR LİSTESİ / LIST OF EDITORS

### EDİTÖR / EDITOR

*Umut Saray / Tokat Gaziosmanpaşa University*

*Tolga Yücehan / Afyon Kocatepe University*

### YARDIMCI EDİTÖRLER / ASSOCIATE EDITORS

*Abdil Karakan / Afyon Kocatepe University*

*Canan Başlak / Selçuk University*

*Munise Didem Demirbaş / Erciyes University*

### EDİTÖR KURULU / MEMBER OF EDITORS

Ph.D. Cem Cüneyt Ersanlı	ORCID: 0000-0002-8113-5091	Sinop University
Ph.D. Uğur Çavdar	ORCID: 0000-0002-3434-6670	İzmir Demokrasi University
Ph.D. Tolga Yücehan	ORCID: 0000-0002-8835-0907	Afyon Kocatepe University
Ph.D. Munise Didem Demirbaş	ORCID: 0000-0001-8043-6813	Erciyes University
Ph.D. Özgür Alparslan	ORCID: 0000-0002-2264-2886	Tokat Gaziosmanpaşa University
Ph.D. Elif Tezel Ersanlı	ORCID: 0000-0003-0608-9344	Sinop University
Ph.D. Pınar Çavdar	ORCID: 0000-0002-1989-4759	İzmir Demokrasi University
Ph.D. Özlem Toprak	ORCID: 0000-0002-6910-011x	Tokat Gaziosmanpaşa University
Ph.D. Fatih Polat	ORCID: 0000-0002-8758-8040	Tokat Gaziosmanpaşa University
Ph.D. Neslihan Özbek		Ahi Evran University
Ph.D. Ahmet Saygılı	ORCID: 0000-0001-8625-4842	Namık Kemal University
Ph.D. Bilal Şenol	ORCID: 0000-0002-3734-8807	İnönü University
Ph.D. Mevlida Operta		International Saraybosna University
Ph.D. Recep Ekici		Erciyes University
Ph.D. Alper Bideci	ORCID: 0000-0003-2385-7552	Düzce University

Ph.D. Canan Başlak	ORCID: 0000-0003-1444-1272	Selçuk University
Ph.D. Cem Emeksiz	ORCID: 0000-0002-4817-9607	Tokat Gaziosmanpaşa University
Ph.D. Sefa Ersan Kaya	ORCID: 0000-0003-1754-3901	Tokat Gaziosmanpaşa University
Ph.D. Ahmet Tolunay	ORCID: 0000-0001-9028-9343	Isparta University of Applied Sciences
Ph.D. Altuğ Çağatay	ORCID: 0000-0001-7067-5570	Tokat Gaziosmanpaşa University
Ph.D. Samed İnyurt		Tokat Gaziosmanpaşa University
Ph.D. Oktay Erdoğan	ORCID: 0000-0003-1466-3035	Pamukkale University
Ph.D. Ali Çiftçi		University of Health Sciences
Ph.D. Arzu Ay		Trakya University
Ph.D. Mohammad Ali Ghorbani		University of Tabriz
Ph.D. Waggas Galib Atshan	ORCID: 0000-0002-7033-8993	University of Al-Qadisiyah
Ph.D. Rasoul Daneshfaraz	ORCID: 0000-0003-1012-8342	University of Maragheh
Ph.D. Ayhan Erciyes	ORCID: 0000-0002-0942-5182	Aksaray University
Ph.D. Feyza Gürbüz	ORCID: 0000-0002-6327-8232	Erciyes University
Ph.D. Serdar Özyön	ORCID: 0000-0002-4469-3908	Kütahya Dumlupınar University
Ph.D. Arzu Erçetin	ORCID: 0000-0002-8381-0011	İstanbul Kültür University
Ph.D. Güllü Kırat		Yozgat Bozok University
Ph.D. Nil Doğruer Ünal		Mersin University
Ph.D. Gökçe Şeker Karatoprak	ORCID: 0000-0001-5829-6914	Erciyes University
Ph.D. Mürşide Dartay		Fırat University
Ph.D. Mahdi Hosseini	ORCID: 0000-0003-0850-496X	Nanjing Forestry University
Ph.D. Abdil Karakan	ORCID: 0000-0003-1651-7568	Afyon Kocatepe University

## İÇİNDEKİLER / CONTENTS

Investigation of Soil Pollution with Pollution Parameters (Erzurum-Moryayla).....	1
Numerical Study on Free Particle Reinforced Fiber-Metal Composite Sandwiches Under Ballistic Loads.....	9
The Role of Sustainable Forest Management in Achieving Land Degradation Neutrality Target.....	21
Determination of Current Status of The Criteria and Indicators Used in Rural Development Studies: The Case of Isparta Villages.....	27
Determination of Acceptance of Gender, Aggression and Inter-Couple Violence and the Relationship Between Midwifery and HSPEs Students.....	38
Effects of Additives on Concrete-Rebar Adherence.....	47
Fall Detection Systems Supported by TinyML and Accelerometer Sensors: An Approach for Ensuring the Safety and Quality of Life of the Elderly.....	55

## Investigation of Soil Pollution with Pollution Parameters (Erzurum-Moryayla)

Güllü Kırat<sup>1</sup>

Yozgat Bozok University, Yozgat, Turkey  
ORCID ID: 0000-0002-1167-0574

### Abstract

Soil samples in Moryayla village located 156 km northeast of Erzurum and Cu mineralization area around it were collected randomly. In these samples, 20 samples were taken in order to investigate the metals found and the pollution limits of these metals and the sources that cause this pollution. The geochemical analyzes (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn and Fe) of the collected soil samples were made and evaluated with the pollution parameters. In the calculation of these parameters, enrichment factor (EF); geoaccumulation index (Igeo); contamination factor (CF) and pollution load indices (PLI) were used by using average shale values and crust values. Statistically obtained Cu values were calculated as minimum 25.2 ppm, maximum 79.7 ppm and average 45.2. Among the statistically analyzed elements; A high positive correlation was observed between Cd and Pb and Zn, Cr with Ni and Pb and Zn ( $p < 0.01$ ). It has been observed that the average values of Cu, Fe and Pb metals are higher than the world average shale values, while the metal values of Cd, Cr, Ni and Zn are lower. In the work area according to the values obtained, EF values are in the medium to extremely high enrichment class of other metals except Cd; It has been calculated that Igeo values show very little contamination and CF values show little-medium contamination and PLI values of Cd, Cu, Pb and Zn metals are above 1.

**Keywords:** "Geochemical analysis, pollution parameters, correlation, soil samples."

### 1. Giriş

Ağır metaller, özgül ağırlığı  $5 \text{ g/cm}^3$ 'ten daha büyük olan ve kirletici veya toksik olan metaller veya yarı-metaller olarak tanımlanmaktadır [1, 2, 3].

Cd, Cr, Cu, Ni, Pb ve Zn gibi ağır metaller, topraktaki herhangi bir kimyasal, fiziksel veya biyolojik süreçte bozunmaya karşı dayanıklı olduklarından ve herhangi bir şekilde taşınmış olsalar da değişmeden kalabilirler ve bu metaller topraklarda çevresel anlamda çok tehlikeli kirlenme faktörlerini oluşturabilirler. Belirli eşiklerin üzerindeki konsantrasyonlarda metallerin varlığı, toprakların mikrobiyolojik dengesini etkiler ve verimliliklerini azaltabilir. Ağır metal kontaminasyonundan kaynaklanan toprak kirliliği, toksik olduğu için gıda üzerindeki etkileri açısından da çok tehlikeli bir durumdur [4].

Toprağın iz element içeriği, ana kayalarının yapısına ve toprağa giren kanalizasyon çamurlarının, endüstriyel atıkların ve gübre miktarına bağlıdır [5]. Bitki ve hayvanların sağlıklı büyümesi için yaklaşık 20 eser element gerekli olmasına rağmen, bunların fazla konsantrasyonlarda olması fitotoksik etki yapabilir ve hayvan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere sahip olabilir [6, 7, 8, 9].

Tarihsel ve modern madencilik ve endüstriyel operasyonların bir sonucu olarak nehirlerin ve kentsel çevrelerin metallerle (örneğin; Cd, Cu, Pb ve Zn) ciddi şekilde kirlendiği genel olarak bilinmektedir [10, 11, 12]. Bu tür kirleticilerin açığa çıkması, bazı çevrelerde önemli bir çevre ve insan sağlığı tehdidi oluşturabilir [12]. Ağır metal kirliliğine bağlı toprak kirliliği ciddi bir sorundur. Çünkü toksiktir ve biyo-biriktirme kapasitesi gıda zinciri üzerindeki etkileri açısından çok tehlikelidir. Toprak ortamında, eser ( $< 1000 \text{ mg / kg}$ ) ve nadiren toksik [13] olarak kabul edilen seviyelerde ana materyallerin ayrışmasının pedojenetik süreçlerinden doğal olarak ağır metaller oluşur. İnsan faaliyetleri nedeniyle, endüstriyel, kırsal ve kentsel çevrelerdeki toprakların çoğu, bir veya daha fazla ağır metal biriktirebilir [9].

Hızla artan nüfus, sanayileşme, kentleşme, motorlu taşıtların egzoz gazları, fosil yakıtların aşırı kullanımı, çevreye olan duyarsızlık, maden yatakları, volkanik faaliyetler, atık sular, aşırı gübre kullanımı toprak, su ve hava kaynakları üzerinde olumsuz etkilere neden olmaktadır. Biyolojik olarak ağır metaller, çevrede kirlilik oluşturan ve toksisitesi yüksek olan kirleticilerdir [1]. Ağır metaller, yüksek yoğunluklara sahip olduklarından düşük konsantrasyonlarda olsalar bile toksik ve

<sup>1</sup> Corresponding Author  
E-mail Address: gullu.kirat@yobu.edu.tr

zehirleyicidirler. Ağır metaller çoğunlukla toprakta toprak tanecikleri şeklinde organik bileşikler oluşturur ve minerallerin yapısına bağlanarak, farklı formlarda bulunabilirler [14]. Ağır metaller çoğunlukla yer kabuğunda silikat, karbonat ve sülfür şeklinde yer alabilmektedirler [15].

Ağır metaller çevreye birçok kaynaktan yayılır. Cd, doğada maden olarak Cu, Pb ve Zn ile birlikte bulunan bir elementtir. Cd, renk pigmenti, PVC ürünlerinin stabilizasyonu, farklı alaşımların yapısında ve Ni-Cd pillerde kullanılmaktadır. Cd kirliliğini meydana getiren en önemli etken fosfatlı gübreler olduğu kabul edilmektedir. Pb, eski dönemlerde mutfak malzemelerinde kullanılırdı. Ancak son yıllarda çevremizdeki Pb kirliliğinin temel sebebi petrol ürünleridir. İnorganik Pb kirliliğinin kaynağı, madencilik ve kazı faaliyetleri olduğu düşünülmektedir [16].

Toprakta Cu miktarının artması, Mg ve Fe miktarını azalttığı ve K içeriklerini arttırdığı sonucuna varılmıştır [17]. Zn, maden sanayi, metal-alaşım, kozmetik, boya, plastik gibi değişik alanlarda kullanılmaktadır. Ayrıca Zn, endüstriyel atık sular, asit yağmurları ve kanalizasyon suları ile toprağa kolay bir şekilde taşınır [18]. Cr, boya, deri, cam, çelik, seramik gibi birçok kimya ve sanayi alanında kullanılan [19] ve bitki istenmeyen bir ağır metaldir. Ni, kil boyutunda ve minerallerce zengin topraklarda çok fazla, organik ve peat topraklarda ise az bulunur [20]. Topraklarda bulunan Ni asıl kaynağı, volkanik kökenli kayalar ve fosforlu gübrelerdir [21].

Toprakta bulunan ağır metaller topraktaki faaliyetleri engellenmekte, toprak ekosistemi üzerine olumsuz etkiler yapmakta ve bu olumsuz etkiler tüm ekosisteme kolay bir şekilde yansımaktadır. toprakta kompleks yapılar oluşturan ağır metaller, toksikliğin canlılar üzerindeki etkilerini arttırmırlar. Ağır metaller, toprak mikroorganizmasını olumsuz yönde etkileyerek, toprağın biyolojik aktivitesini bozarak toprağın nitrifikasyonunu, enzim aktivitesini, toprak solunumunu ve organik maddelerin mineralizasyonunu olumsuz yönde etkiler. Böylece toprakların verimi düşer ve tüm özellikleri değişir [21].

Ağır metaller tarafından kirlenmiş toprakların temizlenmesinde birçok yöntem söz konusudur. Bu yöntemler;

- Bu tür alanların kullanımını yasaklamak ve/vaya karantinaya almak,
- İmmobilizasyon ve izolasyon teknikleriyle daha fazla yayılımını önlemek,
- Bu tür toprakları başka bir alana götürmek ve depolamak,
- Bu toprakları bulunduğu bölgede ya da dışında bir yerde temizlemek [21].

Bu çalışmanın amacı, zenginleşme faktörü (EF), jeobirikim indeksi (Igeo), kontaminasyon faktörü (CF) ve kirlilik yük indeksleri (PLI) gibi kirlilik parametreleri kullanılarak Moryayla köyü ve çevresinde incelenen metaller açısından kirlilik boyutunu saptamaktır.

## 2. Analitik Yöntemler

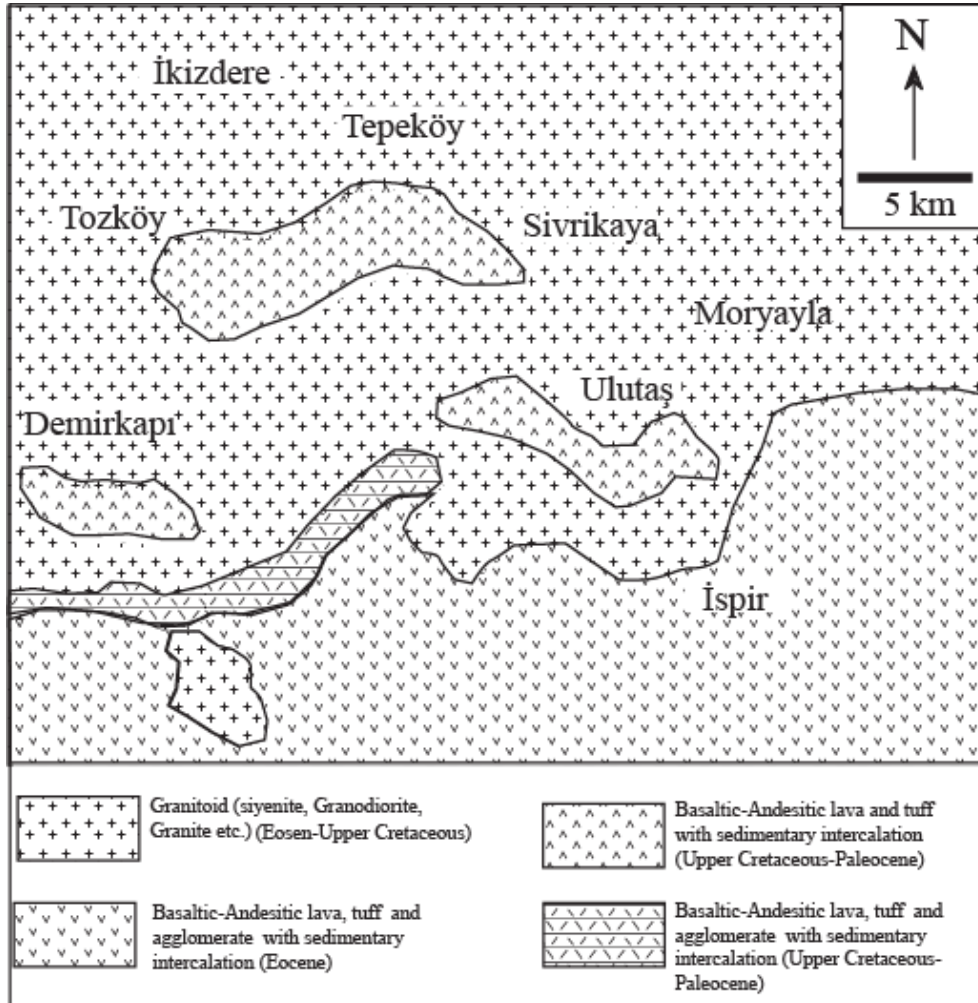
Çalışma alanının toprak yapısı dikkate alınarak örnekleme alanı seçilerek GPS ile 20 adet toprak örneği alınmıştır (Tablo 1). Seçilen lokasyondan 0.5 ile 1 kg arasında alınan örnekler oda sıcaklığında kurutuldu. Daha sonra alınan bu örnekler, < 2 mm gözenekliğe sahip bir elek yardımıyla elendi. Elementlerin analizleri, ICP-MS (Endüktif Eşleşmiş Plazma-Kütle Spektrometresi) kullanılarak gerçekleştirildi. Analiz sonuçlarının (RSD) doğruluğu için kalite güvence / kalite kontrol (QA / QC) çalışmanın her aşamasında öncelik almıştır. Bu sonuçların doğruluğu, < % 5 sapma ile ikili numunelerde jeokimyasal referans numuneleri kullanılarak kontrol edilmiştir.

## 3. Tartışma ve Sonuçlar

Moryayla köyü Erzurum'un 156 km kuzeydoğusunda yer almaktadır (Şekil 1). Porfiri Cu mineralizasyonu, Eosen yaşlı kuvars monzonitler içerisinde bulunur. Çalışma alanındaki volkanik ve tortul kayalar, mermer ve şistten oluşan metamorfik temeli uyumsuz olarak örtmektedir. Volkanik ve tortul kayalar, alt ve üst Eosen yaşlı volkanik-tortul kayalar olarak ayırt edilmiştir ve bu kayalar granodiyorit ve kuvars-monzonitler tarafından kesilmiştir. Kalkopirit ve molibdenit cevherleşmesi, kuvars-monzonit içinde KD doğrultulu altere zon boyunca yer almıştır. Cevherleşmiş zonun kenarlarında sfalerit ve galen bulunmaktadır (Şekil 2).



Şekil 1. Erzurum - Moryayla yer buldurur haritası



Şekil 2. Çalışma alanı jeoloji haritası [22]



Bu çalışmada, 20 adet toprak örneğindeki (ppm) Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn ve Fe (%) metal değerlerinin minimum, maksimum aralık, ortalama, medyan, standart sapma değerleri hesaplanmış ve ortalama şeyl ve yerkaşuğı değerleri ile birlikte Tablo 1'de verilmiştir. Bu örneklerde tüm elementlerin standart sapma değerleri, ortalama değerlerinden düşük olduğı gözlenmiştir (Tablo 1).

**Tablo 1. İncelenen elementlerin istatistiksel değerleri ile ortalama şeyl ve yerkaşuğı değerleri**

	Minimum	Maximum	Aralık	Ortalama	Medyan	Std. Sapma	Şeyl	Yerkaşuğı
<b>Cd</b>	0.11	0.53	0.42	0.2	0.205	0.1	0.3	0.1
<b>Cr</b>	10	53	43	19.1	16	11.1	90	100
<b>Cu</b>	25.2	79.7	54.5	45.2	41.1	13.5	44	55
<b>Ni</b>	9.3	74.2	64.9	17.4	13.9	13.8	70	75
<b>Pb</b>	10.7	41.2	30.5	24.1	21.5	9.5	20	13
<b>Zn</b>	50	98	48	75.1	75.5	12.7	95	70
<b>Fe (%)</b>	0.64	4.58	3.94	23.6	25.1	134.9	4.7	5

Çalışma alanında incelenen metaller arasındaki Sperman korelasyon katsayılarına bakıldığında Cd-Zn, Cr-Ni ve Pb-Zn arasında güçlü bir pozitif korelasyon ( $p > 0.01$ ), Cd-Pb arasında ise pozitif korelasyon gözlenmiştir ( $p > 0.05$ ) (Tablo 2).

**Tablo 2. İncelenen elementlerin sperman korelasyon değerleri (\* $p > 0.05$ , \*\*  $p > 0.01$ )**

	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
<b>Cd</b>	1					
<b>Cr</b>	-0.18	1				
<b>Cu</b>	0.085	0.003	1			
<b>Ni</b>	0.249	0.639(**)	0.134	1		
<b>Pb</b>	0.546(*)	-0.245	0.056	0.031	1	
<b>Zn</b>	0.715(**)	-0.428	0.321	-0.057	0.773(**)	1

Metal zenginleştirme faktörü (EF), Buat-Menard ve Chesselet [23] tarafından her bir toprak örneğindeki kirlilik derecesini belirlemek için kullanılmıştır [24]. Metal zenginleştirme faktörü, ilgili çalışmalarda belirtilen metal miktarı aynı örnekteki Fe veya Al miktarlarıyla normalize edilerek hesaplanır [25, 26,27, 28]. Metal konsantrasyonları yerine EF değerlerini kullanmanın amacı, demir (Fe) 'yi referans element olarak almaktır; tane boyutu, karbonat seyreltme ve mineral içeriğı gibi büyük farklılıkların etkisini ortadan kaldırarak normalleşmeyi sağlar. Ortalama şeyl metal konsantrasyonları (Tablo 1), antropojenik kirleticilerin bulunmadığı yerkaşuğunun üst kısmını temsil ettikleri için deniz dibi çökeltilerinin metal içeriklerinin değerlendirilmesine dayanmaktadır [29, 30, 31]. Böylece toprak analizi sonuçlarının değerlendirilmesinde metal değerleri ortalama şeyl değerleri ile karşılaştırılmıştır [22, 31]. Bu çalışmada zenginleştirme faktörü hesaplanırken normalleştirme faktörü olarak Fe kullanılmıştır. EF aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilir:

$$EF = (C_n / C_{ref})_{örnek} / (B_n / B_{ref})_{referans}$$

Cn: Analizi yapılan örnekteki değer,

Cref: Referans metalin örnekteki değeri,

Bn: metalin yerkaşuğundaki ortalama değeri [32, 33]

Bref: Referans metalin yerkaşuğunda ortalama değeri [32, 33]

EF değeri 5 ayrı zenginleşme sınıfında incelenmektedir:

EF < 2 Az, 2 ≤ EF ≤ 5 Orta miktarda, 5 ≤ EF ≤ 20 Yüksek miktarda, 20 ≤ EF ≤ 40 Çok yüksek miktarda, EF > 40 Aşırı miktarda zenginleşme şeklindedir [33, 34].

İnceleme alanındaki elde edilen Cd'un minimum zenginleşme ve Cr, Cu, Ni, Pb ve Zn'nun EF değerlerinde orta, yüksek, çok yüksek ve aşırı zenginleşme olduğu gözlenmiştir (Tablo 3).

Geo-akümülyasyon indeksi, toprak örneğinin kirlilik durumunu belirlemek ve kirlilik sınıflarına ayırmak için kullanılır [22, 31]. Bu indeks değerini elde etmek için aşağıdaki denklem kullanılır.

$$I_{geo} = \log_2 (C_n / 1.5 \times B_n)$$

Cn: Topraktaki metal değeri,

Bn: n metalinin yer kabuğundaki ortalama değeri [32, 33]

1.5: Temel değer matrisi korelasyon faktör değeri (çok küçük antropojenik etkilerden dolayı).

Jeobirikim indeksi Müller [35, 36] tarafından hazırlanan kirlilik sınıfı dereceleri;

Igeo < 0 Kirlilik yok 0 < Igeo < 1 Kirlilik yok-az kirlilik 1 < Igeo < 2 Orta derecede kirlilik 2 < Igeo < 3 Orta-çok kirlilik 3 < Igeo < 4 Çok kirlilik 4 < Igeo < 5 Çok-aşırı kirlilik Igeo > 5 Aşırı kirlilik [33].

Çalışma alanında hesaplanan Igeo değerleri 0 - 1 arasında olduğundan kirlilik yok-az kirlilik olarak sınıflandırılmıştır (Tablo 4).

**Tablo 3. Toprak örneklerindeki metallerin Zenginleşme Faktör (EF) değerleri**

EF	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
1	0.06	15.2	35.8	15.8	9.3	74.5
2	0.11	17.4	60.2	17.1	25.3	111.1
3	0.02	5	20.8	4.2	4.9	29.9
4	0.03	2.8	13.2	3.9	6	24.2
5	0.07	5.2	24	7.5	8.4	42.2
6	0.11	17.3	49.4	14.3	27.1	127
7	0.03	16.9	60.5	12.3	6.8	59.3
8	0.08	41.8	86.5	31.5	13.3	88.9
9	0.06	47.1	32.2	66	12.1	55.1
10	0.02	6.9	12.2	4.9	2.4	18.7
11	0.09	27.8	65.8	22.9	20.4	126.7
12	0.01	3.7	23.1	4.5	3.6	26.6
13	0.02	15.3	15	5.9	2.7	19.2
14	0.02	4.9	17.8	4.6	4.5	26.2
15	0.01	4.6	10	3.7	2.8	16.7
16	0.03	13	32.1	12.7	16.5	53.6
17	0.03	6.4	29.4	5.6	5.2	31.1
18	0.02	5.9	26.4	4.7	4.4	25
19	0.06	8.4	29.8	9.2	16.1	61.1
20	0.02	4.8	18.3	3.1	7.3	25.5
<b>Minimum</b>	0.01	2.8	10	3.1	2.4	16.7
<b>Maksimum</b>	0.11	47.1	86.5	66	27.1	127

**Tablo 4. Toprak örneklerindeki metallerin Jeo-akümülayon (Igeo) değerleri**

Igeo	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
1	-6.08	0.03	0.07	0.03	0.12	0.04
2	-4.20	0.03	0.08	0.04	0.17	0.04
3	-5.68	0.03	0.08	0.03	0.14	0.04
4	-3.37	0.02	0.08	0.04	0.17	0.04
5	-2.04	0.03	0.09	0.04	0.17	0.05
6	-4.44	0.03	0.07	0.03	0.17	0.05
7	-7.08	0.03	0.09	0.03	0.11	0.04
8	-5.16	0.04	0.09	0.04	0.14	0.04
9	-4.71	0.04	0.08	0.06	0.15	0.04
10	-3.65	0.04	0.08	0.04	0.14	0.04
11	-5.68	0.03	0.08	0.04	0.14	0.04
12	-6.08	0.03	0.09	0.04	0.14	0.04
13	-6.30	0.04	0.08	0.04	0.12	0.04
14	-6.08	0.03	0.08	0.04	0.15	0.04
15	-5.68	0.03	0.08	0.04	0.14	0.04
16	-6.30	0.03	0.08	0.04	0.17	0.04
17	-4.85	0.03	0.09	0.04	0.15	0.04
18	-4.85	0.03	0.10	0.04	0.15	0.04
19	-3.97	0.03	0.08	0.04	0.18	0.05
20	-5.00	0.03	0.09	0.03	0.18	0.05
<b>Minimum</b>	-7.08	0.02	0.07	0.03	0.11	0.04
<b>Maksimum</b>	-2.04	0.04	0.10	0.06	0.18	0.05

Kontaminasyon Faktörü (Cf), ağır metallerin toprak örnekleri üzerindeki antropojenik etkilerini değerlendirmek ve çevre kirliliğinin kapsamını açıklamak için birçok araştırmacı tarafından yaygın olarak kullanılan bir faktördür [22, 25, 31, 37, 38].

$$CF = C_{metal} / C_0$$

C<sub>metal</sub>: Topraktaki metalin konsatrasyonu

C<sub>0</sub>: İncelenen metalin yerkabuğundaki ortalama değeri [32, 33]

CF<1 Az kirlilik, 1<CF<3 Orta derecede kirlilik, 3<CF<6 Yüksek derecede kirlilik, CF>6 Aşırı yüksek derecede kirlilik [33]. Tüm lokasyonlarda incelenen metaller az ve orta arasında kontaminasyon dereceleri gözlenmiştir (Tablo 5).

**Tablo 5. Toprak örneklerindeki metallerin Kontaminasyon Faktör (CF) değerleri**

CF	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
1	0.50	0.13	0.57	0.18	0.62	0.62
2	0.90	0.14	0.91	0.18	1.58	0.87
3	0.57	0.12	0.93	0.13	0.90	0.69
4	1.17	0.11	0.94	0.19	1.76	0.89
5	1.77	0.13	1.13	0.25	1.62	1.03
6	0.83	0.13	0.69	0.14	1.57	0.93
7	0.37	0.18	1.15	0.17	0.54	0.59
8	0.67	0.36	1.34	0.34	0.85	0.72
9	0.77	0.59	0.73	1.06	1.13	0.65
10	1.07	0.31	1.00	0.29	0.83	0.80
11	0.57	0.18	0.77	0.19	0.98	0.77
12	0.50	0.12	1.40	0.19	0.91	0.84
13	0.47	0.44	0.79	0.22	0.59	0.53
14	0.50	0.16	1.03	0.19	1.07	0.79
15	0.57	0.21	0.83	0.22	0.97	0.73
16	0.47	0.19	0.85	0.24	1.79	0.74
17	0.73	0.18	1.49	0.20	1.08	0.82
18	0.73	0.22	1.81	0.23	1.24	0.89
19	0.97	0.14	0.93	0.20	2.06	0.99
20	0.70	0.18	1.24	0.15	2.05	0.91
<b>Minimum</b>	0.37	0.11	0.57	0.13	0.54	0.53
<b>Maksimum</b>	1.77	0.59	1.81	1.06	2.06	1.03

PLI, her bir örnek lokasyonundaki toprak ağır metal kirlilik boyutunun değerlendirilmesinde kullanılmıştır [33, 39].

$$PLI = \sqrt[n]{(n \times CF_1 \times CF_2 \times \dots \times CF_n)}$$

CF: Kirliliği gösteren faktör

n: Metal sayısını gösterir.

Hesaplanan PLI değerleri >1 ise kirlilik görülmektedir, PLI değerleri <1 ise kirlilik görülmemektedir [40] (Tablo 6).

**Tablo 6. Toprak örneklerindeki metallerin Kirlilik Yük İndeksi (PLI) değerleri**

	Cd	Cr	Cu	Ni	Pb	Zn
<b>PLI</b>	1.0	0.9	1.2	0.9	1.0	1.0

#### 4. Sonuç

Moryayla köyü ve çevresindeki topraklarda Zenginleşme Faktörüne (EF) göre; Cr, Cu, Ni, Pb ve Zn değerlerinde orta, yüksek, çok yüksek ve aşırı zenginleşme olduğu gözlenmiştir. Jeobirikim İndeksi (Igeo) parametresine göre; incelenen metallerde kirlilik yok-az kirlilik tespit edilmiştir. Kontaminasyon Faktörü (CF) göre, tüm lokasyonlarda az ve orta arasında kontaminasyon dereceleri bulunmuştur. Ayrıca, inceleme alanının her bir lokasyonundan elde edilen kirlilik yük indeksi (PLI) değerlerine göre çalışma konusunu oluşturan Cd, Cr, Cu, Ni, Pb ve Zn metallerinin bütünü için bir değerlendirme yapılmıştır. Bu değerlendirme kapsamında inceleme alanı Cd, Cu, Pb ve Zn metalleri bakımından kirletildiği tespit edilmiştir.

## Teşekkür

Bu çalışma esnasında desteklerini esirgemeyen GRC Madencilik Ltd. Şirketi'ne teşekkür ederim.

## Referanslar

- [1] Duffus, J.H. "Heavy metals a meaningless term? (IUPAC Technical Report)". *Pure and Applied Chemistry*. 745:793-807, 2002.
- [2] Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A. ve Timur, S. "Metallerin çevresel etkileri". *Metaller Dergisi*, 136: 47-53, 2009.
- [3] Özkul, C., Acar, R. U., Köprübaşı, N., Er, A. E., Kızılkaya, H. İ., Metin, M. ve Şenel, M. N. "Altıntaş (Kütahya-Türkiye) Ovası Tarım Topraklarında Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması, Öncel Çalışma". *Uygulamalı Yerbilimleri Dergisi* Cilt: 17, No: 1 (13-26), 2018. DOI: 10.30706/uybd.426408
- [4] Barbieri, M., Nigro, A. and Sappa, G. "Soil contamination evaluation by Enrichment Factor (EF) and Geoaccumulation Index (Igeo)". *Senses Sci*; 23:94-97, 2015. doi: 10.14616/sands-2015-3-9497
- [5] Williams, C. H. and David, J. "The accumulation of Cadmium from Phosphorus Fertilisers and their effect on the Cadmium Content of Plants". *Soil Sci* 121: 86-93, 1976.
- [6] Mitchell, R. L. and Burridge, S. C. "Trace Element in soils and crops". *Phil Trans Royal Soc London B* 288: 15-24, 1979.
- [7] Dickshroon, W, Van Broekhoven, L. W. and Lampe, J. E. M. 1979. "Photo toxicity of Zn, Ni, Cd, Cu and Cr in three pasture plant species supplied with graduated amount from the soil". *Nz Agric Sci* 27: 241-253. 4.
- [8] Underwood, E. J. "Trace Elements in human and animal nutrition", New York. Academic Press 461-477, 1971.
- [9] Barbieri, M. "The Importance of Enrichment Factor (EF) and Geoaccumulation Index (Igeo) to Evaluate the Soil Contamination". *J. Geol Geophys* 5: 237, 2016. doi:10.4172/2381-8719.1000237
- [10] Hudson-Edwards, K.A., Macklin, M. G., Miller, J. R. and Lechler, P. J. "Sources Distribution and Storage of heavy metals in the Rio Pilcomayo, Bolivia". *J Geochem Explor* 72: 229-250, 2001.
- [11] Miller, J. R., Hudson-Edwards, K. A., Lechler, P. I., Preston, D. and Macklin, M. G. "Heavy Metal Contamination of water soil and produce within riverine communities of the Rio Pilcomayo Basin, Bolivia". *Sci Total Environ* 320: 189-209, 2004.
- [12] Taylor, M. P., Mackay, A. K., Hudson-Edwards, K. A. and Holz, E. "Soil Cd, Cu, Pb and Zn Contaminant, around Isa City, Queensland, Australia: Potential Sources and risks to human health". *Appl Geochem* 25: 841-855, 2010.
- [13] Wuana, R. A. and Okieimen, F. E. "Heavy Metals in Contaminated Soils: A Review of Sources, Chemistry, Risks and Best Available Strategies for Remediation". *ISRN Ecology International Scholarly Research Network* 402647: 20, 2011.
- [14] Kafadar, F. ve Saygıdeğer, S. "Gaziantep İlinde Organize Sanayi Bölgesi Atık Suları İle Sulanan Bazı Tarım Bitkilerinde Kurşun Miktarlarının Belirlenmesi". *Ekoloji*.75:41-48, 2010.
- [15] Okcu, M., Tozlu, E., Kumlay, A. M. ve Pehlivan, M. "Ağır Metallerin Bitkiler Üzerine Etkileri". *Alınları Zirai Bilimler Dergisi*. 17(2): 14-26, 2009.
- [16] Yavuz, O. ve Sarigül, N. "Toprak ve Sucul Ortamlardaki Ağır Metal Kirliliği ve Ağır Metal Dirençli Mikroorganizmalar". *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 71: 44-51, 2016.
- [17] Sönmez, S., Kaplan, M., Sönmez, N. K., Kaya, H. and Uz, İ. "High level of copper application to soil and leaves reduce the growth and yield of tomato plants". *Sci. Agric. Piracicaba, Braz.* 63(3):213-218, 2006.
- [18] Vaillant, N., Monnet, F., Hitmi, A., Sallanon, H. and Coudret, A. "Comparative study of responses in four *Datura* species to a zinc stress". *Chemosphere*. 59:1005-1013, 2005.
- [19] Shanker, A. K., Cervantes, C., Loza-Tavera, H. and Avudainayagam, S. "Chromium toxicity in plants". *Environment International*. 31(5):739-753, 2005.
- [20] Kacar, B. "Toprak Analizleri". 2. Baskı. Nobel Yayınları No:1387, Ankara, 2009.
- [21] Yerli, C., Çakmakçı, T., Şahin, Ü. ve Tüfenkçi, Ş. "Ağır Metallerin Toprak, Bitki, Su ve İnsan Sağlığına Etkileri". *Türk Doğa ve Fen Derg.* Cilt 9, Özel Sayı, Sayfa 103-114, 2020.
- [22] Kirat, G. and Aydın, N. "Investigation of Metal Pollution in Moryayla Erzurum and Surrounding Stream Sediments, Turkey". *Inter J of Environ Sci and Tech.* Volume 15, Issue 10, pp 2229–2240, 2018. DOI: 10.1007/s13762-017-1611-9
- [23] Buat-Menard, P. and Chesselet, R. "Variable influence of the atmospheric flux on the trace metal chemistry of oceanic suspended matter". *Earth Planet Sci Lett* 42:399–411, 1979.
- [24] Vaezi, A. R., Karbassi, A. R., Valavi, S. H. and Ganjali, M. R. "Ecological risk assessment of metals contamination in the sediment of the Bamdezh wetland, Iran". *Int J Environ Sci Technol* 12:951–958, 2015.
- [25] Abraham, G. M. S and Parker, R.J. "Assessment of heavy metal enrichment factors and the degree of contamination in marine sediments from Tamaki Estuary, Auckland", New Zealand. *Environ Monit Assess* 136(1–3):227–238, 2008.
- [26] Bresline, V. T. and Sanudo-Wilhelmy, S. A. "High spatial resolution sampling of metals in the sediment and water column in port Jefferson Harbour", New York. *Estuaries* 22:669–680, 1999.
- [27] Windom, H. L., Schropp, S. J., Calder, F.D., Ryan, D. J., Smith, R. G., Burney, L. C., Lewis, F. G. and Rawlinson, C. H. "Natural trace metal concentrations in estuarine and coastal marine sediments of the southeastern United State". *Environ Sci Technol* 23:314–320, 1989.

- [28] Bruland, K. W., Bertine, K., Koide, M. and Goldberg, E. D. "History of metal pollution in southern California coastal zone". *Environ Sci Technol* 8:425–432, 1974.
- [29] Algan, O., Balkis, N., Çağatay, M. N. and Sarı, E. "The sources of metal in the shelf sediments of the Marmara Sea, Turkey". *Environ Geol.* 46:932–950, 2004.
- [30] Pekey, H., Karakas, D., Ayberk, S., Tolun, L. and Bakoğlu, M. "Ecological risk assesment using trace elements from surface sediments of Izmit (Gulf Northeastern Marmara Sea) Turkey". *Mar Pollut Bull* 48:946–953, 2004.
- [31] Pehlivan, H. "Investigation of heavy metal pollution in sediments of Southern Marmara Sea (The Kocasu Delta)". Master Degree Thesis, Hacettepe University, Department of Environmental Engineering. Fen bilimleri Enstitüsü, 151, Ankara, 2017.
- [32] Mason, B. *Principals of geochemistry*. New York: Wiley, 1966.
- [33] Özkul, C. "Kütahya Şehir Merkezinde Yer Alan Çocuk Parklarındaki Toprakların Ağır Metal Kirliliğinin Belirlenmesi". *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 19, 015803: 226-240, 2019. Doi: 10.35414/akufemubid.408653
- [34] Sutherland, R. A. "Bed sediment-associated trace metals in an urban stream, Oahu, Hawaii". *Environ. Geol.* 39: 611–27, 2000.
- [35] Müller, G. "Index of geo-accumulation in sediments of the Rhine River". *Geo J*, 2:108–118, 1969.
- [36] Müller, G. "Die Schwermetallbelastung der Sedimenten des Neckars und Seiner Nebenflüsse", *Chemiker-Zeitung*, 6:157, 1981.
- [37] Esen, E, Kucuksezgim, F. and Uluturhan, E. "Assessment of trace metal pollution in surface sediments of Nemrut Bay, Aegean Sea". *Environ Monit Assess* 160(1–4):257, 2010.
- [38] Uluturhan, E. "Heavy metal concentrations in surface sediments from two regions Saros and Gokova Gulfs of the Eastern Aegean Sea". *Environ Monit Assess* 165(1–4):675, 2010.
- [39] Thomlinson, I. "Exploration geochemistry: design and interpretation of soil surveys", *Rev Econ Geol*, 3:1–18, 1986.
- [40] Chakravarty, I. M. and Patgiri, A. D. "Metal Pollution Assessment in Sediments of the Dikrong River, N.E." *India Journal of Human Ecology*, 27:63-67, 2009.

# Numerical Study on Free Particle Reinforced Fiber-Metal Composite Sandwiches Under Ballistic Loads

Umut Çalışkan<sup>a,1</sup>, Nisanur Duman<sup>b</sup>, Arslan Talha Terme<sup>c</sup>, Mustafa Çayır<sup>d</sup>, Mürüvvet Bozkurt<sup>e</sup>

<sup>a</sup> Erciyes University, Department of Mechanical Engineering, Melikgazi/Kayseri, 38039, Turkey  
ORCID ID: 0000-0002-8043-2799

<sup>b</sup> Erciyes University, Department of Mechanical Engineering, Melikgazi/Kayseri, 38039, Turkey  
ORCID ID: 0000-0001-9722-7938

<sup>c</sup> Erciyes University, Department of Mechanical Engineering, Melikgazi/Kayseri, 38039, Turkey  
ORCID ID: 0000-0001-6461-4835

<sup>d</sup> Erciyes University, Department of Mechanical Engineering, Melikgazi/Kayseri, 38039, Turkey  
ORCID ID: 0000-0002-2645-8197

<sup>e</sup> Erciyes University, Department of Mechanical Engineering, Melikgazi/Kayseri, 38039, Turkey  
ORCID ID: 0000-0002-5413-0412

## Abstract

In this study, the ballistic performances of the fiber-metal composite plate with foam core sandwich embedded free particles were numerically investigated. Structures that can change the direction of incoming ammunition in armor designs have always been interesting. Ballistic analyzes of the structures designed with this motivation were carried out with fragment simulated projectile (FSP) under 3 different velocities. The 3D finite element and damage models of the materials were modeled separately, and the analyzes were completed by overcoming the problems encountered in the analysis of the complex structure. The material models of armor system were explained in detail as carbon fiber/epoxy composite plate, aluminum metal plate, PVC foam core material, steel spherical particle and steel fragment simulated projectile. The ballistic behaviors of 2 different types of structures formed according to particle diameter were investigated numerically and the full perforation behavior of the structure formed with small diameter particles was better.

**Keywords:** “Ballistic behavior, fiber-metal plate, spherical particle, sandwich structure design.”

## 1. Giriş

Havacılık yapısı uygulamalarında minimum ağırlık ve maksimum sertlik elde etmek için sandviç yapı onlarca yıldır kullanılmaktadır. Ne yazık ki bu yapıların birçoğu dayanıklılık ve hasar toleransı ile ilgili büyük sorunlar yaşamıştır. Ancak sandviç yapının başarılı uygulamaları göz ardı edilmemelidir. F-16 programı, inşa edilen her uçakta bir çok düzeneğe çekirdek yapı uygulamıştır. Bazı imalat sorunları yaşanmış ve yatay kuyruk hücum kenarları gibi bazı tertibatlar uçağın çok hasara açık bir bölgesinde olsa da, bu uygulamalarda sorunlar yaşanmamıştır. Bu alandaki potansiyel araştırma, neden belirli sandviç yapı uygulamalarının başarılı olduğu ve diğerlerinin başarısız olduğunu ve belirli sorunlu yapıları belirlemek için düzeltmeler önermektedir. Günümüzde hemen hemen her sektörde yerini alan kompozitler, havacılık, uzay ve otomotiv sektöründe de önemli bir yere sahiptir. Kompozit malzemeler iki veya daha fazla parçadan oluşan bir malzemenin üretilmesi olarak tanımlanırken, bu malzemeler birbirinden farklı fiziksel veya kimyasal özellikte olabilir. Kompozit malzemelerin kullanılmasındaki genel amaç malzemelerin güçlendirilmesi ve kullanılacak alana göre üstün özellikte malzeme üretimi olarak da tanımlanabilir. Son yıllarda, farklı fonksiyonel malzemelerden oluşan çok katmanlı kompozit zırhlar, insan vücudunun ve askeri teçhizatın balistik darbelere karşı korunması için artan bir ilgi görmüştür. Geleneksel koruyucu yapıya kıyasla çok katmanlı kompozit zırhlar, hafif ve yüksek sertlik gibi avantajlara sahiptir. Aramid, elyaf takviyeli kompozitler gibi sentetik kumaşlar, düşük yoğunlukları ve yüksek mukavemetleri nedeniyle hafif zırh sistemlerinin tasarımında giderek daha fazla kullanılmaktadır [1,2]. Fiber kumaşlarla (karbon, cam, kevlar vb.) güçlendirilmiş metaller (alüminyum alaşımları vb.) fiber metal tabakalı kompozitler olarak adlandırılır. Lamine kompozit malzeme, çok katmanlı bir yapı oluşturmak için birbirine yapıştırılan, aynı elyaf takviyeli katların birkaç laminatından veya en az iki farklı malzeme ile hibrit laminattan oluşan kompozit malzemelerden biridir. Hibrit lamine yapı, düşük öz ağırlık ile mukavemeti, yorulma ömrünü, korozyon direncini, sertliği, termal ve akustik yalıtımı önemli ölçüde iyileştirmek için

<sup>1</sup> Corresponding Author  
E-mail Address: ucaliskan@erciyes.edu.tr

kullanılabilir [3]. Yaygın laminatlardan farklı olarak, etkili bir balistik kompozit laminat, balistik darbeye direnmek için genellikle iki ana katmandan yapılır, biri nispeten sert bir kaplama plakası ve diğeri nispeten sert bir arka plakadır [4,5].

Zırh sistemi yapılarının tarihsel gelişimine baktığımızda, geleneksel monolitik metalik zırh malzemelerinin sınırlı mühendislik özellikleri nedeniyle seramik ve seramik yüzü kompozitler, güçlendirilmiş ve güçlendirilmemiş polimer kompozitler ve katmanlı ve lamine fonksiyonel zırh yapıları gibi yeni malzemelere yer bıraktığı gözlemlenmektedir [6]. Ayrıca kullanım kolaylığı için malzeme ağırlığı da önemlidir. Malzemenin ağırlığını azaltmak için güç ve özelliklerinden ödün vermeden malzemeler de geliştirilmektedir, bu nedenle kullanıcının hareketi çok fazla etkilenmemelidir. Polimer matris esaslı kompozit malzemeler, hafifliği ve iyi balistik özellikleri nedeniyle metal ve alaşım ve seramik malzemelere göre avantajlara sahiptir [7,8]. Balistik özellikler, kinetik enerjinin kişiye zarar vermeden sönmünebilirliğinin ortalaması olarak değerlendirilir. Gelişmiş zırh yapıları, mermiyi aşındırmak ve deforme etmek, sonraki katmanlardaki şok dalgası etkisini azaltmak ve darbe enerjisinin bir kısmını sönmünelemek için genellikle yüksek empedanslı ön plakaya sahip çok katmanlı kompozitler olarak tasarlanır. Zırh sistemlerinin balistik performansı, mermiden zırha aktarılan enerjiye bağlı olarak ölçülür. Bu enerji kullanım malzemeler, katman kalınlığı, malzemelerin sıralanışı ve yönlerinden etkilenir. Bir mermi zırha ne kadar direnebilirse ve enerjisini olabildiğince küçük bir alanda saklayabilirse merminin zırhı delme ihtimali yükselir. Bu sebeple yapılan zırh çalışmalarındaki amaç merminin enerjisini geniş alanlara dağıtabileceği bir tasarım yapmaktır.

Sandviç yapılar, heyecan verici özellikleri (düşük ağırlık, yüksek enerji emme kapasitesi, yüksek sertlik ve mukavemet / ağırlık oranları, mükemmel ısı yalıtımı, akustik sönmüneleme, yangın geciktirme, üretim ve onarım kolaylığı) nedeniyle ileri mühendislik uygulamaları için büyük potansiyel sunmaktadır. Sandviç yapının kompozit bir bileşeni, nispeten ince, yüksek mukavemetli iki yüzey tabakası veya kaplama arasına yerleştirilmiş hafif bir çekirdekte oluşur. Yüz levhaları bükülme yüklerine dayanacak şekilde tasarlanmıştır ve genellikle alüminyum veya elyaf takviyeli polimerlerden yapılır [9-11]. Sandviç yapıların bir diğeri önemli özelliği, büyük enerji sönmüneleme kapasitesi ve yüksek hasar toleransıdır. Yüzey levhaları, çekirdek ve her iki bileşenin sayısız kombinasyonu için çeşitli malzeme türleri vardır [12]. Sandviç yapının kompozit bir bileşeni, nispeten ince, yüksek mukavemetli iki yüz levhası veya kaplaması arasına yerleştirilmiş hafif bir çekirdekte oluşur. Fiber metal tabakalı serbest parçacık köpük çekirdekli sandviç yapı malzemeler yüksek enerjili mermilere karşı balistik performans açısından oldukça etkilidir. Literatürde sandviç yapıların kullanıldığı çalışmalar incelenecek olunursa bazı araştırmacılar, kompozit plakaların, üç boyutlu katı sonlu elemanlar kullanılarak darbe yüklemesine tepkisini ve sandviç yapıların bu noktada etkisini araştırmışlardır [13,14]. Caliskan ve Apalak [13] yapmış olduğu karbon fiber takviyeli PVC köpük çekirdekli kompozit sandviç kirişlerin eğilme darbesi araştırılması çalışmalarında, eğilme yönüne dik yöndeki fiber açısının daha sert ve mukavemetli olduğu bilinmekle birlikte, diğeri fiber açılarına sahip kirişlerin bükülme darbe yükleri altında hasar toleransları belirlenmiştir. Ayrıca, katman sayısı arttıkça, kompozit yüzey levhalarının hasar mekanizması ve yük taşıma kapasitesi tamamen değişerek eğilme dayanımını arttırdığı görülmüştür. Bu araştırma, yüzey tabakasının fiber açısı ve kalınlığı değiştikçe hasar mekanizmalarının değişimi ve farklı hasar kriterleri kullanılarak sonlu elemanlar yardımıyla yorumlanması açısından temel bilgiler sunmaktadır. Chengjun ve diğeri [14] yapmış oldukları "Alüminyum levhalar ve düz dokuma E cam elyaf kompozit katlardan oluşan alüminyum (AL) köpük çekirdekli ve metal elyaf laminat (FML) kaplamalı yeni tasarlanmış sandviç panellerin yüksek hızlı darbe tepkileri" isimli çalışmada sandviç panellerin düşük hızda darbe altında tepkilerini analiz etmedeki etkinliğini ve doğruluğunu kanıtlamak için deneylere karşı bir sonlu elemanlar modeli geliştirilmiş ve doğrulanmıştır.

Yaghoubi ve Liaw [15] çeşitli kalınlıklardaki Glare 5 fiber-metal lamine (FML) kirişlerin balistik darbe davranışları üzerine deneysel ve sayısal araştırmalar yapmışlardır. Darbe ve kalan/geri tepme hızlarını ölçmek ve ayrıca FML'lerdeki hasar gelişimini değerlendirmek için yüksek hızlı bir kamera kullanmışlardır. Kalan hıza karşı gelen mermi çarpma hızını ve balistik limit hızı  $V_{50}$ 'nin belirlenmesi için klasik Lambert-Jonas denkleminde göre sayısal olarak hesapladılar. Sonuçlar,  $V_{50}$ 'nin metal hacim fraksiyonuna ve numune kalınlığına göre parabolik bir trend içinde değiştiğini gösterdi. Alüminyum katmanlardaki eğilme ve esnemenin yanı sıra ara yüzeydeki ayrılma, GLARE 5 FML kirişlerinde darbe enerjisinin dağıtılmasında önemli roller oynadı. Deneysel olarak elde edilen sonuçları modellemek ve doğrulamak için 3B sonlu elemanlar (FE) kodu, LS-DYNA kullanıldı. Deneysel ve sayısal sonuçlar arasında iyi bir uyum sağlandı. Belirli bir numune konfigürasyonu için, mermi geliş hızını  $V_{50}$ 'sine kadar artırarak maksimum temas kuvvetinin arttığı bulundu. Mermi hızını  $V_{50}$ 'sinin üzerine daha da artırarak, maksimum temas kuvveti, mermi geliş hızındaki artışa göre nispeten değişmediği sonucunu buldular. Silva vd. [16] Kevlar ile güçlendirilmiş ince kompozit lamine plakalar üzerindeki balistik darbe problemlerini deneysel ve sayısal simülasyonlar ile araştırmışlardır. Balistik etki, farklı kalınlıktaki plakalar üzerinde STANAG-2920'ye uygun olarak tasarlanmış simüle edilmiş parçalarla uygulanmıştır. Limit delme hızı ( $V_{50}$ ) için bir tahmin elde etmek ve hasar modlarını ve hasarı simüle etmek için sayısal modelleme geliştirilmiş ve kullanılmıştır. Hesaplamalar ticari bir kod kullanılarak sonlu farklara dayalı olarak yapılmış ve elde edilen değerler deneysel verilerle karşılaştırılarak simülasyonun performansı değerlendirilmiştir. Hesaplamalı simülasyon ve deneysel sonuçlar arasında laminatların hem deformasyonu hem de hasarı açısından iyi bir korelasyon elde edilmiştir. Gelecekteki çalışmalar, bir dış seramik katmanın araya yerleştirilmesinin yanı sıra kuru-ıslak ve sıcaklık döngülerinin plakaların mekanik mukavemeti üzerindeki etkisini ve hızlandırılmış yaşlanma altında zamansal gelişimlerini inceleyecek şekilde geliştirilmiştir. Kosedag ve Ekici [17] SiC takviyeli Al6061 metal matris kompozitlerin farklı takviye hacim oranlarında düşük hızlı ve balistik darbe tepkilerini araştırmışlardır. SiC parçacık hacim oranları %0, %5, %10, %15, %20, %30 ve %40 olan numunelerde düşük hızlı darbe (LVI) testleri, %0 %10, %20 ve %30 hacim fraksiyonlarına sahip numuneler ile balistik testler yapılmıştır. Ortalama 500 m/s hızla fırlatılan mermi ile tüm numuneler üzerinde aynı koşullar altında balistik testler yapılmıştır. Numunelerin balistik direncinin belirlenmesinde, tanık yapılarıdaki mermi penetrasyonları dikkate alınmıştır. Kompozitlerde hem düşük hızlı darbe hem de balistik testin neden olduğu hasar ve deformasyonlar incelenmiştir. Düşük hızlı darbe test sonuçlarına göre, kompozit

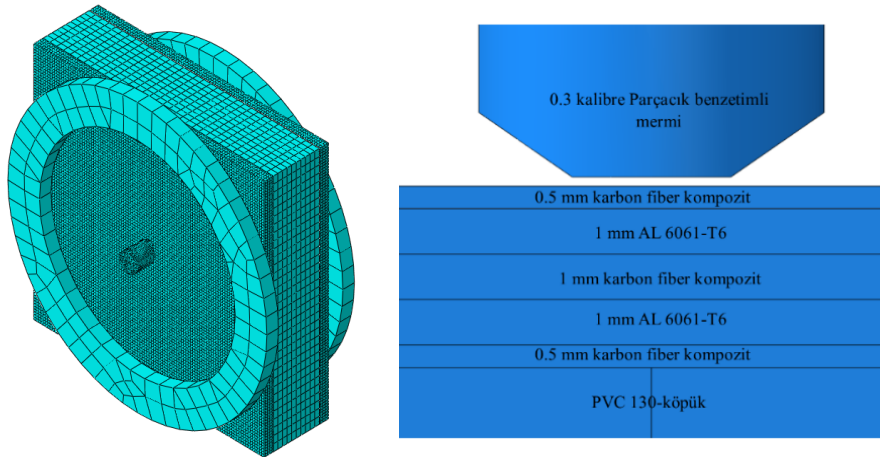
numuneler hacim oranları arttıkça daha az darbe enerjisi absorbe etmiş ve ayrıca takviyesiz örneklere göre üstün performans göstermiştir. Ayrıca çatlak oluşumu ağırlıklı olarak %30 takviye içeren numunelerde gözlenirken, hacim oranı %40 olan kompozit malzeme tamamen kırılmıştır. Takviye hacim oranı artışla birlikte numunelerin balistik direnci önemli ölçüde artmıştır. Kosedag vd. [18] polimer matrisli kompozit malzemelerin darbe direncini artırmak için fiber metal laminat (FML) olarak bilinen yeni bir hibrit malzeme geliştirmişlerdir. Fiber metal laminatlarda (FML'ler) istifleme sırasının, metal hacim oranının ve katman sayısının balistik direnç üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Sıcak pres ve vakum ile farklı sekanslarda ve farklı hacim oranlarında dört tip FML üretilmiştir. Balistik testler tek kademeli gaz tabancası sistemi ile gerçekleştirilmiştir. Soğurulan enerji, FML'lerin merminin giriş ve çıkış hızı ve mermi kütlesi dikkate alınarak oluşan enerji farkından hesaplanmıştır. Balistik testlerin ardından hasar türleri incelenmiştir. Mermi ile ilk karşılaşan metal tabakanın polimer matrisli kompozite göre FML'lerin darbe dayanımı üzerinde daha etkili olduğu ve metal hacim oranının artmasıyla darbe dayanımının arttığı belirlenmiştir. Ayrıca üst katlar aynı kalırsa kat sayısındaki artış darbe dayanımını olumsuz etkilemiştir. Metal hacim oranı miktarı arttıkça balistik darbe dayanımı artmaktadır.

Bu çalışmada ise karbon fiber/epoksi alüminyum metal tabakalı çelik serbest parçacık takviyeli köpük çekirdekli sandviç yapı malzemeler kullanılarak, sayısal yöntemlerle simüle edilmiş optimum koruyucu balistik zırh tasarımı oluşturulmuştur. Fiber-metal plakalı, serbest parçacık takviyeli-köpük çekirdekli sandviç yapıların balistik performansının iyileştirilmesi üzerine yapılan olan çalışmada, en iyi performansı veren sandviç yapısı tasarlanmıştır. Balistik analizler parçacık benzetimli mermi kullanılarak gerçekleştirilmiş olup 3 farklı mermi hızı altında araştırılmıştır. 3 boyutlu sonlu elemanlar kodu kullanılarak yapılan analizlerde tüm malzeme modelleri için hasar kriterleri modellenmiştir.

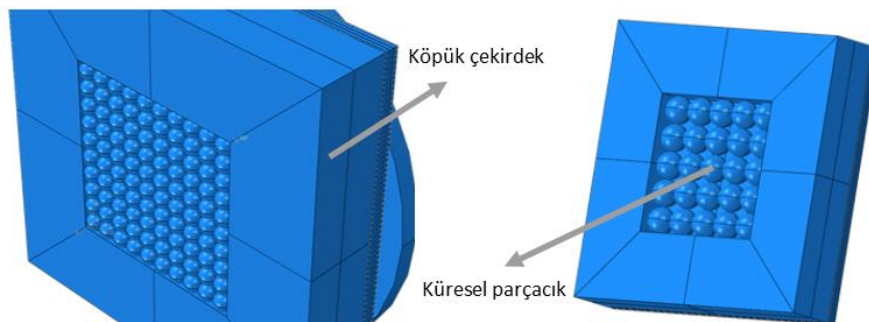
## 2. Sayısal Model

Fiber-metal tabakalı serbest parçacık-köpük çekirdekli sandviç yapıların balistik performansının iyileştirilmesi için parametreler belirlenmiş ve sayısal model şu şekilde oluşturulmuştur:

- Kompozit plakaların sayısal modeli
- Metal plakaların sayısal modeli
- Köpük malzemesinin sayısal modeli
- Serbest parçacıkların sayısal modeli
- 0.3 kalibre parçacık benzetimli merminin sayısal modeli



Şekil 1. Sayısal model



Şekil 2. a) 1. Tip, b) 2. Tip numune sayısal modeli



Numunelerin balistik davranışlarının sayısal analizleri ABAQUS/Explicit (versiyon 6.14) kullanılarak incelenmiştir. Balistik testler yaklaşık olarak 515, 650 ve 770 m/s mermi hızları altında gerçekleştirilmiştir. Çalışmada 2 tip numune kullanılmış olup, 1. Tip numune 20 mm köpük kalınlığı ve 5 mm çapında çelik bilye içermektedir. 2. Tip numune 20 mm köpük kalınlığı içerisinde 10 mm çapında çelik bilye içermektedir. Numune boyutları 100x100 mm boyutlarında ve plaka kalınlıkları 4 mm olarak üretilmiştir. Fiber-metal plakalar sırası ilse 0.5mm karbon fiber-1mm Al 6061-1mm karbon fiber-1 mm Al 6061-0.5mm karbon fiber içermektedir (Şekil 1 ve 2).

## 2.1. Kompozit Plakaların Sayısal Modeli

Bu çalışmada 3 boyutlu lineer olmayan sonlu elemanlar metodu kullanılmış ve her bir malzemenin malzeme modeline karar verilerek gerekli çalışmalar yapılmıştır. Kompozit malzemelerin elastik özelliklerinin tespitinde lamina teorisi kullanılmıştır. Bu çalışmada Abaqus/Explicit sonlu elemanlar yazılımında yer alan ve tabakalı kompozit malzemelerin modellenmesinde çok kullanışlı bir eleman tipi olan continuum shell elemanlar kullanılmıştır. Hesaplama formülasyonu, kabuk eleman teorisine göre çalışan ancak modelle yönteminde katı elemanlar kullanılan ve bu sayede fiziksel katmanları modelleme imkanı veren bir eleman tipidir. Fiber takviyeli kompozit malzemeleri sayısal olarak modellemek için mikro ve makro mekanik analizlerinin yapılması gerekmektedir.

### 2.1.1. Mikro Mekanik Analiz

Tabakalı kompozitlerin bir tabakanın mikro mekanik analizinde, kompozit yapıyı oluşturan fiber ve matris malzemeleri, malzemenin temel iki yapısını oluşturur. İzotropik malzemelerin aksine bir kompozit malzemedeki davranışı tahmin etmek için matris ve fiber malzemesinin davranışının tahmin edilmesi gerekmektedir. Eğer bir tabakalı ve fiber takviyeli kompozitin mikro mekanik analizi yapılmak isteniyorsa şu varsayımlar yapılmalıdır;

- Matris malzemesi elastik bir davranışa sahiptir ve izotropiktir.
- Fiber malzemesi elastik bir davranışa sahiptir, homojendir ve matrisle benzer şekilde izotropiktir,
- Fiberler kompozit malzeme içerisinde düzenli bir dağılıma sahipken benzer şekilde kusursuz da bir yönlenebilirliğe sahiptir.
- Tabakalı ve fiber takviyeli kompozit malzeme genel olarak ortotropiktir ve elastik bir malzeme davranışı göstermektedir.
- Kompozit malzemenin fiber ve matris yapılarında iç gerilmeler bulunmamakta ve bu malzeler arasında kusursuz ara yüzey bağları bulunmaktadır.

Kompozit malzemedeki mikro mekanik analiz yapılarak elastiklik modülü, poisson oranı ve kayma modülü gibi mekanik özellikler şu şekilde hesaplanır:

#### a) Tek yönlü bir katmanın fiber yönündeki elastiklik modülünün ( $E_1$ ) hesaplanması

$$E_1 = E_f V_f + E_m V_m \quad (1)$$

#### b) Poisson oranının ( $\nu_{12}$ ) hesaplanması

$$\nu_{12} = V_f \nu_f + V_m \nu_m \quad (2)$$

#### c) Fiber eksenine dik yöndeki elastiklik modülünün ( $E_2$ ) hesaplanması

$$\frac{1}{E_2} = \frac{1}{E_f} V_f + \frac{1}{E_m} V_m \quad (3)$$

#### d) Kayma modülünün ( $G_{12}$ ) hesaplanması

$$\frac{1}{G_{12}} = \frac{1}{G_f} V_f + \frac{1}{G_m} V_m \quad (4)$$

### 2.1.2. Makro Mekanik Analiz

Fiber takviyeli tabakalı kompozitlerin makro mekanik analizi adını da aldığı tabakaların katman katman yapısal davranışları ile ilgilidir. Yapısal davranışlar ise mikro mekanik analizde anlatılan ortotropik davranışın gerilme-şekil değiştirme analizleri ile açıklanabilmektedir. Tabakaların gerilme-şekil değiştirme analizleri bu bölüme açıklanmaktadır. Yapılan bu analizler kompozitlerin katman katman rijitlik analizleri ile açıklanabilir. Bu analiz esnasında yapılan analizlerde şu esaslar dikkate alınmalıdır;

- Küçük deformasyonlar teorisi dikkate alınır.
- Lineer elastisite teorisi dikkate alınır.
- Düzlem gerilme hali mevcuttur.
- Makroskobik ölçekte katman homojen kabul edilir.

### 2.1.3. Kompozit Tabakaları için Gerilme-Şekil Değiştirme Bağlılıkları

Yapısal malzemelerin mekanik özelliklerini anlamak için gerilme ve şekil değiştirme dağılımlarını ölçmek önemlidir. Gerilme-şekil değiştirme diyagramı, yük altındaki malzemeleri anlamaya yardımcı olur. Bu diyagramları elde etmek için iki yöntem vardır: temaslı ve temassız; eski durumda mekanik, üniversal makineye bir malzemenin yerleştirildiği, üzerine sürekli bir yük uygulandığı ve ortaya çıkan deformasyonun ölçüldüğü basma testi gibi fiziksel testler yapmaktan üstündür. Optik yöntemler, 1930'da geliştirilen, delik delmenin en çok kullanılan tekniklerden biri olduğu artık gerilme, alan içi yer değiştirmeler ve şekil değiştirmeyi belirlemek için bir yol olarak da kullanılmaktadır. Günümüzde bu teknikler ASTM tarafından standardize edilmiştir.

Bir kompozit malzemede fiber doğrultularında yüksek dayanım mevcuttur. Fiberin tek yönlü veya iki yönlü olması durumuna göre eksenel simetrisi malzeme içerisinde mevcut olabilmektedir. Oluşan bu ilişkiler ile gerilme şekil değiştirme ilişkileri indis notasyonunda şu şekilde yazılabilir;

$$\sigma_{ij} = C_{ijkl} \varepsilon_{kl} \quad (5)$$

burada  $\sigma_{ij}$  gerilme tensörü,  $\varepsilon_{kl}$  şekil değiştirme tensörü ve  $C_{ijkl}$  rijitlik tensörüdür. Elastiklik matrisi mühendislik sabitleri cinsinden yazılacak olursa;

$$[S_{ij}] = \begin{bmatrix} \frac{1}{E_1} & -\frac{\nu_{21}}{E_2} & -\frac{\nu_{31}}{E_3} & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{\nu_{12}}{E_1} & \frac{1}{E_2} & -\frac{\nu_{32}}{E_3} & 0 & 0 & 0 \\ -\frac{\nu_{13}}{E_1} & -\frac{\nu_{23}}{E_2} & \frac{1}{E_3} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \frac{1}{G_{23}} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{G_{31}} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & \frac{1}{G_{12}} \end{bmatrix} \quad (6)$$

Ortotropik bir malzeme için rijitlik matrisi elemanları ise mühendislik sabitleri cinsinden;

$$C_{1111} = \frac{1 - \nu_{23}\nu_{32}}{E_2 E_3 \Delta} \quad (7)$$

$$C_{1122} = \frac{\nu_{12} + \nu_{32}\nu_{13}}{E_2 E_3 \Delta} \quad (8)$$

$$C_{1133} = \frac{\nu_{13} + \nu_{12}\nu_{23}}{E_2 E_3 \Delta} \quad (9)$$

$$C_{2222} = \frac{1 - \nu_{13}\nu_{31}}{E_1 E_3 \Delta} \quad (10)$$

$$C_{2233} = \frac{\nu_{23} + \nu_{21}\nu_{13}}{E_1 E_3 \Delta} \quad (11)$$

$$C_{3333} = \frac{1 - \nu_{12}\nu_{21}}{E_1 E_2 \Delta} \quad (12)$$

$$C_{1212} = G_{12} \quad (13)$$

$$C_{1313} = G_{13} \quad (14)$$

$$C_{2323} = G_{23} \quad (15)$$

Burada;

$$\Delta = \frac{1 - \nu_{12}\nu_{21} - \nu_{23}\nu_{32} - \nu_{31}\nu_{13} - 2\nu_{21}\nu_{32}\nu_{13}}{E_1 E_2 E_3} \quad (16)$$

### 2.1.4. Hasar Kriterleri

Bir kompozit plakanın mekanik bir etki altında nasıl bir deformasyona maruz kaldığı ve bu deformasyon sonucu plakada oluşabilecek hasarların biçiminin tespiti önem arz etmektedir. Eğer yükleme sonrası plaka üzerinde oluşabilecek hasarlar biliniyorsa kompozit malzeme içeren sistemin tamamen hasara uğramadan önce gerekli önlemler alınabilir. Kompozit malzemelerin hasar modellerinin geliştirilmesi uzun yıllar süren geçmişe sahiptir ve literatürde kullanılabilir birçok teori mevcuttur. Hasar tipleri daha çok tek bir tabakanın gerilme bileşenleri üzerine kurulmuş modellerdir. Bu çalışmada iki boyutlu hasar kriterleri kullanılmıştır [21] ve Tablo 1’de kullanılan kompozit malzemenin mekanik özellikleri verilmiştir.

Fiber çekme hasarı ( $\widehat{\sigma}_{11} \geq 0$ )

$$F_f^t = \left(\frac{\widehat{\sigma}_{11}}{X^T}\right)^2 + \alpha \left(\frac{\widehat{\tau}_{12}}{S^L}\right)^2 \quad (17)$$

Fiber basma hasarı ( $\widehat{\sigma}_{11} < 0$ )

$$F_f^c = \left(\frac{\widehat{\sigma}_{11}}{X^C}\right)^2 \quad (18)$$

Matris Çekme ( $\widehat{\sigma}_{22} \geq 0$ )

$$F_m^t = \left(\frac{\widehat{\sigma}_{22}}{Y^T}\right)^2 + \alpha \left(\frac{\widehat{\tau}_{12}}{S^L}\right)^2 \quad (19)$$

Matris Basma ( $\widehat{\sigma}_{22} < 0$ )

$$F_m^c = \left(\frac{\widehat{\sigma}_{22}}{2S^T}\right)^2 + \left[\left(\frac{Y^C}{2S^T}\right)^2 - 1\right] \frac{\widehat{\sigma}_{22}}{Y^C} + \left(\frac{\widehat{\tau}_{12}}{S^L}\right)^2 \quad (20)$$

$\widehat{\sigma}_{11}, \widehat{\sigma}_{22}, \widehat{\tau}_{12}$  efektif stres tensörünün bileşenleridir,  $\widehat{\sigma}$ , başlatma kriterlerini değerlendirmek için kullanılan ve aşağıdakilerden hesaplanan [21]:

$$\widehat{\sigma} = M\sigma \quad (21)$$

$\sigma$  gerçek stres ve hasar operatörü olduğunda:

$$M = \begin{bmatrix} \frac{1}{(1-d_f)} & 0 & 0 \\ 0 & \frac{1}{(1-d_m)} & 0 \\ 0 & 0 & \frac{1}{(1-d_s)} \end{bmatrix} \quad (22)$$

$d_f, d_m,$  and  $d_s$  hasar değişkenlerinden türetilen fiber, matris ve kesme hasarını karakterize eden dahili (hasar) değişkenlerdir.  $d_f^t, d_f^c,$  and  $d_m^c$  daha önce tartışılan dört moda karşılık gelen, aşağıdaki gibi [21]:

$$d_f = \begin{cases} d_f^t & \text{if } \widehat{\sigma}_{11} \geq 0 \\ d_f^c & \text{if } \widehat{\sigma}_{11} < 0 \end{cases} \quad (23)$$

$$d_m = \begin{cases} d_m^t & \text{if } \widehat{\sigma}_{22} \geq 0 \\ d_m^c & \text{if } \widehat{\sigma}_{22} < 0 \end{cases} \quad (24)$$

$$d_s = 1 - (1-d_f^t)(1-d_f^c)(1-d_m^t)(1-d_m^c) \quad (25)$$

**Tablo 1. Kompozit malzemelerin (Karbon fiber/epoksi) mekanik özellikleri [20]**

Özellik	Karbon fiber/epoksi
Boyuna elastisite modülü, $E_{11}$	150.9 (GPa)
Enine elastisite modülü, $E_{22} = E_{33}$	11.2 (GPa)
Düzlem içi kayma modülü, $G_{12} = G_{13}$	5.3 (GPa)
Düzlem dışı kayma modülü, $G_{23}$	1.4 (GPa)
Hacim oranı, $V_f$	0.54
Poison oranı, $\mu_{12} = \mu_{13}$	0.29
Poison oranı, $\mu_{23}$	0.33
Yoğunluk	1710 (kg/m <sup>3</sup> )
Boyuna çekme mukavemeti, $X_T$	1858.3 (MPa)
Enine çekme mukavemeti, $Y_T = Z_T$	25.4 (MPa)
Boyuna basma mukavemeti, $X_C$	576.8 (MPa)
Enine basma mukavemeti, $Y_C = Z_C$	107.3 (MPa)
Düzlem içi kayma mukavemeti $S_{12} = S_{13}$	79.5 (MPa)
Interlaminar kayma mukavemeti, $S_{23}$	22.9 (MPa)

## 2.2. Metal Plakaların Sayısal Modeli

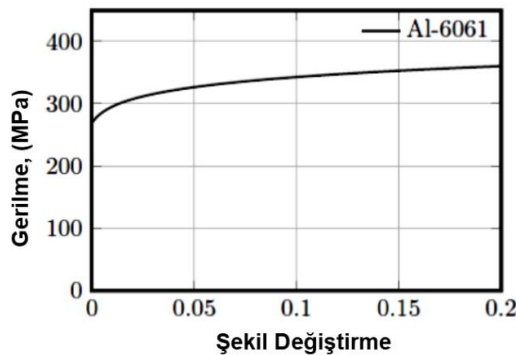
Bu çalışmada kullanılan metal malzemelerin hasar modeli bu bölümde açıklanmıştır. Metal plaka plastik davranışı, penetrasyon ve perforasyon davranışı için Johnson-Cook malzeme modeli kullanılmıştır. Johnson-Cook dinamik hasar modeli, metallerin ABAQUS/Explicit'de sünek hasar kriterini tanımlaması için uygundur. Bu modelin açıklamalarıyla birlikte parametreler, Tablo 2'de verilmiştir. Denklem 1, Johnson-Cook malzeme modeli için akış gerilimini ampirik olarak tanımlar [21].

$$\sigma = [A + B(\varepsilon_p)^n] \left[ 1 + C \ln \left( \frac{\dot{\varepsilon}_p}{\dot{\varepsilon}_0} \right) \right] \left[ 1 - \left( \frac{T - T_a}{T_f - T_a} \right)^m \right] \quad (26)$$

Johnson-Cook dinamik hasar modeli, eleman düğüm noktalarındaki eşdeğer plastik şekil değiştirme değerine dayanmaktadır; hasar parametresi 1'i aştığında arızanın meydana geldiği varsayılır. Hasar parametresi şu şekilde tanımlanır;

$$w = \sum \left( \frac{\Delta \varepsilon_p}{\Delta \varepsilon_{p,f}} \right) \quad (27)$$

burada  $\Delta \varepsilon_p$ , eşdeğer plastik gerinim artışı,  $\Delta \varepsilon_{p,f}$  hasar anındaki şekil değiştirme, ve toplama, analizdeki tüm artışlar üzerinden gerçekleştirilir. Hasar anındaki şekil değiştirmenin,  $\Delta \varepsilon_{p,f}$ , boyutsuz bir plastik şekil değiştirme hızına bağlı olduğu varsayılır.



Şekil 3. AA 6061 – T6 gerilme şekil değiştirme diyagramı.

$$\varepsilon_{p,f} = \left[ d_1 + d_2 \exp \left( d_3 \frac{p}{q} \right) \right] \left[ 1 + d_4 \ln \left( \frac{\dot{\varepsilon}_p}{\dot{\varepsilon}_0} \right) \right] \left( 1 + d_5 \left( \frac{T - T_a}{T_f - T_a} \right) \right) \quad (28)$$

burada d1- d5 hasar parametreleridir. Bu hasar kriterinin karşılanması durumunda, deviatorik gerilme bileşenleri sıfıra ayarlanır ve analizin geri kalanı için sıfır kalır. Şekil 3'de AA 6061 – T6 gerilme şekil değiştirme diyagramı verilmiştir.

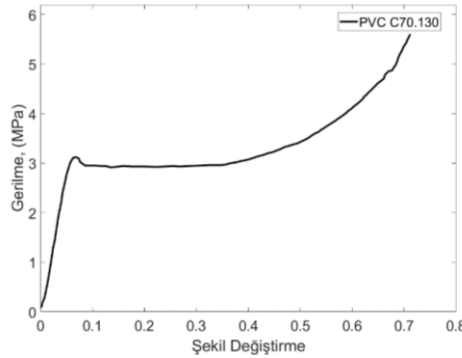
Tablo 2. Alüminyum 6061 T6 malzemesi için Johnson Cook malzeme modeli parametreleri [21]

Alüminyum 6061 T6	Johnson-Cook Model
$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> ), Yoğunluk	2700
E (GPa), Elastiklik modül	70
$\nu$ , Poisson oranı	0.33
$C_p$ (J/kgK), Özgül ısı kapasite	910
$\alpha$ (K <sup>-1</sup> ), Termal rezistans	$2.30 \times 10^{-5}$
$\dot{\epsilon}$ (s <sup>-1</sup> ), Referans şekil değiştirme hızı	597.2
A (MPa), Elastik limit	270
B (MPa), Plastik davranış için sabit	154.3
C, Şekil değiştirme hızı hassasiyeti	0.1301
n, Plastik davranış için sabit	0.2215
m, Sıcaklık bağımlılığı içeren sabit	1.34
Tf (K), Malzeme erime sıcaklığı	925
d1, Model parametresi	-0.77
d2, Model parametresi	1.45
d3, Model parametresi	0.47
d4, Şekil değiştirme hızına bağlı hasar parametresi	0.0
d5, Sıcaklığa bağlı hasar parametresi	1.6

### 2.3. PVC Köpük Malzemesinin Modellenmesi

Katı bir polimerik köpük, kapalı veya açık hücrelerden oluşabilir. Kapalı hücreli köpükler, sürekli bir makromoleküler faz içinde bitişik hava kabarcıklarının tutulduğu hücrel bir yapıya sahiptir. Örneğin köpük polistiren, tamamen kapalı köpük hücrelerden oluşur. Öte yandan, açık hücreli köpükler, katı makromoleküler faz boyunca "havanın istendiği gibi akması için sürekli kanalların mevcut olduğu bir hücrel ağa sahiptir. Poliüretan koltuk minderleri, açık hücreli köpüğün çok iyi bir örneğidir. Kapalı hücreli köpükler genellikle serttir, açık hücreli köpükler ise genellikle esnekler. Polimerik köpüklerin çoğu, ekstrüzyon, sıkıştırılmalı kalıplama, enjeksiyonlu kalıplama, reaksiyon enjeksiyonlu kalıplama, katı hal yöntemi bilinen birkaç köpükleme tekniğinden biri ile üretilir.

Günümüzde sandviç malzemelerin çekirdek yapısını oluşturan malzemeler oldukça popüler hale gelmiştir. Sandviç malzemelerin dayanımı arttırırken hafiflikte sağlamak ileri mühendislik malzemeler ile mümkündür. Bu çekirdek malzemeler arasında ise geniş bir kullanım alanına sahip olan en önemli malzemelerden biri ise polimerik köpük malzemeleridir. Polimerik köpük malzemelerinin geniş bir kullanım alanına sahip olmasına neden olan en önemli özellikleri; elastikiyet, hafiflik, rijitlik, yüksek gözeneklilik, yüksek çarpışma ve iyi enerji sönmleme yeteneğidir. Polimerik köpük malzemelerinin mekanik özellikleri köpük yapısına, köpük yoğunluğu ve geometrik özelliklerine göre değişim göstermektedir. Sandviç yapılarda kullanılan polimerik köpük malzemeleri ile ilgili elastik ve plastik davranışı modellemek üzere farklı sonlu elemanlar malzeme modelleri mevcuttur. PVC C70.130 köpük malzemesinin tek eksenli basma testi sonucu gerilme şekil değiştirme eğrisi Şekil 4'de verilmiştir. Bu çalışmada kapalı hücreli PVC köpük malzemesi ABAQUS'ta modellemek için, 'Crushable Foam' modeli kullanılmıştır. Bir kapalı hücreli köpük malzemesinin akma yüzeyi şu şekilde tariflenmiştir [21].

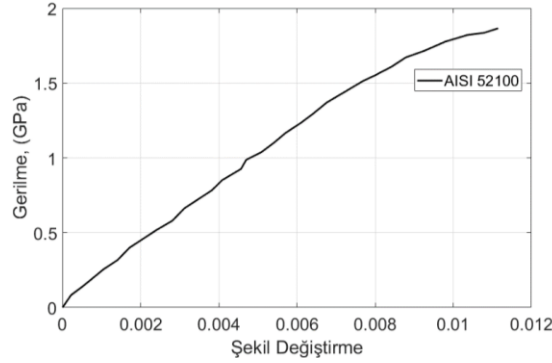


Şekil 4. PVC C70.130 köpük malzemesinin gerilme şekil değiştirme diyagramı

### 2.4. Çelik Bilyelerin ve Parçacık Benzetimli Merminin Sayısal Modeli

Savunma sanayisi sahip olduğu güç nedeniyle büyük önem taşıdığından teknolojik gelişmelere paralel olarak sürekli iyileştirme, yenilik ve modernizasyon gerektirmektedir. Zırh teknolojilerine yönelik artan ve yeni tehdit seviyeleri, zırh sistemlerinin daha çözüm odaklı ve yenilikçi olmasını zorunlu kılmaktadır. Bu nedenle, savunma teknolojilerindeki sivil ve

askeri aktörler, düşük ağırlığın yanı sıra yüksek performans ve hareket kabiliyeti elde etmek için yeni zırh sistemleri geliştirmek için durmaksızın çalışıyorlar. Yüksek performanslı balistik koruma sistemleri genellikle farklı malzeme katmanlarından oluşur ve her katman mermi enerjisinin zayıflamasında belirli bir rol sağlar. Tipik olarak, mermi çarpma yüzüne seramik veya yüksek sert çelik gibi sert bir malzeme yerleştirilir ve arka plaka olarak daha yumuşak bir polimer matris kompoziti kullanılır. Vuruş yüzünün rolü, mermiyi erozyon, kırılma ve yuvarlanma yoluyla yavaşlatmak ve düşürmektir, daha yumuşak arka plaka ise merminin ve parçalarının artık kinetik enerjisini emerek onu hareketsiz hale getirmektedir.

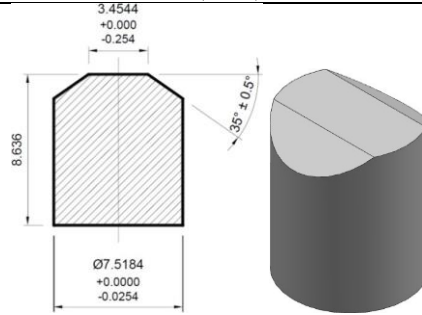


Şekil 5. AISI 52100 çelik malzemesinin gerilme şekil değiştirme eğrisi

Çelik bilyeler AISI 52100 çeliğinden imal edilmiş olup mekanik özellikleri tedarik edici firmadan temin edilmiştir. Katı elemanlar ile modellenen yapının davranışı elasto-plastik modellenmiş olup gerilme-şekil değiştirme tarif edilmiştir (Şekil 5). Hasar şekil değiştirmesi tariflenmiştir. 0.3 kalibre parçacık benzetimli mermi (FSP) 4340 çeliğinden imal edilmiş olup teknik resmi ve katı modeli Şekil 6'da verilmiştir. Mekanik özellikleri ise Tablo 3'de verilmiştir.

Tablo 3. Parçacık benzetimli mermi mekanik özellikleri

Özellik	Değer
Yoğunluk, kg/m <sup>3</sup>	7850
Elastiklik Modülü, GPa	200
Poisson Oranı	0.29
Akma Gerilmesi, (MPa)	745

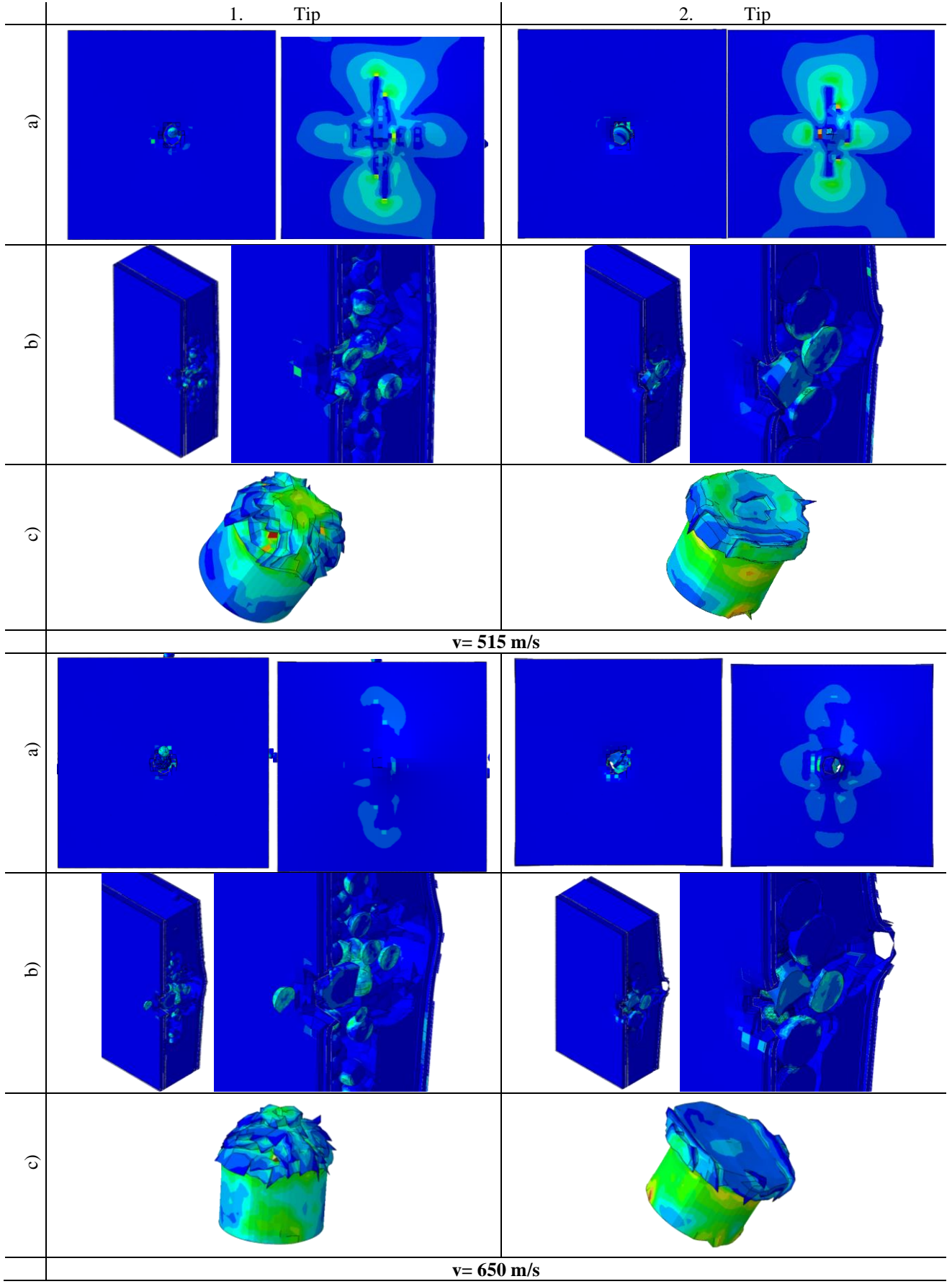


Şekil 6. Parçacık benzetimli mermi teknik resmi ve katı modeli

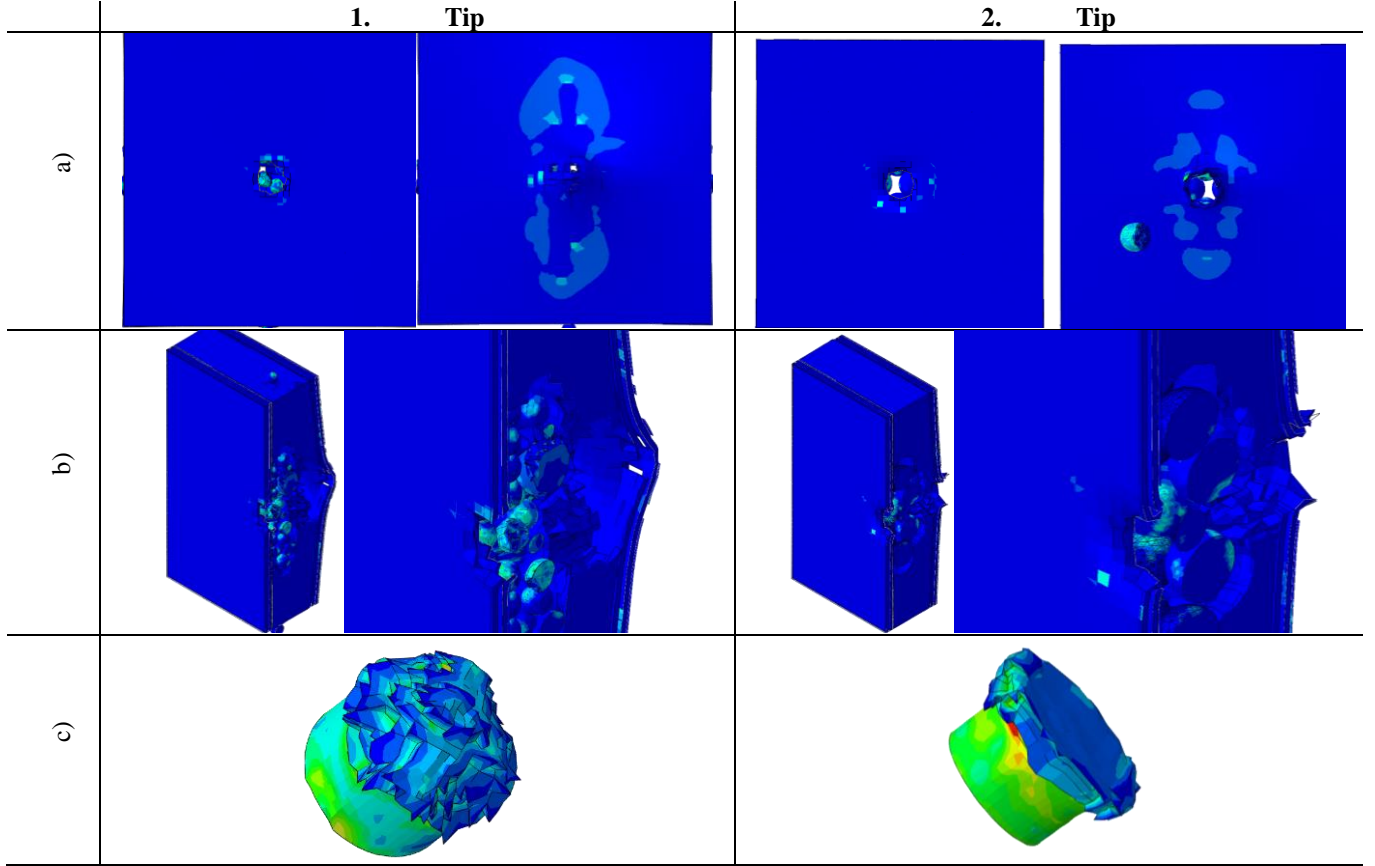
### 3. Sayısal Sonuçlar

Yüzey plakaları karbon fiber/epoksi kompozit-alüminyum metal plaka olan serbest küresel çelik parçacık takviyeli köpük çekirdekli sandviç yapıların balistik davranışları bu araştırma kapsamında sayısal olarak araştırılmıştır. Balistik davranış araştırmasında 0.3 kalibre parçacık simule mermi (FSP) kullanılmıştır. Analizde kullanılan tüm malzemelerin sonlu elemanlar malzeme modelleri yukarıdaki bölümlerde açıklanmıştır. Oluşturulan 2 farklı tipteki yapının 515, 650 ve 770 m/s hızları altında analizleri gerçekleştirilmiştir. Yapıların tasarım parametrelerinin başında yüksek hızda gelen merminin yön değiştirerek tahrip gücünün azaltılması amaçlanmaktadır.

Şekil 7, 515 m/s mermi hızı için 1. ve 2. Tip numunenin, mermi yönünden, arkadan, kesit, yakın kesit, ve merminin gerilme dağılımları ve deformasyon görüntülerini göstermektedir. 1. Tip numunede yüksek yoğunluklu köpük malzeme içerisinde 5 mm çapında çelik bilyeler mevcuttur. 2. Tip numunede ise 10 mm çelik bilyeler mevcuttur. Yüzey plakalarının metal ve çelik olması perforasyon davranışının önlenmesinde önemli bir role sahiptir. Merminin ilk temas ettiği bilyenin konumu balistik davranışın belirlenmesi açısından yüksek öneme sahip olan diğer husustur.



Şekil 7. 515 ve 650 m/s mermi hızı için 1. ve 2. Tip numunenin, a) mermi yönünden ve arkadan, b)kesit, c)mermi gerilme dağılımları ve deformasyon görüntüleri



Şekil 8. 770 m/s mermi hızı için 1. ve 2. Tip numunenin, a) mermi yönünden ve arkadan, b)kesit, c)mermi gerilme dağılımları ve deformasyon görüntüleri

515 m/s mermi hızı altında yüksek çapa sahip olan numunenin arka yüzeyinde kısmi penetrasyon ortaya çıkmıştır. Mermi geometrisi incelendiğinde ise daha küçük çaplı parçacıklı numunede mermi her yönden etkiye maruz kalmış ve deforme olmuştur. Daha yüksek çaplı numunede ise mermi tek yönlü deformasyona maruz kalmış ve çelik bilyeleri hareket ettirerek numune dış yüzeylerine hasar vermesini sağlamıştır. Detaylı kesit görüntülerinde hasar mekanizmaları görülmektedir. Renklendirme spektrumu gerilme dağılımını göstermektedir. Her iki numunenin arka yüzeyinde hasar meydana gelse de 10 mm çaplı parçacıklı numunenin arka yüzeyinde daha yüksek hasar meydana gelmiştir.

Şekil 7’de 650 m/s hızında 0.3 kalibre simüle mermi ile 1. ve 2. Tip numunelerin balistik analizlerinin gerilme dağılımlarını ve deformasyon görüntüleri göstermektedir. Hız artışı ile 2. Tip numunede (10 mm çaplı parçacıklı numune) tam perforasyon meydana gelmiştir ve numune delinmiştir. Daha küçük çaplı numunede ise parçacık amaçlanan etkiyi göstermiştir. Küresel parçacık hareketleri ile mermi hızı azaltılmıştır. Köpük malzemesindeki hasarlar bu hız seviyesinde daha yüksektir. 2. Tip numunedeki delinmenin bir diğer nedeni yüksek çaplı bilyenin numune içerisindeki hareketi sayesinde. Yapıdan mermi çıkışı olmamıştır. Küçük çaplı bilyeler hareket ederek enerjileri sönmülmüş yapı dışına çıkış olmamıştır. 1. Ve 2. Tip numunelerin 770 m/s mermi hızı altındaki analizleri Şekil 8’de verilmiştir. Hız artışı etkisi bu yapılarda daha belirgin bir şekilde gözükmemektedir. 2. Tip numunede malzemenin arka yüzünde hasar artmıştır ve mermi deformasyonu artmıştır. Ancak bu hız altında 1.tip numunede hala tam perforasyon meydana gelmemiştir. Fiber-metal yüzey plakasının etkisinin önemi bu hız altında daha belirgindir. Köpük malzemesinin deformasyonu üst seviyededir, parçacıkların yüksek hızlı hareketi ile köpük malzemesi deforme olmuştur. 1. Tip numunenin arka yüzeyinde hız artışı ile penetrasyon artmıştır, hasar oluşumu daha belirgindir. Yapılan tasarım ile dayanımı düşük olan malzemelerinin bir araya gelmesi ve kısmi parçacık kullanımı ile balistik davranışının üst seviyede geliştiği açıktır.

#### 4. Tartışma ve Yorum

Sayısal yöntemde analizler ABAQUS/Explicit 3 boyutlu sonlu elemanlar yazılımında gerçekleştirilmiştir. Metal plakalar, küresel parçacıklar ve köpük malzemesi non-linear olarak modellenerek gerilme ve şekil değiştirme diyagramları kullanılmıştır. Kompozit plakalar kabuk eleman teorisine göre modellenmiş olup Hashin hasar kriterleri kullanılmıştır. Köpük malzemesi olarak PVC AIREX C.130 köpük malzemesi seçilmiş olup, ‘crushable foam’ malzeme modeli ile modellenmiştir. Yapıştırıcı malzemesinin balistik açıdan etkisinin çok küçük olduğu ön çalışmalar neticesinde belirlenmiş olup, modellenmesi gerekli görülmemiştir. Balistik davranışlar 0.3 kalibre parçacık simüle mermi kullanılarak 515, 650 ve 770 m/s hızları altında araştırılmıştır. 2 farklı tip yapı tasarlanmıştır. Yüzey plakaları fiber-metal plaka ile sandviç yapı oluşturulmuştur. Oluşturulan



sandviç yapının köpük çekirdek içerisine gömülü farklı çaptaki (5 ve 10 mm) küresel parçacıklar ile balistik performansı sayısal olarak incelenmiştir. Analizler sonucunda 5 mm çapı küresel parçacıklara sahip yapının (1. Tip) daha iyi perforasyon davranışı gösterdiği görülmüştür. Büyük çaplı parçacıklar yapıdan çıkış göstermiştir. Mermi çıkışı olmamıştır ancak küresel parçacıklar mermi etkisi ile yapıyı perfore etmiştir. Küçük çaplı parçacıkların kendi içerisinde hareketleri ile mermi enerjisi ve parçacıkların enerjisi sönmüştür.

## Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK 2209-A programı kapsamında desteklenmiş olup, yazarlar çalışmanın gerçekleştirilmesindeki katkılarından dolayı Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK)'a teşekkür eder.

## Referanslar

- [1] H. N. Long, R. Shannon, J. C. Stephen, P. M. Adrian and C. O. Adrian, "The effect of target thickness on the ballistic performance of ultra high molecular weight polyethylene composite", *International Journal of Impact Engineering*, vol. 75, p. 174-183, 2015.
- [2] C. Sipei, L. Jun, Z. Pan, L. Chunpeng and C. Yuansheng, "Dynamic response of sandwich panels with multi-layered aluminum foam/ UHMWPE laminate cores under air blast loading", *International Journal of Impact Engineering*, vol. 138, p. 103475, 2020.
- [3] R. M. Jones, "Mechanics of composite materials". London: Taylor & Francis, 1999.
- [4] K. Krishnan, S. Sockalingam, S. Bansal and S. D. Rajanb, "Numerical simulation of ceramic composite armor subjected to ballistic impact", *Composites Part B: Engineering*, vol. 41, p. 583-593, 2010.
- [5] M. L. Wilkins, "Mechanics of penetration and perforation", *International Journal of Engineering Science*, vol. 16, p. 793-807, 1978.
- [6] I. Crouch, "12 - the future of armour materials", *The Science of Armour Materials*, Woodhead Publishing in Materials, Woodhead Publishing, p. 675-692, 2017.
- [7] T. Nieberle, S. R. Kumar, A. Patnaik and C. Goswami, "Review: Composite Materials for Armour Application", in: *Lecture Notes in Mechanical Engineering*, Springer Singapore, p. 239-248, 2021.
- [8] T. Singh, A. Patnaik, B. K. Satapathy and M. Kumar, "Performance analysis of organic friction composite materials based on carbon nanotubes-organic-inorganic fibrous reinforcement using hybrid AHP-FTOPSIS approach", *Composites: Mech., Comput. Appl. Int. J. Vol. 3*, p. 189-214, 2012.
- [9] H. Wang, K. R. Ramakrishnan and K. Shankar, "Experimental study of the medium velocity impact response of sandwich panels with different cores". *Mater Design*, vol. 99, p. 68-82, 2016.
- [10] J. Zhou, M. Z. Hassan and Z. Guan, "The low velocity impact response of foam-based sandwich panels", *Compos Sci Technol*, vol. 72, p. 1781-1790, 2012.
- [11] Y. Chen, S. Hou and K. Fu, "Low-velocity impact response of composite sandwich structures: modelling and experiment", *Compos Struct.* vol. 168, p. 322-334, 2017.
- [12] V. Crupi, E. Kara and G. Epasto, "Prediction model for the impact response of glass fibre reinforced aluminium foam sandwiches", *Int J Imp Eng*, vol. 77, p. 97-107, 2015.
- [13] U. Caliskan and M. K. Apalak, "The response of pin-clamped carbon fibre-reinforced plastics composite sandwich beams with polyvinylchloride foam core under bending impact", *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, vol. 39, p. 384-405, 2020.
- [14] L. Chengjun, Y. X. Zhang, Jing Li, "Impact responses of sandwich panels with fibre metal laminate skins and aluminium foam core", *Composite Structures*, vol. 182, p. 183-190, 2017.
- [15] A.Seyed Yaghoubi and B.Liaw, "Thickness influence on ballistic impact behaviors of GLARE 5 fiber-metal laminated beams: Experimental and numerical studies", *Composite Structures*, vol. 94, p. 2585-2598, 2012.
- [16] M.A.G.Silva, C. Cismaşiu, C. and G. Chiorean, "Numerical simulation of ballistic impact on composite laminates", *International Journal of Impact Engineering*, vol. 31, p. 289-306, 2005.
- [17] E. Kosedag ve R. Ekici, "Low-velocity and ballistic impact resistances of particle reinforced metal-matrix composites: An experimental study", *Journal of Composite Materials*, vol. 56(7), p. 991-1002, 2022.
- [18] E. Kosedag, M. Aydin, R. Ekici, "Effect of stacking sequence and metal volume fraction on the ballistic impact behaviors of ARALL fiber-metal laminates: An experimental stud", *Polymer Composites*, vol. 43(3), p. 1536-3545, 2022.
- [19] Abaqus/Explicit (version 6.14), User's manual, finite element software. available from <http://www.simulia.com>.
- [20] K. K. Namala, P. Mahajan and N. Bhatnagar, "Digital image correlation of low-velocity impact on a glass/epoxy composite", *International Journal for Computational Methods in Engineering Science and Mechanics*, vol. 15, p. 203-217, 2014.
- [21] A. Manes, F. Serpellini, M. Pagani, M. Saponara, and M. Giglio, "Perforation and penetration of aluminium target plates by armour piercing bullets". *International Journal of Impact Engineering*, vol. 69, p. 39-54, 2014

# The Role of Sustainable Forest Management in Achieving Land Degradation Neutrality Target

Özlem Yavuz<sup>a,1</sup>, Pınar Topçu<sup>b</sup>, Ahmet Tolunay<sup>c</sup>

<sup>a</sup> İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi, Ormancılık Politikası ve Yönetimi Anabilim Dalı, İstanbul, 34473 Türkiye  
ORCID ID: : 0000-0002-1963-8309

<sup>b</sup> Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Ankara, 06110 Türkiye  
ORCID ID: 0000-0002-4701-3007

<sup>c</sup> Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, Isparta, 32260 Türkiye  
ORCID ID: 0000-0001-9028-9343

## Abstract

The rapidly increasing human population and the needs rise the threats to the future of the world. In order to avoid this situation, all countries come together under the umbrella of the United Nations (UN) and seek common solutions to this issue. One of these solutions is Land Degradation Neutrality (LDN), which was founded under the aim of the “Life on Land” number 15 of the Sustainable Development Goals (SDGs) and was embodied in UNCCD COP 12 in 2015. So much so that the LDN, by looking at the environmental problems experienced in a high dimension, adopted firstly the prevention of land degradation, then its reduction and the recovery of lost lands. At this point, Sustainable Forest Management (SFM) is of great importance. This study has been prepared to indicate the importance of the SFM to reaching the LDN target.

**Keywords:** “Land, degradation, sustainability, forestry, policy.”

## 1. Giriş

Hızlı nüfus artışı ve buna bağlı olarak artan gıda talebi ile diğer ihtiyaçlar karşısında, sınırlı miktardaki arazi kaynakları üzerinde önemli derecede baskı yaşanmaktadır. Zira, dünyadaki toplam kara alanının neredeyse dörtte birinin tahrip edilmiş olması [1] sadece günümüzün değil, gelecek nesillerin de ileride nasıl bir doğal kaynak problemiyle karşı karşıya kalacağı konusunda daha kapsamlı düşünmeyi ve aksiyon almayı gerektirmektedir.

Orman varlığının hızlı bir şekilde azalması, çölleşmenin ve atmosferdeki karbon gazı oranının giderek artmasıyla küresel ısınma tehdidi ve diğer çevresel bozulmalar endişe verici boyutlara ulaşmıştır. Bu durum, ormanların dünya gündemindeki haklı yerini almasına ve orman varlığının korunmasına yönelik uluslararası alanda çalışmaların yoğun bir şekilde yürütülmesine sebebiyet vermiştir. Öyle ki, Birleşmiş Milletler (BM) 2030 gündemi ve sürdürülebilir kalkınma amaçları (toprak, iklim değişikliği, yoksulluk) ormancılık sektöründe sürdürülebilirliğin sağlanması için önemli bir araç olarak görülmekte ve Sürdürülebilir Orman Yönetimi (SOY) kavramı ortaya çıkmaktadır [2].

Diğer taraftan, küresel ölçekte kullanılabilir arazinin % 24’ü bozulmuş durumda olup, 2025 yılına kadar 1.8 milyar insanın mutlak su kıtlığı yaşanan bölgelerde yaşayacağı öngörülmektedir. Bu perspektifte Arazi Tahribatının Dengelenmesi (ATD), arazi kullanımını dengede tutmak için uzun vadeli bir taahhüt olarak değerlendirilmektedir.

<sup>1</sup> Corresponding Author

E-mail Address: ozlemyavuz2021@gmail.com

## 2. Temel Kavramlar

### 2.1. Arazi Tahribatının Dengelenmesi (ATD)

Newyork'ta 25 Eylül 2015 tarihinde düzenlenen Sürdürülebilir Kalkınma Zirvesi'nde Birleşmiş Milletler (BM)'e üye devletler, 2030 yılına kadar gerçekleştirmek amacıyla 17 adet Sürdürülebilir Kalkınma Amacında (SKA) mutabık kalmışlardır. SKA'lar arasında 15 numaralı amaç doğrudan karasal ekosistemle ilgilidir. Çölleşme ve arazi tahribatıyla mücadele, orman varlığının sürdürülebilir yönetimi, biyolojik çeşitliliğin korunması gibi çalışmalar bu amaç altında yer almaktadır. Bunlardan 15.3 alt hedefi; *“2030 yılına kadar, çölleşme ile mücadele edilmesi, çölleşme, kuraklık ve sellerden etkilenen araziler dâhil bozulmuş arazi ve toprakların rehabilite edilmesi, dünyanın arazi tahribatının dengelenmesinde (ATD) çaba göstermesi,”* olarak kabul edilmiştir. SKA doğrultusunda ATD kavramı, yenilenen “UNCCD 2018-2030 Strateji Çerçevesi” kapsamında ele alınmış ve stratejik amaçlar bu doğrultuda güncellenmiştir [3]. Türkiye, Ekim 2015'te COP 12'de alınan karar gereği “ATD Hedef Belirleme Programı”na katılarak 2030 yılına kadar orman, mera ve tarım alanlarında ATD ulusal hedeflerini belirlemiş, ilgili kurum ve kuruluşların katkılarıyla “Türkiye Arazi Tahribatının Dengelenmesi Ulusal Raporu (2016-2030)” hazırlanmıştır.

ATD, bozulmamış arazilerin tahribata uğramasıyla ortaya çıkan ve sürekli olarak arazi kaybının durdurulmasını amaçlayan bir girişimdir. Diğer yaklaşımlardan farklı yanı ise bir taraftan arazinin kaybindan kaçınmaya veya kaybin azaltılmasına odaklanırken, öte yandan tahrip edilen arazinin iyileştirilerek bir arazi tahribatı dengeleme başarısı sağlanmaya çalışılmasıdır. Buradaki gaye, verimli ve sağlıklı arazilerde net kayıp yaşanmasına mani olacak bir durumu başarabilmek için kayıplarla kazançların dengelenmesi esasıdır [4].

ATD yaklaşımı genel olarak; *“ekosistem hizmetlerini gerçekleştirmek ve gıda güvenliğini sağlamak için gerekli olan arazi kaynaklarının miktarının ve kalitesinin belli bir zamansal ve mekânsal ölçek içerisinde değişmeden kalması ya da artması”* olarak tanımlanmaktadır. Bu açıdan ATD arazi tahribatıyla mücadelede yeni bir yaklaşım olarak gündeme girmiştir. Bu hususa ek olarak, “Karasal Yaşam”a ilişkin hedeflere ulaşmak, sadece arazi tahribatının önlenmesini değil, yoksullukla mücadele edilmesini, gıda güvencesinin sağlanmasını, iklim değişikliğine uyumun sağlanmasını, biyolojik çeşitliliğin ve su kaynaklarının korunmasını da sağlayacaktır. ATD'nin izleme göstergeleri; “arazi kapalılığı ve bitki örtüsünün değişimi”, “arazi verimliliği” ile “toprak üstü ve toprak altı karbon stoku”dur [5]. ATD göstergeleri baz alınarak hazırlanan ATD hedefleri belirlenerek hem yapılan çalışmalar hem de arazi tahribatı eğilimleri de izlenmiş olacaktır.

Arazi tahribatı küresel, bölgesel ve bölgesel ölçekte yaşanan olgular olup, insanların yanı sıra doğal kaynakları ve içerisinde bulundurduğu canlıları da olumsuz yönde etkilemektedir. Bu kapsamda, ATD'nin mevcut durumu ve eğilimleri konusunda bilgi sahibi olmak, yaşanan olumsuz gelişmeleri tersine çevirebilmek ve yapılan çalışmalardan elde edilen olumlu neticeleri iyi uygulamalar olarak yaygınlaştırmak son derece önemlidir. Bu da ancak iyi bir ATD izleme sistemi ile mümkündür. Bu sistem, arazi tahribatını tespit etme, çölleşme ve arazi tahribatı ile mücadele ve ATD hedeflerine yönelik kaydedilen ilerleme ile arazi tahribatı eğilimlerini izleme kapasitesine sahip olmalıdır [6].

Diğer taraftan, ATD müdahale hiyerarşisine göre orman alanları göz önüne alındığında, doğal ve bozulmamış ormanların bozulmasının önlenmesi de önceliktir. Halihazırda mevcut ormanlarda gençleştirme veya zenginleştirme ekimi çalışmaları, biyoçeşitliliği korumak ve karbon depolamak için stratejik öneme sahiptir. Ayrıca, Sürdürülebilir Orman Yönetimi (SOY) ve orman ve peyzaj restorasyonu (Forest Landscape Restoration-FLR) da ATD'nin bir parçasıdır [7].

### 2.2. Sürdürülebilir Orman Yönetimi (SOY)

Sürdürülebilir Orman Yönetimi (SOY), 1993 yılında gerçekleştirilen Helsinki Zirvesi ile ortaya çıkmıştır. Avrupa Ormanlarının Korunması 2'nci Orman Bakanları Konferansı (The 2 nd Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe-Forest Europe) ile SOY kavramı tanımlanmıştır. Bu çerçevede SOY; *ormanların ve orman alanlarının yerel, ulusal ve küresel düzeylerde, biyolojik çeşitliliğini, produktivitesini, kendini yenileme kabiliyetini ve yaşama enerjisini, ekolojik, ekonomik ve sosyal fonksiyonlarını yerine getirebilme potansiyelini şimdi ve gelecekte koruyacak ve diğer ekosistemlere zarar vermeyecek bir şekilde düzenleme ve yararlanma biçimidir* [8]. Geniş kapsamda SOY, toplumun uzun vadede ormanların hangi yönlerinin, hangi bileşenlerinin hangi işlevlerinin muhafaza edileceğini ve hangilerinden yararlanılacağını tanımladığı bir kavram olmaktadır [9].

SOY, ormanların ve orman alanlarının yerel, ulusal ve küresel düzeylerde, biyolojik çeşitliliğini, verimliliğini, kendini yenileme kabiliyetini ve yaşama enerjisini, ekolojik, ekonomik ve sosyal fonksiyonlarını yerine getirebilme potansiyelini şimdi ve gelecekte her türlü tehdit ve tehlikelere karşı güvence altına almayı öngörmektedir [10]. Özünde bütün “tarım” ve “orman” sektörüne yönelik faaliyetlerdeki temel yaklaşım “sürdürülebilir yönetim anlayışı” olmalıdır. Bu perspektifte, uluslararası platformdaki güncel gelişmeler yakinen takip edilmeli ve elde edilen deneyim ve bilgiler karasal ekosistemleri içeren tüm ulusal ölçekteki politika belgelerine yansıtılmalıdır [11].

SOY kavramı, uluslararası süreçler sonunda kalkınmanın sürdürülebilirliğini sağlamak için ormanların en verimli ve sürekli nasıl kullanılacağını belirleyen ilkeler bütünüdür. Söz konusu yönetim anlayışı ile ormanların korunmasının yanı sıra ormanlardan sürekli ve çok yönlü yararlanma amaçlanmaktadır. Türkiye, bu uluslararası işbirliği sürecine başından beri katılım sağlamış ve ormancılık politikalarını SOY ilkelerine göre şekillendirmiştir. Ancak, Türkiye'nin hala SOY ilkelerini tam anlamıyla uygulamasına yönelik darboğazları bulunmaktadır. Bu durumun en önemli nedenleri arasında SOY kriter ve göstergelerin doğru belirlenip uygulanmasında yaşanan sorunlar, hala geçilemeyen orman sertifikasyon sistemi ve uygulamada yetersiz kalan katılımcılık yer almaktadır.

### 3. Mevcut Durum ve Sorunlar

#### 3.1. Türkiye'de ATD'nin Mevcut Durumu

Türkiye ATD Ulusal Hedef Raporu kapsamında 2030 yılı Türkiye ATD hedefleri belirlenmiştir. Buna göre, 2030 yılına kadar 1.000.000 hektar ağaçlandırma, 750.000 hektar mera ıslahı ve 2.000.000 hektar tarım alanları ıslahının yapılması öngörülmüştür [12]. Bu bilgiler doğrultusunda, ulusal ATD hedefleri doğrultusunda ağaçlandırma, rehabilitasyon, erozyon kontrolü ve mera ıslahı çalışmalarına Tablo 1'de yer verilmiştir. ATD için Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü (ÇEM), ilgili kurum kuruluşlar ve akademisyenler ile yürütülen çalışmalar ise aşağıda maddeler halinde sıralanmaktadır.

- Havza izleme ve değerlendirme sistemi projesi (HİDS),
- Türkiye çölleşme modeli ve risk haritası projesi (TÇM),
- Potansiyel ağaçlandırma sahalarının belirlenmesi projesi (POS),
- Arazi verimliliğinin değerlendirilmesi projesi (Collect Earth),
- Türkiye toprak organik karbonu modeli ve haritalanması (TOK),
- Ulusal arazi örtüsü/kullanımı izleme sistemi projesi (UASİS),
- Toprak bilgi sistemi, rüzgâr erozyonu izleme sistemi ve dinamik su erozyon izleme sistemi.

**Tablo 1. Ulusal ATD hedefleri doğrultusunda ağaçlandırma, rehabilitasyon, erozyon kontrolü ve mera ıslahı çalışmaları**

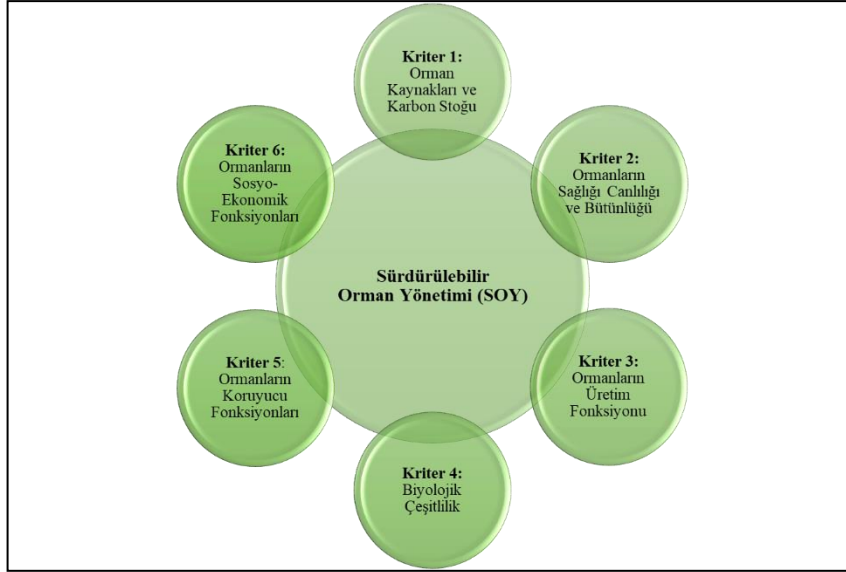
Negatif Eğilim	Alan		Düzeltilici Önlemler	ATD Hedefleri		
	Collect Earth (2001-2015)	(EC-JRC) (2000-2010) (km <sup>2</sup> )		Birim	Miktar	Zaman (yıl)
Orman alanlarının azalması	+11.542 (Amenajman plan verisine göre artmıştır. 2001-2015)		Ülke orman alanının artırılması	%	5	2030
			Ağaçlandırma	km <sup>2</sup>	6.000	
			Toprak muhafaza ağaçlandırması	km <sup>2</sup>	9.000	2019
			Maden sahalarının rehabilitasyonu	km <sup>2</sup>		
Orman alanlarında verimlilik azalması	2124.9		Orman suç sayısının azalması	adet	1.416	2017
			Orman alanlarında zararlılarda mücadele mekanik, biyolojik ve biyoteknik mücadele oranındaki artış	%	2.7	
			Orman alanlarının rehabilitasyonu	km <sup>2</sup>	15.000	2030
			Yangın başına düşen alan miktarının azaltılması	ha	0.5	
Mera alanlarında verimlilik azalması	3.700	2.582	Mera ıslahı	km <sup>2</sup>	7.500	2030
			Sulanan alanların artırılması	km <sup>2</sup>	22.000	2030
Tarım alanlarında verimlilik azalması	1.250	5.045	Arazi toplulaştırma faaliyetleri	km <sup>2</sup>	140.000	2023
			Zirai potansiyeli yüksek büyük ovaların belirlenmesi ve zirai sit alanı olarak tescil edilmesi	km <sup>2</sup>	55.000	2023
			Islah edilen alan miktarı	km <sup>2</sup>	20.000	2030

Kaynak: [12]'den faydalanılmıştır.

### 3.2. Türkiye’de SOY’un Mevcut Durumu

Orman Genel Müdürlüğü (OGM), 1999 yılında hazırladığı kriter ve göstergelerle Türkiye ormanlarının mevcut durumunu değerlendirmiştir. OGM, değerlendirme çalışmalarında SOY kriter ve göstergelerini Türkiye koşullarına uyarlamaya çalışmıştır. Ülkemizin içinde bulunduğu ekolojik, sosyal ve ekonomik koşulların farklılığı, konunun önemini ve gerekliliğini kuşkusuz daha da artırmaktadır. Nitekim, SOY bir izleme ve değerlendirme sürecidir. Bu süreçte izlemenin ve değerlendirmenin yapılabilmesi için SOY kriter ve göstergelerinin en uygun şekilde belirlenmiş olması gerekmektedir [13]-[14].

Uluslararası ormancılık çalışmalarında OGM, SOY konusu özelinde 1999 yılında kademeli olarak Pan-Avrupa ve Yakın Doğu sürecinde geliştirilen kriter ve göstergeler gözeterek kendi görev alanı dışında kalan göstergeleri elemiş ve ulusal kriter ve gösterge setini katılımcı bir yaklaşımla hazırlamıştır. OGM, kendi yetki ve sorumluluk alanında ulusal düzeyde toplamda 6 kriter ve 28 göstergelyi belirlemiştir. Geline aşamada, OGM koordinasyonunda 2017 yılından itibaren bir dizi çalışmalar yürütülmüş, bu faaliyetler neticesinde mevcut SOY kriter ve göstergelerinin uluslararası ormancılık sürecindeki gelişmeler çerçevesinde geliştirilmesi 2019 yılında neticelendirilmiştir [15]. Bu çalışma kapsamında belirlenen 6 temel kriter Şekil 1.’de yer almaktadır.



Şekil 1. Sürdürülebilir Orman Yönetimi Temel Kriterleri

Çölleşme ve arazi tahribatıyla mücadele ile ATD için ormanların geliştirilmesi, verimliliğinin artırılması ve alanlarını genişletilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu doğrultuda, ormanların korunması, bozulan alanların ıslahı ve sürdürülebilir kullanımının geliştirilmesi konularında Ar-Ge projelerinin yapılmasının yanı sıra çölleşme ile mücadele kapsamında yapılması planlanan eylemlerden birisi de SOY yaklaşımlarıdır [16].

### 3.3. Orman Kanunu-ATD İlişkisi

Ormanlara yönelik iş ve işlemlerin düzenlenmesi amacıyla 3116 sayılı ilk Orman Kanunu 1937 yılında yürürlüğe girmiştir. Bu Kanun’un ardından 1945 yılında özel ormanların devletleştirilmesini öngören 4785 sayılı Orman Kanununa Bazı Hükümler Eklenmesine ve Bu Kanunun Birinci Maddesinde Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun çıkarılmıştır. Bu değişikimi, 1950 yılında çıkarılan 5653 ve 5658 sayılı Kanun değişiklikleri izlemiş ve devletleştirilen ormanların iadesi gerçekleşmiştir. Halen yürürlükte olan 6831 sayılı Orman Kanunu 1956 yılında kabul edilmiş olup, ilgili Kanun bugüne kadar yirmi kez değişikliğe uğramıştır. Devlet orman mülkiyeti ve işletmeciliği ilkeleri temelinde orman alanlarının korunmasını hedefleyen hükümler, ilk kez 1961 Anayasası ile güvence altına alınmış ve daha sonra 1982 Anayasası’nda da aynı anlayış devam etmiştir. Anayasa’da yer alan 169 ve 170 inci maddeler, ormanların korunması ve gelecek kuşaklara intikali için güçlü bir dayanak oluşturmaktadır [17].

Anayasa’da ulusal ormancılık politikası amacı olarak “*ormanların korunması ve sahalarının genişletilmesi*” yer almaktadır. Zira, ormancılık alanında en önemli sorun “ormanların korunması”dır. Ülkemizde orman varlığının korunmasının yanı sıra orman varlığının artırılması ve mevcut ormanların iyileştirilmesi de oldukça önemlidir. Özellikle 1961 ve 1982 Anayasaları’nda yer alan, “*Bütün ormanların gözetimi Devlete aittir*” hükmü sayesinde Devlet mülkiyetinde olsun veya olmasın, ormanların korunması ve sürekliliği anayasal güvenceye kavuşturulmuştur. Böylece, tüzel ve özel ormanların sürekliliği yapılacak planlara göre işletilmesi zorunlu hale gelmiştir. Planlı orman işletmeciliği, orman alanlarında tahribatı en az düzeye indirmekte ve arazi bozulmasını önlemektedir.

Anayasa'daki "Devlet ormanlarının mülkiyeti devrolunamaz, bu ormanlar zaman aşımı ile mülk edinilemez." şeklindeki hüküm, ormanların korunması, içerdiği biyo-çeşitliliğin muhafaza edilmesi ve zenginliğinin devamı açısından oldukça önemlidir. Özellikle 1970'li yıllardan sonra yaşanan ekonomik ve sosyal gelişmeler ile kentlerde gelişen istihdam imkânları sonucunda sınırlı geçim kaynaklarına sahip orman köylüsünün kentlere göç etmesine neden olmuştur. Öyle ki, 1980'li yıllarda 10 milyonu aşan orman köylüsü nüfusu giderek azalmış ve günümüzde 5 milyonlara kadar gerilemiştir. Orman köylerinde nüfusun azalması ile orman kaynaklarının tahribi olabildiğince alt seviyelere inmiş, buna bağlı olarak ormanlık alanlarda önemli artışlar olmuştur. Nüfusa bağlı olarak hayvan sayısının azalması da orman kaynaklarının korunması ve artırılması bakımından etkili olmuştur. Bunun sonucunda orman köylüleri için bir yerleşim sorunu kalmamıştır. 1982 Anayasası'nın 169 ve 170 inci maddelerinde orman köylülerinin başka yere yerleştirilmesi amacıyla orman rejimi dışına arazi çıkarılmasına gerek kalmamıştır. Bu da orman tahribatını en az düzeye indirerek ormanların korunmasına olumlu yönde yansımaları sebebiyet vermiştir.

Anayasa ormancılık yönetimine kırsal toplumun kalkındırılması ve kentsel toplumun ormanların ekosistem veya sosyo-kültürel hizmetlerinden (erozyonu önleme, biyolojik çeşitlilik, havayı temizleme, rekreasyonel ve estetik değerler, karbon stoklama, toplum sağlığı ve iklim üzerine olumlu etkileri gibi) yararlandırılması konusunda görevler vermektedir. Anayasa'nın verdiği yetkiler çerçevesinde çıkarılan kanunlarla orman varlığı korunmakta, sürdürülebilirliği sağlanmakta ve olumsuz müdahalelerden korunmaktadır. Böylece SOY uygulamaları daha efektif ve ATD hedeflerine yönelik olmaktadır.

ATD'nin önemli kriterlerinden biri olan Toprak Organik Karbonunun artırılmasına yönelik tüm çalışmalar, atmosferde giderek artan CO<sub>2</sub> miktarının azalmasına, dolayısıyla hava kirliliğinin azalmasına ve iklim değişikliğinin etkilerini hafifletmeye de hizmet edecektir. Ayrıca erozyonun azalmasına, bitki örtüsünün güçlenmesine ve bitkisel verim düzeyinin artmasına da imkân sağlayacaktır. Kırsal yoksulluğun azalmasında da etkin bir rol oynayacaktır. ATD faaliyetleri, ulusal kalkınma planlarıyla entegre edilmeli ve karar vericilerin ATD konusunda ayrıntılı olarak bilgilendirilmeleri gerekmektedir. Bu konuda ÇEM Genel Müdürlüğü'nün arazi tahribatının önlenmesine, doğal kaynakların korunmasına, toprak organik karbon stoklarının artırılmasına yönelik yaptığı çalışmaların her kesime aktarılmasında ve karar vericilerin konuya daha duyarlı olmasını sağlamakta önemli görevleri bulunmaktadır.

### 3.4. ATD'nin Uygulanmasında Yaşanan Sıkıntılar

ATD hedefine ulaşmada ATD eylemlerinin uygulanmasını kolaylaştıran bir ortamın mevcudiyeti ön koşuldur. Destekleyici bir ortam, ATD kavramının ve eylemlerinin ulusal politikalara entegrasyonunu kolaylaştırmakta ve büyük ölçekli, yenilikçi ve dönüşümsel ATD programlarının ve projelerinin tespit edilmesine yardımcı olmaktadır. ATD hedefleri ve önlemleri belirlendikten sonra, SKA ve ulusal planlama süreçleri dahil olmak üzere ulusal kalkınma önceliklerine etkili bir şekilde yansıtılmaları gerekmektedir. İlave, ulusal düzeyde etkili bir şekilde duyurulmalı ve yerel topluluklardan politika yapıcılara kadar çok çeşitli paydaşlara ulaştırılmalıdır. ATD'nin gerçekleştirilmesi için, arazi yönetiminde ve gözetiminde görev alan çeşitli paydaşlar arasında güçlü ortaklıklar oluşturulmalı, seçilen politikalara ve taahhütlere dâhil edilmelidir. Ayrıca, ATD hedeflerine ulaşıp ulaşılmadığının takibi için "Çölleşmeyle Mücadele Ulusal Koordinasyon Kurulu"nun güçlendirilerek ATD'yi de içerecek bir ulusal koordinasyon mekanizması oluşturulmalı ve etkin çalışması sağlanmalıdır.

### 3.5. SOY Kriterlerinin Uygulanmasında Yaşanan Sıkıntılar

Sürdürülebilir kalkınmanın gerçekleştirilmesinde orman varlığının sürdürülebilirliğinin sağlanması büyük önem taşımaktadır. Bu çerçevede, Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarından (SKA) 15 numaralı "Karada Yaşam" amacının 15.2 numaralı alt hedefi olan "her tür ormanın sürdürülebilir yönetiminin sağlanmasının desteklenmesi, ormansızlaşmanın sona erdirilmesi, tahrip edilmiş ormanların eski haline döndürülmesi ve ağaçlandırma ve yeniden ormanlaştırmanın küresel olarak önemli ölçüde artırılması" önemli bir adımdır [18]. Ormanların sürdürülebilirliğinin temini SOY kriter ve göstergelerin belirlenmesi ile sınırlı olmayıp, söz konusu kriterlerin uygulanması ve denetlenmesi de gerekmektedir. Bu denetim mekanizmasının işlemesi için ormanların sertifikalandırılması anlayışı benimsenmiştir. SOY'un uygulanabilmesi için sertifikasyon sistemi oldukça önemlidir. SOY kriter ve göstergeleri ile sertifikasyon sistemi kadar önemli diğer bir husus belirlenecek ormancılık politikalarında katılımcılığın sağlanmasıdır. SOY'un gerçekleşmesi, ancak bu üç ögenin bir bütünlük içinde hayata geçirilmesine bağlıdır.

Türkiye'de SOY kriter ve göstergelerinin uygulamaya geçirilmesi süreci, OGM tarafından yürütülmektedir. OGM ise, SOY kriter ve göstergelerini sadece kendi görev, yetki ve sorumluluk sınırları içerisinde uygulayabilmektedir. Çölleşme konusunda yapılan çalışmaları görev ve yetki alanı dışında olduğu için değerlendirme kapsamına beklenen düzeyde alamamaktadır. Zira, daha önce Tarım ve Orman Bakanlığı bünyesinde bulunan ÇEM Genel Müdürlüğü 29.10.2021 tarihli ve 31643 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan 85 numaralı Cumhurbaşkanlığı Kararnamesi ile Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'na bağlanmıştır [19]. Bu durum, "Toprağın korunması ve tabii kaynakların geliştirilmesi amacıyla havza bütünlüğü esas alınarak, çölleşme ve erozyonla mücadele, çığ, heyelan ve sel kontrolü ile entegre havza ıslahı plan ve projelerini yapmak, yaptırmak, uygulanmasını izlemek, bu faaliyetlere proje bazında destek sağlamak, bu iş ve işlemlerle ilgili politika ve stratejilerin belirlenmesi amacıyla çalışmalar yapmak, ilgili kurum ve kuruluşlar arasında işbirliği ve koordinasyon sağlamak..." şeklinde yetkilendirilen ÇEM'in sürece yeterince müdahil olmasına engel teşkil etmektedir.

Ormanın sürdürülebilirliğini sağlamak konusunda yönetim esasları önemli bir yere sahiptir. Zira, ormansızlaşma kendi kendine meydana gelmeyen, yanlış yönetim politikaları nedeniyle ortaya çıkan bir durumdur. Türkiye’de ormanların yönetilmesi ile ilgili mevcut yasal düzenlemeler ormanların korunması ve sürdürülebilirliğini sağlamaya yönelik olsa da, bazı mevzuatta bulunan boşluklar, örneğin 2B uygulamaları gibi ormanların sürdürülebilirliğine zarar vermektedir. Bu sebeple yürürlükte olan veya yürürlüğe girecek olan yasaların, orman alanlarını artıracak ve ormansızlaşmayı önleyecek şekilde düzenlenmesi gerekliliği bulunmaktadır. Ayrıca, buna yönelik olarak yasalar arasındaki çelişkilerin giderilmesi ve yasal boşlukların doldurulması gerekmektedir.

#### 4. Sonuç

ATD ile SKA arasında yoksulluğun sona erdirilmesi, gıda güvenliğinin sağlanması, çevrenin korunması ve doğal kaynakların sürdürülebilir bir şekilde kullanılması, tahribatı azaltmak veya geri çevirmek gibi çok sayıda bağlantı mevcuttur. ATD bu hedeflere ulaşmada bir katalizör işlevi görmektedir. Arazi tahribatından kaçınmak, tahribatı azaltmak veya geri çevirmek sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmakta kilit rol oynayan arazi bazlı ekosistem hizmetlerinin korunması ve iyileştirilmesini desteklemektedir. Benzer şekilde SOY anlayışı da, uluslararası süreçler sonunda kalkınmanın sürdürülebilirliğini sağlamak için ormanların en verimli ve sürekli nasıl kullanılacağını belirleyen ilkeler bütünüdür. Bu yönetim anlayışı ile sadece ormanların korunması değil, ormanlardan sürekli ve çok yönlü yararlanma da amaçlanmaktadır. Süreç bu açıdan değerlendirildiğinde ATD hedefine ulaşmada SOY’un gerçekleştirilmesi büyük önem arz etmektedir.

#### Referanslar

- [1] UNEP, “Land Degradation: Science, policy and innovation for land restoration”, 2023, Available: <https://www.unep.org/gef/focal-areas/land-degradation>
- [2] Topçu, P., Erpul, G. ve Deviren Saygın, S., “Public Policies and Investments for Mainstreaming Sustainable Forest Management in Turkey”. Turkish Journal of Forest Science. Cilt 6, Sayı 1, ss.174-185, 30.04.2022 <https://doi.org/10.32328/turkjforsci.906299>.
- [3] UNCCD, “Scientific conceptual framework for Land Degradation Neutrality, A report of the Science-Policy Interface”, UNCCD-SPI Technical Series No. 01, SPI Report, UNCCD Publication, Bonn, Germany, 2017, ISBN 978-92-95110-60-1.
- [4] Ateşoğlu, A. ve Şenyaz, A., “Arazi Tahribatının Dengelenmesi Bilimsel Kavram Çerçevesi Kapsamında Collect Earth Metodolojisinin Değerlendirilmesi”, 2018, VII. Uzaktan Algılama VE CBS Sempozyumu, <http://dx.doi.org/10.15659/uzalcbcs2018.6209>.
- [5] UNCCD, “Land Degradation Neutrality principles”, 2023, Available: <https://www.unccd.int/land-and-life/land-degradation-neutrality/ldn-principles>
- [6] Dengiz, O., Öztaş, T., Haliloğlu, M.ve Şahin, K., “Arazi Tahribatı Dengelemesi”, TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası Türkiye Ziraat Mühendisliği IX. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı-1 Ocak 2020, Ankara, ISBN-978-605-01-1321-1.
- [7] FAO, “Overview of land degradation neutrality (LDN) in Europe and Central Asia”, 2022, Rome. ISBN 978-92-5-135492-6 <https://doi.org/10.4060/cb7986en>.
- [8] Forest Europe, “Sustainable Forest Management, 2023”, 2023. Available: <https://foresteurope.org/workstreams/sustainable-forest-management/>
- [9] Durusoy, İ., “Türkiye Ormanlığı İçin Sürdürülebilir Orman Yönetimi Ölçütlerinin Belirlenmesi”, Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormanlık Dergisi, Yıl 2012, Cilt 8, Sayı 1, 41-49, 2012.
- [10] TOB, “Tarım Orman Şurası, Sürdürülebilir Orman Yönetimi Grubu Çalışma Belgesi”, 2022, Available: <https://cdniys.tarimorman.gov.tr/api/File/GetGaleriFile/>
- [11] Topçu, P. ve Erpul, G., “Türkiye’de Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SKH) Çerçevesinde Arazi Tahribatının Dengelenmesi (ATD) Politika ve Stratejileri”, V. Uluslararası Katılımlı Toprak ve Su Kaynakları Kongresi , 2017.
- [12] OSİB, “Türkiye Arazi Tahribatının Dengelenmesi Ulusal Rapor 2016-2030”. Orman ve Su İşleri Bakanlığı. Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara, 2016.
- [13] Akyol, A., “Sürdürülebilir Orman Yönetimi Ölçüt ve Göstergeleri Açısından Ülkemizdeki Mevcut Durum”, II. Ormanlıkta Sosyo-Ekonomik Sorunlar Kongresi, SDÜ, Isparta, 19-21 Şubat 2009, s.37-38, 2019.
- [14] Akyol, A. ve Tolunay, A., “Sürdürülebilir orman yönetimi ölçüt ve göstergelerinin Türkiye için modellenmesi”, SDÜ Orman Fakültesi Dergisi, 2014, 15: 21-32.
- [15] OGM, “Sürdürülebilir Orman Yönetimi Kriter ve Göstergeleri 2019 Türkiye Raporu”. Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı, Ankara, 2020.
- [16] ÇMUSEP, Çölleşmeyle Mücadele Ulusal Stratejisi ve Eylem Planı 2019-2030, Tarım ve Orman Bakanlığı, Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara, 2019.
- [17] Resmi Gazete, 2023, Available: <https://www.resmigazete.gov.tr/>
- [18] UN, “Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları. 15 Karasal Yaşam”, 2023, Available: <https://turkiye.un.org/tr/sdgs/15>.
- [19] ÇEM, “Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü”, 2022, Available: <https://cem.csb.gov.tr/tarihce-103598>.

# Determination of Current Status of The Criteria and Indicators Used in Rural Development Studies: The Case of Isparta Villages

Ahmet Tolunay <sup>a,1</sup> Ömer Faruk Ekemen <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, Isparta, 32260 Türkiye  
ORCID ID: 0000-0001-9028-9343

<sup>b</sup> Isparta Uygulamalı Bilimler, Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü 32260 Türkiye  
ORCID ID: 0009-0004-1299-6965

## Abstract

Rural development is the work aimed at improving rural local conditions that bring negative effects to human life. In rural development studies, the problems of rural communities are identified and defined, and suitable solutions are developed according to these problems. The problems encountered in rural development are determined within the framework of rural development indicators and the criteria that these indicators reflect. In this study, criteria and indicators that were used in the past in rural development practices and that should be added today have been determined. The study was carried out based on the villages of Isparta Province. According to the results of the research, it was determined that 4 social criteria and 38 indicators, 7 economic criteria and 32 indicators, 4 political criteria and 16 indicators, 4 environmental criteria and 15 indicators were used in rural development studies in the past. For today's rural development studies, 8 social criteria and 36 indicators, 6 economic criteria and 35 indicators, 6 political criteria and 21 indicators, 6 environmental criteria and 28 indicators have been determined.

**Keywords:** "Development, rural development, criteria and indicators, rapid rural appraisal technique, Isparta villages, Turkey."

## 1. Giriş

Kalkınma, üretim ve kişi başına ulusal gelirin artırılmasıyla birlikte, ekonomik ve sosyokültürel yapısının da değiştirilmesi anlamına gelmektedir [1]. Bir başka ifade ile kalkınma, bir ülkenin yapısal niteliklerinin olumlu yönde değişimidir [2].

Kalkınma farklı amaçları ve süreçleri içerebilir. Örneğin;

- Kalkınma; insanların daha fazla gelir elde ederek, yaşam düzeylerinin yükseltilmesi için, bir sosyal sisteme yeni ve modern üretim tekniklerinin sunulmasını gerektirebilir.
- Kalkınma; geleneksel toplumun, gelişmiş batı uluslarının sahip olduğu toplumsal ve teknolojik yapıya topluca dönüştürülmesi olarak anlaşılabilir.
- Kalkınma; insanların ve toplumların kendilerine güvenli bir gelecek kurabilmelerinin geliştirilmesi ve desteklenmesi olarak düşünülebilir.
- Kalkınma; insanların ne yapacaklarını, aldıkları sağlıklı kararlar ile belirledikleri özgür deneyimler olarak algılanabilir [3].

Geçtiğimiz son 25 yılda çeşitli ülkeler üzerinde yapılan araştırmalar, kalkınma düzeyleri olarak ülkelerin; gelişmiş ülke (GÜ) ve az gelişmiş ülke (AGÜ) ülkeler olarak ayrılabilceğini ortaya koymuştur. AGÜ 'ler ekonomik, demografik, sosyal ve teknolojik özellikler açısından gelişmiş ülkelere göre geri durumdadır. AGÜ olgusunun kırılması için bu özelliklerin değiştirilmesi ve kalkınmalarının sağlanması gerekmektedir.

Az gelişmiş ülkelerde (AGÜ) kalkınma bir taraftan kaynakların etkin bir şekilde kullanılması, üretim hayatının geliştirilmesi, sanayileşmenin sağlanması, teknolojik ilerlemenin hızlandırılması gibi temel ekonomik konular üzerinde yoğunlaşırken, diğer taraftan tarımsal verimliliğin artırılması, altyapı olanaklarının geliştirilmesi ve ülke insanların eğitim, beslenme ve sağlık

<sup>1</sup> Corresponding Author

E-mail Address: ahmettolunay@isparta.edu.tr



sorunlarının çözülmesini gerektirmektedir. Burada en son belirtilen kalkınma konuları, herhangi bir AGÜ'nin bütün yörelerini ilgilendiren sorunlar olabileceği gibi, düalist (ikili) yapının varlığı nedeniyle daha çok kırsal bölgelerde ağırlığını hissettiren sorunlardır. Öte yandan bu ülkelerde piyasa mekanizmasının hemen hemen hiç çalışmadığı alanlar kırsal bölgelerdir. Zira kırsal yöreler, kendine özgü bir işleyiş yapısı olan *kapalı ekonomiler* halindedir. Kırsal yörelerde üretim ve tüketim piyasalarını birleştiren mübadele mekanizması yeterli derecede gelişmemiş olup, yapılan üretim büyük ölçüde kırsal toplumların ya da ailelerin kendi tüketim ihtiyaçlarında kullanılmaktadır [4].

En basit tanımıyla kırsal kalkınma; *insan yaşamına olumsuzluklar getiren kırsal çevre koşullarının iyileştirilmesine yönelik çalışmalardır*. Kırsal kalkınma çalışmaları, kırsal alan içerisinde teşhis edilen sorunların niteliği ve alternatif çözüm yollarına göre, kırsal yapıya farklı konularda ve çeşitli zaman süreçleri içerisinde müdahale edilmesini gerektiren çalışmalardır. Kırsal kalkınma, geniş anlamıyla kırsal toplumların gelişmiş toplum statüsüne dönüştürüldüğü bir süreç olarak algılanırsa ve bu sürecin aşama aşama oluşacağı düşünülürse, bu alanda yapılacak çalışmaların belirli uygulama dönemleri içinde olacağı ortaya çıkmaktadır [5]

Kırsal kalkınma çalışmalarında, kırsal toplumların problemleri belirlenmekte ve tanımlanmakta, bu problemlere göre uygun çözüm önerileri geliştirilmektedir. Bu nedenle, kırsal kalkınma programlarının çözmeye yöneldiği sorunlar, sadece tarımsal uğraşları ya da ekonomik konuları değinen sorunlar değildir. Kırsal kalkınma ile çözümlenene çalışılan sorunlar, geniş anlamı olan sözcüklerle düşündüğümüzde iki ana gruba ayrılabilir. Bunlar; 1. Fiziksel sorunlar: Bu sorunlar kırsal bölgelerin fiziksel çevresi ile ilgilidir. Bu problemlere altyapı olanaklarının yetersizliği, eğitim ve sağlık koşullarının olumsuzluğu, tarımsal verimliliğin düşüklüğü, içme ve sulama suyu azlığı, toprak erozyonu örnek olarak gösterilebilir. 2. Fiziksel olmayan sorunlar: Bu sorunlar kırsal toplumların içinde yaşadıkları bölgenin ekonomik ve sosyal koşulları nedeniyle meydana geleceği gibi, ülke yönetiminden de kaynaklanabilir. Bu sorunlara örnek olarak işlenebilir arazilerin azlığı, devlet hizmetlerinin yetersizliği ya da ulaşamaması, daha fazla toprağı ve kapitali olan çiftçilere bağıllık gösterilebilir [3].

Yukarıdaki açıklamalar kırsal kalkınma üzerinde düşünürken, kırsal yöre insanların günlük olarak karşılaştığı bütün sorunların dikkate alınması gerektiğini ortaya koymaktadır. Kırsal yöredeki sorunların fiziksel nitelikli olanlarının, göreceli olarak teşhisi ve tanımlanması kolaydır. Bu tür sorunların herhangi bir gözlem ya da inceleme ile kolayca anlaşılabilir ve sorunun çözümüne yönelik uygun bir hareket tarzı geliştirilebilir. Örneğin, tarımsal verimliliğin düşüklüğü bir sorun olarak teşhis edilmişse, bunun nedeni araştırılarak uygun bir çözüm yolu bulunabilir. Ya da içme suyu kıtlığı olabilir ve bir içme suyu projesi ile sorunun çözümüne ulaşılabilir.

Fiziksel olmayan sorunların teşhisi ve tanımlanmasında güçlüklerle karşılaşmaktadır. Fakat üzerinde çalışılan kırsal bölgenin, sosyoekonomik ve sosyopolitik yapısını analiz ederek, bu tür sorunların teşhisine ulaşılabilir. Örneğin, tarımla uğraşan çiftçilerin, yaşadıkları bölge içerisinde diğer kişilerle ilişkileri vardır. Bu ilişkiler fiziksel sorunlar hakkında bize ipucu sağlarlar. Gelişmekte olan birçok ülkenin kırsal yörelerinde, borç para veren kişilere bağımlılık, tarımla uğraşan küçük çiftçilerin karşılaştığı önemli bir sorundur. Ayrıca kırsal yöre insanları ellerinde bulunan kaynakları etkin ve verimli şekilde kullanmasını bilmeyebilirler. Ya da yürütülecek bir kırsal kalkınma faaliyetinin kendilerine ne gibi yararlar sağlayacağını algılayamayabilirler. Bu gibi sorunlar, kırsal kalkınma çalışmaları içerisinde çözülmesi gerekli fiziksel olmayan sorunlar arasındadır [6]

Kırsal kalkınma çalışmaları geniş çerçevesi ve içeriği olan bir kalkınma uğraşısıdır. Kırsal kalkınma olarak ele alınan konular çok farklı nitelik ve çeşitlilik içerisinde. Kırsal kalkınma konularının, kırsal kalkınma göstergeleri ve bu göstergelerin yansıttığı ölçütler çerçevesinde incelenmesi yerinde bir yaklaşım olacaktır. Kırsal kalkınma çalışmalarının ilk uygulama aşamasını etüt-envanter ve sorun analizi (EE&SA) çalışmaları oluşturmaktadır. Bu çalışmalar kırsal yöreyi tanımlamak ve mevcut sorunları teşhis etmek için yapılmaktadır. Bu çalışmalar ile kırsal yöre test edilmekte ve teşhis edilen sorunlar, kırsal kalkınma olarak hangi konular üzerinde çalışılacağını ortaya koymaktadır. Ayrıca kırsal kalkınma göstergeleri; kırsal kalkınma plan, program ve projelerinin meydana getirdiği sonuçlar ve yarattığı etkilerin ölçülmesini olanaklı kılmaktadır [5,6].

Bu çalışmada kırsal kalkınma çalışmalarında kullanılan ölçütler ve göstergelerin geçmişte ve bu günkü güncel durumu belirlenmeye çalışılmıştır.

## 2. Materyal ve Yöntem

### 2.1. Çalışma Alanı

Isparta İli Antalya ve Burdur ile Batı Akdeniz Bölgesi'nde yer alan bir ildir (Şekil 1). Akdeniz iklimi ile karasal iklim arasında bir geçiş iklimine sahiptir. Kışları serin ve yağışlı yazları ise sıcak ve kurak geçmektedir. İklim üzerinde çevresindeki göllerin önemli etkisi vardır. Yağışların büyük bir bölümü kış ve ilkbahar aylarında düşmektedir [7,8].



Şekil 1. Isparta İli (Anonim-1, 2023)

Isparta İlinde toprağa dayalı üretimler olarak tarımsal ve hayvansal üretim yaygın olarak yapılmakta olup, yöre halkının önemli geçim kaynakları arasındadır. Dünya'nın en kaliteli güllerinin yetiştiği yer Isparta topraklarıdır.

Isparta nüfusu 2022 yılına göre 445.325'tir. Bu nüfus, 219.840 erkek ve 225.485 kadından (%49,37 erkek, %50,63 kadın) oluşmaktadır. Yüzölçümü 8.913 km<sup>2</sup> olan Isparta ilinde kilometrekareye 50 insan düşmektedir. Isparta nüfus yoğunluğu 50/km<sup>2</sup>'dir [8]. Isparta'ya bağlı 13 ilçe, bu ilçelere bağlı 9 belde ve 204 köy bulunmaktadır [9].

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Kırsal Kalkınma ve Sosyal Ormancılık Uygulama ve Araştırma Merkezi tarafından Isparta İli kırsal yerleşim birimlerinde etüt ve envanter çalışmaları yapılmaktadır. Ayrıca bu merkez tarafından "Her İlçede Bir Köy Analizi" çalışma programı kapsamında kırsal saha çalışmaları yapılmaktadır. Çalışma alanını seçilme nedeni bu olmaktadır.

## 2.2. Materyal

Ülkemizde kırsal kalkınma konusunda kavramsal ve teorik çalışmalar bulunmaktadır [6]. Ayrıca kırsal yörelerde köy analizleri ve vak'a çalışmaları yapılmıştır [10, 11, 12, 13, 14]. Günümüze kadar gelen zaman süreci içinde konu ile ilgili çeşitli raporlar ve dokümanlar hazırlanmıştır. Bu köy analizleri vak'a çalışmaları, rapor ve dokümanlar toplanmış ve araştırmada materyal olarak kullanılmıştır.

Ayrıca, Yüksek Öğretim Kurulu (YÖK) tez tarama merkezinde doğrudan veya dolaylı, konu ile ilgili yapılmış yüksek lisans ve doktora tezleri [15, 16, 17, 18, 19, 20]. Türkiye Bilimsel ve Teknoloji Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) ULAKBİM veri tabanından konu ile ilgili yerli ve yabancı yayınlar araştırmada kullanılan materyaller arasındadır.

Köylerde yapılan vak'a çalışmalarında köylere ait mevcut veri ve bilgileri içeren dokümanlar (topografik haritalar, il ve ilçe düzeyindeki istatistiksel bilgi ve veriler) materyal olarak kullanılmıştır.

Çalışma sırasında mülakat ve görüşmelerde not ve kayıt tutmak amacıyla teksir kâğıtları, elde edilen etüt ve döküm bilgilerini kaydetmek için not defterleri ve diğer kırtasiye araçları kullanılmıştır. Bunların dışında fotoğraf ve slayt filmleri, araştırma içerisinde kullanılan diğer materyaller olmuştur.

## 2.3. Yöntem

Çalışmada, Isparta İli kırsal yörelere yapılan köy ziyaretleri ve bu ziyaretlerde yapılan sosyolojik gözlem çalışmaları, araştırma konuları ile ilgili veri toplanmasında önemli katkı sağlamıştır. Kırsal kalkınmada ölçütler ve göstergelerin geçmiş durumunun belirlenmesinde mülakat ve görüşmelerde bulunulmuştur. Bu mülakat ve görüşmelerde yöneltilen sorular; "Kalkınma ve Kırsal Kalkınma denilince ne anlıyorsunuz? Bildiğiniz kadar açıklayınız, Kırsal alan nedir? Açıklayınız. Ülkemizde nereler kırsal alandır? Kırsal toplum kimlere denir? Kırsal toplumların özellikleri nelerdir? Gelişmişlik ya da kalkınmışlık nedir? Bildiğiniz kadar açıklayınız, Kırsal kalkınmada kalkınmanın seviyesini belirleyen ölçütler nelerdir? Bu ölçütler hangi göstergeler ile değerlendirilebilir? Kırsal kalkınmada sosyal durum ölçütleri neler olabilir? Bu ölçütler hangi göstergelerle değerlendirilebilir? Kırsal kalkınmada ekonomik durum ölçütleri neler olabilir? Bu ölçütler hangi göstergelerle

değerlendirilebilir? Kırsal kalkınmada siyasal durum ölçütleri neler olabilir? Bu ölçütler hangi göstergelerle değerlendirilebilir? Kırsal kalkınmada çevresel durum ölçütleri neler olabilir? Bu ölçütler hangi göstergelerle değerlendirilebilir? Şeklindedir.

Vak'a çalışmalarında yöntem olarak; Hızlı Kırsal Değerlendirme Tekniği (Rapid Rural Appraisal, RRA) kullanılmıştır. RRA; 1980'li yıllarda geliştirilmiş bir kırsal değerlendirme tekniğidir. RRA; bir kırsal yerleşim biriminin yöresel yapısını anlamak amacıyla, çeşitli uzmanlık alanına sahip kişilerden oluşan bir ekip tarafından, en az 4 gün en fazla 3 haftalık süre içinde, kırsal yapının gözlemlendiği ve kırsal yapı içerisindeki insanlarla sözlü mülakat ve görüşmelerin yapıldığı bir kırsal değerlendirme çalışması olarak tanımlanmaktadır [21].

Örnek vak'a çalışmaları, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Kırsal Kalkınma ve Sosyal Ormancılık Uygulama ve Araştırma Merkezi tarafından "Her İlçede Bir Köy Analizi" çalışma programı kapsamında yapılan çalışmalar olup, araştırmanın bulgularını oluşturmuştur.

### 3. Bulgular

#### 3.1. Kırsal Kalkınmada Ölçütler ve Göstergelerin Geçmiş Durumu

Kırsal kalkınma çalışmaları geniş çerçevesi ve içeriği olan bir kalkınma uğraşıdır. Kırsal kalkınma olarak ele alınan konular çok farklı nitelik ve çeşitlilik içerisindedir.

Kırsal kalkınma çalışmalarının ilk uygulama aşamasını etüt-envanter ve sorun analizi (EE&SA) çalışmaları oluşturmaktadır. Bu çalışmalar kırsal yöreyi tanımlamak ve mevcut sorunları teşhis etmek için yapılmaktadır. Bu çalışmalar ile kırsal yöre test edilmekte ve teşhis edilen sorunlar, kırsal kalkınma olarak hangi konular üzerinde çalışılacağını ortaya koymaktadır. Ayrıca kırsal kalkınma göstergeleri; kırsal kalkınma plan, program ve projelerinin meydana getirdiği sonuçlar ve yarattığı etkilerin ölçülmesini olanaklı kılmaktadır. Geçmişte kırsal kalkınmada ölçütler ve göstergelerin geçmiş durumu aşağıda verilmiştir.

##### 3.1.1. Sosyal ölçütler ve göstergeleri

Kırsal toplumların ve bu toplumların içinde yaşadıkları yerleşim birimlerinin (*mahalle, mezra, köy, kasaba, vb. gibi*) sosyal yapısının ve bu yapı içerisinde meydana gelen değişikliklerin ölçülmesinde kullanılmıştır.

Sosyal yapıdaki durum ve bu yapıda meydana gelen değişikliklerin belirlenmesinde kullanılan ölçütler; yaşam standardı, fakirlik ve yoksulluk, beslenme durumu, sağlık durumu, eğitim durumu, kadın ve erkeğin sosyal konumu, yeniliklere karşı tutum ve eğilim, vb. gibi olabilmektedir. Geçmişte kullanılan 4 sosyal ölçüt ve 38 gösterge aşağıda Tablo 1'de verilmiştir.

**Tablo.1. Kırsal kalkınmada geçmişte kullanılan sosyal ölçütler ve göstergeleri**

NO	ÖLÇÜTLER	GÖSTERGELER
1	Yaşam standardı	1. İçilebilir ve kullanılabilir su miktarı ( <i>m<sup>3</sup>, litre, ton</i> ) 2. Ulaşım ve haberleşme olanaklarının durumu ( <i>yol, telefon, posta hizmetleri, radyo, televizyon, vb. gibi</i> ), 3. Barınılan yerler olarak ev ve hanelerin sıhhi durumları, kullanılan yapı malzemelerinin niteliği ( <i>kerpiç, biriket, tuğla, beton vb. gibi</i> ), 4. Boş zaman değerlendirme alanları ve değerlendirme şekilleri ( <i>park ve spor alanlarında geçirilen zaman miktarı</i> ).
2	Yoksulluk	1. Topraksız kişi miktarı ve oranı, 2. İşsiz kişi sayısı ve oranı, 3. Evsiz aile sayısı ve oranı, 4. Mevsimlik göç durumu ( <i>var veya yok ya da sayısı</i> ), 5. Zorunlu olarak hane halkının yönetimini üstlenmiş kadın sayısı ve oranı, 6. 5 yaşın altındaki yetersiz beslenen çocuk sayısı ve oranı.
3	Beslenme	1. Temel gıda maddelerinin neler olduğu ve bunların tüketim miktarı ( <i>buğday, pirinç vb. gibi</i> ), 2. Kişi başına günlük alınan kalori miktarı, 3. Kişi başına günlük alınan protein miktarı, 4. Yaşa göre vücut boyu ( <i>cm</i> ) ve ağırlığı ( <i>kg</i> ).
4	Sağlık	1. Bir yıl içerisinde hastalanan kişi sayısı ve oranı, 2. Ölümlerin temel nedenleri ( <i>yetersiz beslenme, hastalıklar vb. gibi</i> ), 3. Bebek ölüm sayısı ve oranı, 4. Aşılana kişi sayısı ve oranı, 5. Zehirsiz pestisit kullanım ve uygulama miktarı ( <i>örneğin DDT gibi</i> ), 6. Halk sağlığı ile ilgili çalışmaların düzeyi ve bunlara ilişkin olanaklar ve miktarı ( <i>hastane, dispanser, sağlık ocağı vb. gibi</i> ), 7. Doktor, hemşire, ebe başına düşen kişi sayısı ve oranı.

Tablo.1. (devam)

5	Eğitim	1. Yaşı 5-15 arasında okula giden çocuk sayısı ve oranı, 2. Okuryazarlık oranı, 3. Zorunlu eğitim süresi (yıl), 4. Öğretmen başına düşen okul çağı çocuk sayısı, 5. Yüksek okula giden kişi sayısı ve oranı, 6. Tarımsal yayım ve eğitim programlarının durumu ve miktarı, 7. Çiftçi başına düşen tarımsal eğitim uzmanı sayısı ve oranı.
6	Kadın ve erkeğin sosyal konumu	1. Çalışan kadın ve erkek işgücü miktarı ve oranı, 2. Kadın ve erkek işçi ücretleri arasındaki farklılıklar (günlük ya da aylık ücret olarak), 3. Erkek ve kız çocuk ölüm oranı, 4. Okula gönderilen kız çocuğu sayısı ve oranı, 5. Tarımsal kooperatif ve örgütlerde görev alan kadın sayısı ve oranı, 6. Resmi kurum ve yerel yönetimlerde (muhtarlık, belediye vb. gibi) görev yapan kadın sayısı ve oranı.
7	Yeniliklere karşı tutum ve eğilimler	1. Nüfus artışı ve aile planlaması çalışmalarına ilgi ve uyum oranı, 2. Kadının aktif konuma getirilmesine yönelik çalışmalara karşı oluşan bakış açıları ve bu yönde yapılan uygulamaların sayısı, 3. Farklı bir toplumsal yapı ve sınıf içerisinde bulunan kişilerle evlenenlerin sayısı, 4. Teknolojik gelişmelere uyum durumu.

Yukarıda belirtilen sosyal göstergelere kırsal yerleşimlerde yaşanan değişimler nedeniyle yenilerinin eklenmesi gerekmektedir. Sayısallaştırma işlemindeki güçlük nedeniyle yeni eklenecek göstergelerin çok dikkatli seçilmesi gerekmektedir.

### 3.1.2. Ekonomik ölçütler ve göstergeleri

Kırsal yörede bulunan yerleşim birimlerinin gerek hanehalkı gerekse yerleşim birimi düzeyinde ekonomik durumlarını ortaya koymak ve bu alanda meydana gelen değişiklikleri ölçmek için kullanılmışlardır. Ekonomik durumu ortaya koyan ölçütlerin bazıları; finansal durum, mal ve servet sahipliği, üretim, gelir, pazarlama, işgücü ve istihdam, teknoloji ve girdi kullanımı, vb. gibi olmuştur. Geçmiş yıllarda 7 ölçüt ve 32 göstergenin ekonomik ölçüt ve gösterge olarak kullanıldığı tespit edilmiş olup, bunlar Tabo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Kırsal kalkınmada geçmişte kullanılan ekonomik ölçütler ve göstergeleri

NO	ÖLÇÜTLER	GÖSTERGELER
1	Finansal durum	1. Gelire göre tasarruf ve tüketim meylı, 2. Sermaye yatırım alanları ve miktarı, 3. Borçlanma ve borçlu kişi sayısı, 4. Çeşitli kurum ve kuruluşlardan kredi kullanan kişi sayısı ve kredi miktarı.
2	Mal ve servet sahipleri	1. Sahip olunan tarımsal alan miktarı (dekar, hektar olarak), 2. Sahip olunan evcil hayvan (inek, koyun, kümes hayvanları) sayısı, 3. Tarımsal alan başına düşen iş aracı miktarı (traktör, biçerdöver vb. gibi), 4. Tercih edilen yatırım alanları (menkul ve gayri menkul olarak).
3	Üretim	1. Birim alanda elde edilen tarımsal ürün miktarı ve verimlilik oranı, 2. Hayvansal ürünlerin verimlilik oranı, 3. Hektarda ağırlık (kg ya da ton) veya hacim (m <sup>3</sup> ) olarak elde edilen orman ürünleri miktarı.
4	Gelir	1. Kişi, aile ve hane halkı başına düşen ortalama gelir (aylık veya yıllık) miktarları, 2. Yerleşim birimi bazında toplam gelir miktarı, 3. Gelirlerin elde edildiği üretim alanları, miktarları ve birbirlerine göre oranları, 4. Köy dışı gelirler ve miktarları.
5	Pazarlama	1. Pazara ulaşan ürünler niteliği ve miktarları, 2. Pazara yakınlık veya uzaklık, 3. Mübadele şekli (ayni veya nakdi), 4. Pazarlama organizasyonu (kooperatif ya da bireysel).
6	İşgücü ve istihdam	1. Çalışabilir nüfus miktarı (15-65 yaşları arası) ve bunun istihdam edilmiş kişi sayısı ya da oranı, 2. İşsizlik oranı, 3. Nitelikli ve niteliksiz işçi miktarı, 4. Tarımsal işçilik ücretlerinin düzeyi, 5. Cinsiyete göre kadın ve erkek ücreti düzeyi, 6. Okul çağında çalışan çocuk sayısı.
7	Teknoloji ve girdi kullanımı	1. Tarımsal mekanizasyon olarak; traktör, biçerdöver ve diğer mekanizasyon aletlerini kullanan kişi/aile sayısı ve oranı, 2. Hayvansal üretim olarak suni yem, süt sağma makinesi vb. gibi araçları kullanan kişi/aile sayısı ve oranı, 3. Tarımsal ilaç, tohum ve suni gübre kullanan kişi/aile sayısı ve oranı, 4. Emek yoğun teknoloji kullanımı durumunda gereksinim duyulan çalışma saati miktarı, 5. Mekanizasyon ile işini kaybeden kişi sayısı ya da oranı, 6. Modern teknoloji ve girdi satın almak için tarımsal kredi kullanan kişi/aile sayısı ya da oranı, 7. Geleneksel olarak yetiştirilen meyve ve orman ağaçları yanında, yeni ağaç türlerini yetiştiren kişi/aile sayısı ve oranı

### 3.1.3. Siyasal ölçütler ve göstergeleri

Bu ölçütler ve göstergeler kurumsal devlet ve toplumsal yapı ile ilgili göstergeler şeklinde kendini göstermiştir. Kalkınmanın gelişimi ve kalkınma düzeyinin belirlenmesinde çeşitli siyasal göstergelerin yansıttığı ölçütlerden yararlanılmıştır. Geçmişte siyasal göstergelerin yansıtacağı ölçütler; üretim faktörleri üzerinde kontrol ve denetim, gelir dağılımı, siyasal ve toplumsal liderlik, toplumsal yaşam ve düzen şeklinde kendini göstermiştir. Geçmiş uygulamalarda 4 ölçüt ve 16 gösterge kullanılmış olup, bu ölçütler göstergeler Tablo 3'te verilmiştir.

**Tablo 3. Kırsal kalkınmada geçmişte kullanılan siyasal ölçütler ve göstergeleri**

NO	ÖLÇÜTLER	GÖSTERGELER
1	Üretim faktörleri üzerinde kontrol ve denetim	1. Düşük fiyatlı tarımsal girdi sağlanması için yapılan tarımsal sübvansiyon miktarı, 2. Çiftçiler lehine devlet tarafından tarımsal ürün fiyatları destekleme politikaları ve düzeyi, 3. Arazi mülkiyet şekilleri ve bunların miktarı ve oranları ( <i>devlet, özel, vb. gibi</i> ), 4. Tarımsal su ve sulama kaynakları üzerinde kontrol ve denetim durumu ( <i>var ya da yok</i> ), 5. Devlet politikaları üzerinde ağırlığı olan oda ve kurumlarda, çiftçilerin temsilci sayısı ( <i>ziraat odaları, odalar ve borsalar birliği, vb. gibi</i> )
2	Gelir dağılımı	1. Yoksulluk sınırı altındaki aile sayısı ve oranı, 2. Milli gelirin çeşitli toplumsal sınıflar dışında dağılım oranı, 3. Kamu olanaklarının çeşitli toplumsal sınıflar ve cinsiyete ( <i>kadın ve erkek</i> ) göre yayılış ve artış şekli.
3	Liderlik	1. Modern tarımsal uygulamalar için eğitilmiş lider veya önder çiftçi sayısı, 2. Kişi başına düşen resmi hükümet görevlisi sayısı, 3. Yerel yönetimlerde ( <i>belediye, muhtarlık, vb. gibi</i> ) görev almış kadın temsilci sayısı, 4. Çeşitli kalkınma konularına önderlik eden kurum ya da kişi sayısı.
4	Toplumsal yaşam ve düzen	1. Toplam nüfus içerisinde resmi ve gayri resmi olarak evlenmiş çift sayısı ve oranı, 2. Asker ve emniyet kuvvetleri içerisinde görev yapan erkek ve kadın nüfus miktarı, 3. Hapis cezası almış kişi sayısı ve oranı, 4. Suç çeşitleri ve işleme şekilleri ( <i>sayı ve oran</i> ).

### 3.1.4. Çevresel ölçütler ve göstergeleri

Bunlar kırsal yörelerin çevresel durumunu tespit etmek ve kırsal alanlar içinde meydana gelen çevresel değişimleri ölçmek amacıyla kullanılmış göstergelerdir. Yanlış arazi ve bilinçsiz kaynak kullanımı olumsuz çevre sorunlarına neden olmuştur. Kırsal kalkınma çalışmalarında bu sorunları ortadan kaldıracak uygulamalar yapılmak istenmiştir. Geçmiş uygulamalarda çevresel ölçütlerin bazıları; ormansızlaşma, su kirliliği, hava kirliliği, sulak alanlarda azalma ve deniz kirliliği, çevre duyarlılığı ve çevresel eğitim, ağaçlandırma ve erozyon şeklinde oluşmuştur. Geçmiş kırsal kalkınma çalışmalarında 4 ölçüt ve 15 göstergenin kullanıldığı görülmektedir. Bu ölçütler ve göstergeler Tablo 4'te verilmiştir.

**Tablo.4. Kırsal kalkınmada geçmişte kullanılan çevresel ölçütler ve göstergeleri**

NO	ÖLÇÜTLER	GÖSTERGELER
1	Ormansızlaşma	1. Mevcut orman alanı miktarı ve bunun genel alana oranı, 2. Hektardaki ağaç serveti miktarı ve bunun optimal servete göre durumu, 3. Tarımsal alan miktarı ve bunun genel alana oranı, 4. Üst toprak derinliği ( <i>cm, m</i> ), 5. Ani taşkın ve sel felaketlerinin meydana gelme sıklığı.
2	Su kirliliği	1. İçme ve kullanma sularındaki oksijen miktarı ve oranı, 2. Sularda zehirli madde miktarı.
3	Çevre duyarlılığı ve çevresel eğitim	1. Çevre korumaya yönelik davranış şekilleri ( <i>örneğin; dikili ağaçlara karşı</i> ), 2. Atık çöp ve materyal tipleri miktarı ve bunların geriye dönüşüm oranı, 3. Çevresel eğitim materyallerindeki ( <i>afiş, ilan, duyuru, vb. gibi</i> ) artış miktarı, 4. Ormansızlaşmanın önlenmesi için yöresel olarak yapılan ağaç bayramları ve orman haftaları kutlamaları ve bu etkinliklerin çevresel düşüncelerle bütünleşmesi ( <i>örneğin; hatura ormanları, dikili bir ağacım var kampanyaları, vb. gibi</i> ).
4	Ağaçlandırma ve erozyon	1. Kırsal yerleşim birimleri örneğin köy halkı tarafından ağaçlandırılan alan miktarı, 2. Ormancılık örgütü dışında ağaçlandırma çalışmalarına ilgi gösteren ve destek veren kurum ve kuruluş sayısı miktarı, 3. Toprak kaybı şekli ( <i>rüzgâr veya toprak erozyonu vb. gibi</i> ), 4. Erozyon şiddeti ( <i>hafif, orta vb. gibi</i> ).

### 3.2. Kırsal Kalkınmada Ölçütler ve Göstergelerin Güncel Durumu

#### 3.2.1. Sosyal ölçütler ve göstergeleri

Bu çalışma ile kırsal kalkınmada sosyal ölçütler ve göstergeler setine; alt yapı ve hizmetlerin durumu, sosyal ve kültürel tesis ve hizmet binaları, spor tesisleri ve sosyal aktiviteler, ticari işletme ve kuruluşlar, yenilikçi sağlık hizmetleri, kırsal turizm, sosyal medya kullanımı, iletişim başlıklarında olmak üzere yeni 8 ölçüt ve bunlara ait 37 adet yeni belirlenmiş olup Tablo 5'te verilmiştir.

**Tablo 5. Kırsal kalkınma çalışmalarına eklenmesi gereken yeni sosyal ölçütler ve göstergeleri**

NO	ÖLÇÜTLER	GÖSTERGELER
1	Alt yapı ve hizmetlerin durumu	1. Yeterli şebeke suyu alt yapısı, 2. Yeterli kanalizasyon ve atık suyu alt yapısı, 3. Mobil internet erişimi, 4. Genişband internet erişimi.
2	Sosyal ve kültürel tesis ve hizmet binaları	1. Pazar yeri varlığı, 2. Düğün salonu varlığı, 3. Köy odası varlığı, 4. Sağlık ocağı varlığı, 5. Okul varlığı, 6. Park, köy koruluğu gibi rekreasyon alan miktarları, 7. Okuma salonu, kütüphane varlığı.
3	Spor tesisleri ve sosyal aktiviteler	1. Spor tesisleri ve futbol sahası (halı saha) sayısı, 2. Amatör spor kulübü sayısı, 3. Meslek kursları sayısı, 4. Köy / belde derneği sayısı.
4	Ticari işletme ve kuruluşlar	1. Bakkal sayısı, 2. Zincir market sayısı (A101, ŞOK, BİM, FİLE, MİGROS vb gibi), 3. Terzi ve berber gibi hizmet veren işletme sayısı, 4. Kahvehane sayısı, 5. İnternet kafe sayısı,
5	Yenilikçi sağlık hizmetleri	1. Evde sağlık hizmeti alan kişi sayısı, 2. e-nabız uygulaması kullanan kişi sayısı, 3. MHRS (Merkezi Hekim Randevu Sistemi) kullanan kişi sayısı, 4. Aşı kartı olan kişi sayısı.
6	Kırsal turizm	1. Yöresel gelenek ve göreneklerin (somut olmayan miras) mevcut durumu, 2. Yöresel yemek çeşitleri ve gıda ürünlerinin varlığı ve sayısı, 3. Tarihi ve doğal turizm değerlerinin varlığı ve sayısı.
7	Sosyal medya kullanımı	1. Facebook kullanan kişi sayısı, 2. Instagram kullanan kişi sayısı, 3. Twitter kullanan kişi sayısı.
8	İletişim	1. Evde internet aboneliği olan kişi sayısı, 2. Cep telefonu kullanan kişi sayısı, 3. e-posta kullanan kişi sayısı, 4. SMS (Short Message System) kullanan kişi sayısı, 5. What's up kullanan kişi sayısı, 6. Kendine ait web sitesi olan kişi sayısı, 7. Kırsal yerleşime ait web sitesinin varlığı.

#### 3.2.2. Ekonomik ölçütler ve göstergeleri

Bu çalışma ile kırsal kalkınma çalışmalarında ekonomik ölçütler ve göstergeler setine; sosyal güvenlik, sanal bankacılık ve finansal uygulamalar, sanal pazar ve pazarlama , tarımda kullanılan yeni teknolojiler, tarımda kullanılan dijital teknolojiler, tarımsal inovasyon uygulamaları şeklinde 6 yeni ölçüt ve ölçütlere ait 35 adet yeni gösterge belirlenmiş olup Tablo 6'da verilmiştir.

#### 3.2.3. Siyasal ölçütler ve göstergeleri

Kırsal kalkınma çalışmalarında siyasal ölçütler ve göstergeler setine; üretici örgütlenmeleri ve kurdukları tesisler, kırsal yerleşimlerin kalkınma amaçlı sınıflandırılması, yasal ve idari düzenlemelerin kırsal toplumlar üzerinde etkileri olmak üzere 3 yeni ölçüt ve 21 yeni gösterge belirlenmiş olup, bu ölçütlerin şekillenmesini sağlayan göstergeler Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 6. Kırsal kalkınma çalışmalarına eklenmesi gereken yeni ekonomik ölçütler ve göstergeleri

NO	ÖLÇÜTLER	GÖSTERGELER
1	Sosyal güvenlik	1. Aktif çalışan sigortalı oranı, 2. Primi devlet tarafından ödenen nüfus oranı, 3. Primi özel sektör tarafından ödenen nüfus oranı
2	Sanal bankacılık ve finansal uygulamalar	1. Kişi başı banka mevduatı miktarı, 2. Kişi başı banka kredisi miktarı, 3. Kredi kartı işlem adeti, 4. Kredi kartı işlem tutarı, 5. Bankamatik kartı kullanan kişi sayısı, 6. İnternet bankacılığı kullanan kişi sayısı.
3	Sanal pazar ve pazarlama	1. Dijital tarım pazarı kullanım miktarı, 2. Sanal pazar kullanım sayısı, 3. Semt pazarı varlığı,
4	Tarımda kullanılan yeni teknolojiler	1. Hassas toprak işleme ekim ve hasat makinelerinin kullanım durumu ve sayısı, 2. Dikey tarım yapan kişi sayısı ve alan miktarı, 3. Otonom araçlar kullanım durumu ve sayısı, 4. Çeşitli robotik uygulamaların kullanım durumu ve sayısı, 5. Akıllı sulama sistemlerinin kullanım durumu ve miktarı, 6. Topraksız tarım yapan kişi sayısı ve alan miktarı, 7. Sera otomasyonları kullanım durumu ve kullanan kişi sayısı 8. Bilgisayar destekli hayvancılık uygulamaları miktarı.
5	Tarımda kullanılan dijital teknolojiler	1. Sıcaklık, nem, pH, tuzluluk ve iletkenlik sensörlerinin kullanım durumu ve sayısı, 2. Değişken oranlı gübreleme ve ilaçlama uygulama durumu ve sayısı, 3. Ahır içi mekanizasyonu ve robotik uygulama durumu ve sayısı, 4. Otomatik dümenleme yapılan tarım alanı miktarı, 5. Verim ölçerli biçerdöver kullanan kişi sayısı, 6. Sürü yönetim ve yazılım sistemlerinin kullanım durumu ve sayısı, 7. Tarımsal uygulamalarda dron kullanımı durumu ve sayısı, 8. Yapay zekâ ve veriye dayalı iş modelleri uygulama durumu ve sayısı.
6	Tarımsal inovasyon uygulamaları	1. Elektronik hayvan takip sistemi kullanım durumu ve sayısı, 2. Elektrikli traktör kullanım durumu ve sayısı, 3. Tarım parsellerinin ve sulama tesislerinin sayısallaştırılma durumu ve miktarı, 4. Entegre idare ve kontrol sistemi kullanım durumu ve sayısı 5. Tarım bilgi istemi (TARBİS) uygulama durumu ve uygulama sayısı, 6. Çiftlik muhasebe veri ağı kullanım durumu ve kullanan kişi sayısı, 7. Tarım arazileri değerlendirme ve bilgilendirme portalı kullanım durumu ve sayısı.

Tablo 7. Kırsal kalkınma çalışmalarına yeni eklenmesi gereken siyasal ölçütler ve göstergeleri

NO	ÖLÇÜTLER	GÖSTERGELER
1	Üretici örgütlenmeleri ve kurdukları tesisler	1. Kalkınma kooperatifi sayısı ve üye miktarları, 2. Ziraat odasına kayıtlı çiftçi sayısı, 3. Tarımsal üretim yapan yetiştirici (su ürünleri ve arıcılık dahil) birlik ve kuruluş sayısı ve üye miktarı, 4. Hayvansal üretim yapan (küçükbaş ve büyükbaş) yetiştirici birlik ve kuruluş sayısı ve üye miktarı, 5. Sulama kooperatifi sayısı, 6. Süt toplama merkezi sayısı, 7. Soğuk hava deposu sayısı, 8. Ürün toplama merkezi sayısı.
2	Kırsal yerleşimlerin kalkınma amaçlı sınıflandırılması	1. Köylerin ya da ilçelerin merkezlere olan ulaşımaları, 2. Yerleşim yerinde birinci derece sağlık hizmeti veren kurum varlığı, 3. Yerleşim yerinin havaalanlarına uzaklığı, 4. Yerleşim yerinde eğitim imkanları, 5. Yapı stoku miktarı.
3	Yasal ve idari düzenlemelerin kırsal toplumlar üzerinde etkileri (6360 Sayılı Büyükşehir Yasasının kırsal alan sınıflandırılması üzerine etkileri)	1. Belediyelerin köylere hizmet sunma durumu, 2. Köylerin mimarisi ve karakterinin kaybolma riski durumu, 3. Kırsalda yer alan nüfus, vergi yükümlülükleri ve imara tabi olmaları gibi konularda büyükşehir sınırlarında olup olmama durumuna göre yapılan farklı uygulamaların durumu ve sayısı, 4. Yerleşim yerleri sınıflamasında kullanılan hiyerarşik yapılanmada büyükşehir olan illerle diğer iller arasında ortaya çıkan farklılıkların durumu ve sayısı, 5. Mahalle olan köylerin tüzel kişiliklerini kaybetmelerinin köy kimliği üzerine etkilerinin durumu ve sayısı, 6. Tüzel kişiliğini kaybeden bu köylerin mera, otlak vb. köy ortak malı olan yerlerin tasarrufunun belediyelere geçmesi ile bu yerlerin başka kullanım alanları olarak değerlendirilmesine yönelik kararların sayısı, 7. Kır-kent ayrımında kullanılan istatistiklerin durumu ve güncelliği, 8. Kırsalda yaşayan nüfusun yürüttüğü tarımsal faaliyetler ve özellikle hayvancılık faaliyetlerinin kentsel dokuya uymaması nedeniyle terk edilme miktarı.

### 3.2.4. Çevresel ölçütler ve göstergeleri

Bunlar kırsal yörelerin çevresel durumunu tespit etmek ve kırsal alanlar içinde meydana gelen çevresel değişimleri ölçmek amacıyla kullanılan çevresel ölçütler göstergeler setine 6 yeni ölçüt ve bu ölçütleri belirleyen 28 yeni gösterge belirlenmiş olup Tablo 8’de verilmiştir.

**Tablo 8. Kırsal kalkınma çalışmalarında yeni eklenmesi gereken çevresel ölçütler ve göstergeleri**

NO	ÖLÇÜTLER	GÖSTERGELER
1	Çevre dostu uygulamalar	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Akıllı tarım teknolojilerinin kullanımı ve özellikle sulamada akıllı sulama sistemlerinin desteklenmesine yönelik uygulamaların miktarı,</li> <li>2. Tarladan sofraya adil, sağlıklı ve çevre dostu örnek gıda sistemi uygulamaların durumu,</li> <li>3. Yapay zekâ, 5G, bulut bilişim ve EDGE bilişim Dijital teknolojileri yardımıyla iklim değişikliğinin azaltılmasına yönelik uygulamaların miktarı,</li> <li>4. Hava ve su kirliliğinin ile doğal kaynakların kullanımının izlenmesi ve optimize edilmesine yönelik uygulamaların durumu.</li> </ol>
2	Atık yönetimi	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Atık toplama ve arıtma tesisi sayısı,</li> <li>2. Sıfır atık uygulamalarının başarı durumu,</li> <li>3. Geri dönüşüm merkezine gönderilen atık miktarı,</li> <li>4. Evsel atık ayrıştırma uygulamalarına katılım miktarı,</li> </ol>
3	İklim değişikliğinin önlenmesine yönelik uygulamalar	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Yağmur hasadı uygulaması yapan kişi/hane sayısı,</li> <li>2. Azaltılmış toprak işleme miktarı,</li> <li>3. Organik tarım yapan alan miktarı ve kişi sayısı,</li> <li>4. İklim değişikliği üzerinde olumlu etki yaratan tarımda yeni teknolojilerin kullanımı ile ilgili farkındalık yaratılması ve kullanımının benimsenmesine yönelik eğitimlerin sayısı.</li> </ol>
4	Kuraklık ve çölleşme	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sera gazı salınım miktarı,</li> <li>2. Sıcaklık artışları ve yağışlarda azalma miktarları,</li> <li>3. Su kaynaklarında azalma miktarı,</li> <li>4. Su ve toprak kalitesinde bozulma seviyesi,</li> <li>5. Ekosistemin bozulması ve biyolojik çeşitliliği azalma miktarı,</li> <li>6. Ekolojik alanlarda yatay ve dikey kayma durumu,</li> </ol>
5	Karbon yönetimi	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Karbon çiftliği ve tarımsal ormancılık uygulamalarının durumu ve miktarı,</li> <li>2. Biyoenerji uygulamaları miktarı,</li> <li>3. Yıllık anız yakma miktarı,</li> <li>4. Isınma ve pişirmede kullanılan yakacak odun miktarı,</li> <li>5. Karbon birikimi sağlayan alan (<i>orman, tarım, mera, vb gibi</i>) miktarları.</li> </ol>
6	Enerji Kullanımı	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Fosil yakıt (<i>kömür , petrol, vb gibi</i>) kullanan hane sayısı,</li> <li>2. Doğalgaz kullanan hane sayısı,</li> <li>3. Elektrik enerjisi kullanan motorlu araç sayısı,</li> <li>4. Su ısıtmada güneş enerjisi paneli kullanan hane sayısı,</li> <li>5. Elektrik enerjisi üretiminde güneş enerjisi paneli kullanan hane sayısı.</li> </ol>

## 4. Sonuç ve Öneriler

Kırsal kalkınma çalışmalarının başarısı; kırsal yörede var olan sorunların sağlıklı bir şekilde tespitine ve bu sorunlara ilişkin uygun çözüm yollarının bulunmasına bağlıdır. Kırsal kalkınma çalışmalarına başlanılmadan önce, kırsal yapıyı tanımlayan ve kırsal yöre hakkında bilgi edinilmesini olanaklı kılan çalışmalar yapılmaktadır. Etüt-envanter ve sorun analizi çalışmaları, fiziki veya idari açıdan, bir kırsal ünite olarak tanımlanmış ya da ayrılmış alanlar üzerinde yapılmaktadır. Bu çalışmaların, kırsal alan olarak temel aldıkları baz, yerleşim birimleri olarak, mahalle veya mezra, köy, kasaba, ilçe ve il ya da fiziki olarak havza ya da bölge olabilmektedir. Etüt-envanter ve sorun analizi çalışmalarında bilgi toplama teknikleri olarak gözlem, anket, sosyal survey, istatistikî analiz ve literatür çalışmaları kullanılmaktadır Bu tekniklerin birbirlerine göre farklı yönleri vardır. Etüt-envanter ve sorun analizi çalışmaları esnasında, birden fazla bilgi toplama yöntemini aynı anda kullanmak mümkündür. Örneğin; anket tekniği ile bilgiler toplanırken, gözlem çalışmalarıyla, anket çalışmalarından elde edilen bilgilerin doğrulanması ve desteklenmesi gerekmektedir.

Etüt-envanter çalışmalarında; analiz edilen "alan" ya da "yerleşim biriminin" tanımlanmasına (mevkii, topografya, iklim, jeolojik yapı ve toprak durumu, su kaynakları, vejetasyon, vb gibi), kültürel ve sosyoekonomik şartların belirlenmesine (yerleşim tarihi, nüfus, hane halkı büyüklüğü, etnik kompozisyon, din ve inanç sistemi, eğitim, beslenme ve sağlık, geçim kaynakları, köy yönetim şekli, haberleşme, altyapı, pazarlama, gelir-gider durumu, vb gibi) ve arazi kullanım şekline (arazi mülkiyeti, tarım, mera, orman gibi üretim alanlarına dağılımı, kırsal uğraşı düzenleri, yetiştirilen tarımsal ürünler, hayvancılık, ağaç ve orman ürünleri kullanımı, vb gibi) ilişkin bilgiler toplanmaktadır. Bu etüt-envanter bilgileri; sorun analizi ve sorunlara müdahale yönteminin belirlenmesinde yol gösterici olmaktadır. Sorun analizi çalışmasıyla, kırsal yörede var olan sorunlar teşhis edilmekte ve hedef kitleye göre önceliklendirilmektedir. Bu önceliklere göre, kırsal yapıya müdahale şekli ortaya konmaktadır. Müdahale şekli; kırsal kalkınma uygulamalarında planlanacak ve projelendirilecek çalışma konularıdır. Bu noktada kırsal yapıdaki yerleşim



birimlerine hangi önceliklerle müdahale edileceği cevaplandırılması gereken bir soru olarak karşımıza çıkmaktadır. Başka bir deyimle kırsal kalkınma çalışmalarının köy, ilçe ve il olarak sıraya konulması gerekmektedir.

Kırsal kalkınma çalışmalarında ölçütler ve göstergeler sosyal, ekonomik, siyasal ve çevresel ölçütler ve göstergeler olarak dört başlıkta toplanmıştır. Sosyal ölçütler ve göstergeleri; kırsal toplumların ve bu toplumların içinde yaşadıkları yerleşim birimlerinin (mahalle, mezra, köy, kasaba, vb. gibi) sosyal yapısının ve bu yapı içerisinde meydana gelen değişikliklerin ölçülmesinde kullanılmaktadır. Ekonomik ölçütler ve göstergeleri; kırsal yörede bulunan yerleşim birimlerinin gerek hane halkı, gerekse yerleşim birimi düzeyinde ekonomik durumlarını ortaya koymak ve bu alanda meydana gelen değişiklikleri ölçmek için kullanılırlar. Siyasal ölçütler ve göstergeleri; bunlar kurumsal devlet ve toplumsal yapı ile ilgili göstergelerdir. Kalkınmanın gelişimi ve kalkınma düzeyinin belirlenmesinde çeşitli siyasal göstergelerin yansıttığı ölçütlerden yararlanmaktadır. Ülke kalkınması kavramının ekonomik, sosyal ve insan kalkınması olmak üzere üç elemanı bulunmaktadır. İşte burada belirtilen insan kalkınması kavramı siyasal göstergeler ve bu göstergelerin yansıttığı ölçütlerle ortaya konulabilmektedir. Çevresel ölçütler ve göstergeleri; çevresel durumunu tespit etmek ve kırsal alanlar içinde meydana gelen çevresel değişimleri ölçmek amacıyla kullanılan göstergelerdir. Yanlış arazi ve bilinçsiz kaynak kullanımı olumsuz çevre sorunlarına neden olabilmektedir. Kırsal kalkınma çalışmalarında bu sorunları ortadan kaldırarak uygulamalar yapmak gerekmektedir.

Bu çalışma ile kırsal kalkınma çalışmalarında geçmişte 4 sosyal ölçüt ve 38 gösterge, 7 ekonomik ölçüt ve 32 gösterge, 4 siyasal ölçüt ve 16 gösterge ile 4 çevresel ölçüt ve 15 göstergenin kullanıldığı tespit edilmiştir. Günümüz kırsal kalkınma çalışmaları için yeni olarak 8 sosyal ölçüt ve 37 adet gösterge, 6 ekonomik ölçüt ve 35 adet gösterge, 6 siyasal ölçüt ve 21 gösterge, 6 çevresel ölçüt ve 28 gösterge belirlenmiştir. Yeni alınacak kırsal kalkınma plan ve projelerin hazırlanmasında yeni belirlenen ölçüt ve göstergeler dikkate alınmalıdır.

## Teşekkür

Bu araştırma, Isparta uygulamalı Bilimler Üniversitesi (ISUBÜ), Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda tamamlanan "Kırsal Kalkınma Çalışmalarında Kullanılan Ölçüt ve Göstergelerin Güncel Durumunun Belirlenmesi: Isparta Köyleri Örneği" adlı Yüksek Lisans tez çalışmasının bir bölümüdür. Bu çalışmayı yapmamızı sağlayan Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'ne teşekkürlerimizi sunarız.

## Yazar Katkıları

Ahmet Tolunay çalışmayı planlamış ve tasarlamıştır. Ömer Faruk Ekemen verileri toplamıştır. Ahmet Tolunay verilerin analizini yapmıştır. Yazarlar makalenin yazımına ortak katkı sağlamıştır.

## Çıkar Çatışması

Yazarlar çıkar çatışması bildirmemişlerdir.

## Referanslar

- [1] F.V. Savaş, Kalkınma Ekonomisi (İkinci Baskı), İ. İ. T. İ. A. Nihat Sayar Yardım Vakfı Yayınları, No:315/547, İstanbul, 1979.
- [2] U. Geray, Ekonomi, İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No: 3633, Or. Fak. Yayın No:408, İstanbul, 1991.
- [3] P. Oakley ve C. Garforth, Guide to extension training, FAO Training Series, No: 11, FAO, Rome, 1985.
- [4] A. Akyol, A. Tolunay, "Türkiye'de Sürdürülebilir Orman Kaynakları Yönetimi İlkeleri, Göstergeleri ve Uygulamaları" Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 10 (2), 221–234, 2006.
- [5] A. Tolunay, "Sosyal Ormancılık ve Türkiye Açısından Önemi", Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 1998.
- [6] A. Tolunay, A. Akyol, Kalkınma ve Kırsal Kalkınma, SDÜ Orman Fakültesi Dergisi, 2(2): 116-127, 2006.
- [7] Isparta İli Haritası. Kaynak: <https://s.milimaj.com/others/image/harita/isparta-ili-haritasi.png> Erişim Tarihi: 10 Ocak 2023
- [8] Isparta İli Nüfusu ve Yüzölçümü. Kaynak: <https://www.nufusu.com/il/isparta-nufusu> Erişim Tarihi: 12 Ocak 2023.
- [9] Isparta İli, Kaynak: <http://www.isparta.gov.tr/isparta> Erişim Tarihi: 15 Ocak 2023.
- [10] G. Ergil, Türk Köyünde Modernleşme Eğilimleri Araştırması (Rapor II), DPT Yayınları, Yayın No: 999, İstanbul, 1971.
- [11] Y. Anıl, Yukarı Çulhalı Orman Köyü ' nün Sosyoekonomik Dokusu, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Yayınları, Teknik Bülten Serisi No: 57, Ankara, 1973.
- [12] Y. Anıl, Orman Köylerinin Oluşumuna Tarihsel Açından Bakış, Ormancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi, Yıl: 1974, Cilt: 20, Sayı: 2, Ankara, 1974.
- [13] E. Geray, U. ve E. Acun, Orman Köylülerinin Kentleşmesi ve Orman Köy İlişkileri (Safranbolu Örneği), İ.Ü. Orman Fakültesi Yayınları, İ.Ü. Yayın No:2640, O.F. Yayın No:279, İstanbul, 1980.

- [14] U. Geray, Konya'daki Proje Köylerinin (Bağrıkurt, Beykavağı, Küçükmuhsine) Sosyoekonomik Koşulları, İstanbul. 1993.
- [15] T. Porsuk, “Sürdürülebilir Ormanlık İçin Kriterler, Göstergeler ve Türkiye’deki Durum” Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2000.
- [16] A. Akyol, “Türkiye’de Sürdürülebilir Orman Kaynakları Yönetimi İlkeleri, Göstergeleri ve Uygulamalar” Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2004.
- [17] G. Üçok, “Türkiye’de Orman İşletmeleri Düzeyinde Sürdürülebilir Orman Yönetimi Sosyoekonomik Göstergelerine Ait Standartların Belirlenmesi: İzmir Orman Bölge Müdürlüğü Örneği” Yüksek Lisans Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Isparta, 2013.
- [18] F.N. Şener, “Türkiye’de Sürdürülebilir Ormanlık Uygulamalarının Sertifikasyon ve Akreditasyonunda Sivil ve İdari Yapılanma: Andırın Devlet Orman İşletme Müdürlüğü ve Göksun Devlet Orman İşletme Müdürlüğü Örneği” Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2009.
- [19] İ. Durusoy, “Türkiye Ormanlığında Sürdürülebilir Orman Kaynakları Yönetimi Ölçüt ve Göstergelerinin Ülke Ölçeğinde Belirlenmesi” Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, s:266, 2009.
- [20] A. Akyol, Sürdürülebilir Orman Yönetimi Ölçüt ve Göstergelerinin Türkiye Modeli, Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 2010.
- [21] Y. Apichatvullop, Rapid Rural Appraisal for Community Forestry. Lecture for Regional Training Course in Community Forestry Development Techniques (Jan. 20-Feb. 28, RFD), Bangkok, 1992.

# Determination of Acceptance of Gender, Aggression and Inter-Couple Violence and the Relationship Between Midwifery and HSPES Students

Özgür Alparslan <sup>a,1</sup>, Ebru Solmaz <sup>b</sup>, Ayşe Çataloluk <sup>c</sup>

<sup>a</sup> Tokat Gaziosmanpaşa University, The Faculty of Health Sciences, Tokat, Turkey  
ORCID ID: 0000-0002-2264-2886

<sup>b</sup> Ağrı İbrahim Çeçen University, The Faculty of Health Sciences, Ağrı, Turkey  
ORCID ID: 0000-0003-1962-8669

<sup>c</sup> Tokat Gaziosmanpaşa University, The Faculty of Health Sciences, Tokat, Turkey  
ORCID ID: 0000-0002-9344-107X

## Abstract

We aimed to determine the status of accepting gender, aggression and violence between couples and the relationship between midwifery and physical education and sports school students. The sample of the descriptive and cross-sectional (01.11.2017-30.12.2017) study consisted of midwifery (n=246), coaching (n=139) and physical education teacher (n=56) students (n=441). Personal information form, Gender Perception Scale, Gender Roles Attitude Scale, Aggression Scale, and Couple Violence Acceptance Scale were used to collect data. Data was evaluated by using number, percentage, mean, t-test, ANOVA and correlation analysis on the computer. 29.3% of the students participating in the study were male and 70.7% were female. It was determined that female student's gender perceptions are lower than male students. Male students were found to have a higher mean of violence, and the aggression level was normal for both. It was determined that the rate of accepting violence between couples was lower in women than in men (p<0.05). The mean acceptance of violence by women against men of people who were subjected to violence by their families was found to be statistically significant (p<0.005). A significant difference was found in the aggression and anger sub-dimensions of the students who took courses on violence at the university. It was determined that the relationship between the sub-dimensions of the Gender Attitude Scale and the sub-dimensions of the Aggression Scale was significant (p<0.05). As a result of the study, it can be said that male students accept violence more and the effects of violence lessons in education are positive, albeit small.

**Keywords:** "Aggression, gender, violence, midwifery."

## 1. Giriş

Bir insan hakkı olan toplumsal cinsiyet eşitliği sürdürülebilir kalkınmaya sahip barışçıl toplumların sağlanabilmesi için esas bir kavramdır. Yüzyılı aşkın feminist savunuculuğun, uluslararası söylemlerin ve giderek artan kanıtların ardından toplumsal cinsiyet kavramı toplumun tüm sektörlerinde en önemli belirleyicilerden biri haline gelmiştir [1, 2]. Toplumsal cinsiyet, kadın veya erkek fark etmeksizin insanların eşit haklara, sorumluluklara ve fırsatlara sahip olmasıdır [3]. Toplumsal cinsiyet terimi, kadın ve erkeğin mutlaka aynı olduğu veya farklılıkların olmadığı anlamına gelmemekle birlikte, eşit haklara, fırsatlara, sorumluluklara ve kaynaklara erişimin yanı sıra bunlardan yararlanmaya sahip oldukları anlamına gelmektedir. Bu tanım, toplumda kadın ve erkeklerin algılarına, ilgilerine, ihtiyaçlarına ve önceliklerine eşit ağırlık verilmesi sağlanarak, hak ve sorumluluklardan eşit yararlanmayı etkileyebilecek roller ve biyolojideki farklılıkların dikkate alınması ile açıklanabilir [4]. Toplumsal cinsiyet kavramı bu kadar önemli olmasına rağmen hala sağlık, eğitim ve kalkınmada karmaşık bir konu olmaya devam etmektedir. Toplumsal cinsiyet eşitsizliği ayrımcı değerler, normlar, inançlar, uygulamalar ve önyargılar nedeniyle sağlık sistemini etkilemektedir. Cinsiyet eşitliğinin olmaması sürekli olarak sağlıkta eşitsizlik ve şiddetin altında yatan bir belirleyicisi olarak gösterilmektedir. Şiddet ve saldırganlık konusunda bu eşitsizliğin rolü büyüktür. Birleşmiş Milletler Genel Kurulu, 1993 yılında Kadına Yönelik Şiddetin Ortadan Kaldırılmasına İlişkin Bildirgesi'nde, şiddetin erkekler ve kadınlar arasındaki tarihsel olarak eşitsiz güç ilişkilerinin bir göstergesi olduğunu belirtmiştir [5].

Literatürde bazı faktörlerin saldırganlık ve şiddet ile güçlü bağlantılı olduğunu gösteren çalışmalar mevcuttur. Bu faktörler arasında kişisel inanç ve tutumlar, aile ilişkileri, baskınlık, kıskançlık ve toplumsal cinsiyet eşitsizliği algısı bulunmaktadır. Toplumsal cinsiyet eşitsizliği özellikle kadınlara yönelik düşmanlık hem cinsel taciz hem de kadınlara yönelik saldırganlığın

<sup>1</sup> Corresponding Author  
E-mail Address: ozgralp60@gmail.com

varlığı ile ilişkilendirilmiştir. Bu düşmanlığın toplumsal cinsiyet eşitsizliğinin sürdüren ataerkil toplumlarda uyumlu olduğu görülmüştür [6]. Üniversite öğrencilerinde flört şiddeti üzerinde yapılan bir çalışmaya göre erkek öğrencilerin kadın öğrencilere karşı duydukları eşitsizliğin hem sözlü saldırganlık hem de cinsel zorlama ile ilişkili olduğu bulunmuştur [7]. Bu nedenle toplumsal cinsiyet algısının belirlenmesi ve saldırganlık arasındaki ilişkinin açığa çıkarılması oldukça önemlidir.

Bu çalışmada, ebelik bölümünde ve beden eğitimi ve spor yüksekokulunun farklı bölümlerinde öğrenim gören öğrencilerin toplumsal cinsiyet, saldırganlık düzeyleri ile çiftler arası şiddeti kabul etme düzeyinin saptanması, bunların bazı sosyo-demografik değişkenlerle ilişkisinin araştırılması amaçlanmıştır.

## 2. Materyal ve Yöntemler

### 2.1. Araştırmanın Evren ve Örneklemi

Bu çalışma tanımlayıcı ve kesitsel tipte (01.11/30.12.2017) olup, Türkiye’de bir üniversitenin Sağlık Bilimleri Fakültesi Ebelik Bölümü ve Beden Eğitimi ve Spor Yüksekokulu (BESYO) Antrenörlük ile Beden Eğitimi Öğretmenliği bölümlerinde öğrenim görmekte olan öğrencilerde gerçekleştirilmiştir

Çalışmanın evrenini Türkiye’de bir üniversitenin Sağlık Bilimleri Fakültesi Ebelik Bölümü (N=305) ve BESYO Antrenörlük-Beden Eğitimi Öğretmenliği Bölümleri (N=320) öğrencileri oluşturmuştur. Araştırmanın örneklemini ise çalışmaya gönüllü olarak katılmayı kabul eden Ebelik (n=246), Antrenörlük (n=139) ve Beden Eğitimi Öğretmenliği (n=56) bölümlerinden toplam 441 öğrenci oluşturmuştur.

### 2.2. Veri Toplama Araçları

Verilerin toplanmasında kişisel bilgi formu, Toplumsal Cinsiyet Algısı Ölçeği, Toplumsal Cinsiyet Rollerini Tutum Ölçeği, Saldırganlık Ölçeği ve Çiftler Arası Şiddeti Kabul Ölçeği kullanılmıştır.

**Kişisel Bilgi Formu:** Öğrencilerin yaş, cinsiyet, sınıf, bölüm, şiddete tanık olma durumu ve şiddete uğrama gibi tanımlayıcı özelliklerini belirlemeye yönelik toplam 19 sorudan oluşmuştur.

**Toplumsal Cinsiyet Algısı Ölçeği (TCAÖ):** Geçerlilik güvenilirlik çalışması yapılmış beşli likert tipindeki ölçek yetişkinlere uygulanmak üzere geliştirilmiştir [8] (Altınova ve Duyan,2013). Değişik alanlara özgü bireylerin toplumsal cinsiyet rollerini nasıl algıladıklarıyla ilgili tutumlarını ölçmede kullanılmaktadır. Yirmibeş maddelik ölçeğin maddelerinin 10’u olumlu, 15’i ise olumsuz ifadelerden oluşmaktadır. Ölçekteki Cronbach Alpha değeri 0.92’dir. Ölçekte katılımcılar her bir maddeyi “tamamen katılıyorum (5), .... tamamen katılmıyorum (1) şeklinde derecelendirerek işaretlemektedir. Ölçekte tersine ifadeler çevrilerek (2., 4., 6., 9., 10., 12., 15., 16., 17.,18., 19., 20., 21., 24. ve 25. maddeler) puan hesaplanır. Ölçekten minimum 25, maksimum 125 puan alınabilir. Yüksek puan alınması TCÖ Algısının olumlu olduğunu göstermektedir [8].

**Toplumsal Cinsiyet Rollerini Tutum Ölçeği (TCRTÖ):** Zeyneloğlu’nun [29] geliştirdiği, 38 maddeden oluşan ölçek, toplumsal cinsiyet rollerine ilişkin bireylerin tutumlarını belirlemek için kullanılmaktadır. “Eşitlikçi cinsiyet rolü”, “kadın cinsiyet rolü”, “evlilikte cinsiyet rolü”, “geleneksel cinsiyet rolü”, “erkek cinsiyet rolü” olmak üzere beş alt boyut içerir. Puanlamada en yüksek puan “190”, en düşük puan ise “38” olarak hesaplanmıştır. Ölçekten alınan en yüksek puan, öğrencinin TCRÖ’ne ilişkin “eşitlikçi tutuma sahip” olduğunu, en düşük puan ise, TCRÖ’ne ilişkin ‘geleneksel tutuma sahip’ olduğunu göstermektedir.

**Saldırganlık Ölçeği (SÖ):** Buss-Durkee Düşmanlık Ölçeğinin güncellenmiş formudur. Buss ve Warren [9] tarafından öfke ve saldırganlığı değerlendirmek için geliştirilen, beşli likert tipi yanıtlar içeren ve beş alt ölçekten oluşan 34 maddelik bir ölçektir. Ölçeğin Türkçe geçerlilik ve güvenilirlik çalışması Can [9] tarafından yapılmıştır. Alt ölçekler fiziksel saldırganlık, sözel saldırganlık, öfke, düşmanlık ve dolaylı saldırganlığı değerlendirir. Ölçekten alınan puanlardan 58 ve aşağısı düşük, 59 ve 110 arası normal, 111 ve üzeri yüksek saldırganlık düzeyini göstermektedir. Cronbach Alfa katsayısı ölçeğin tamamı için r=.913 olarak bulunmuştur [9].

**Çiftler Arası Şiddeti Kabul Etme Ölçeği (ÇAŞKEÖ):** Foshee, Futhergill ve Stuart (1992)’in geliştirdiği ve Türkçeye uyarlanması Sezer’in [10] yaptığı 11 maddelik dördümlü likert tipi bir ölçektir. Ölçekten alınan yüksek puan ÇAŞKE düzeyinin yüksek, düşük puan ise ÇAŞKE düzeyinin düşük olduğunu göstermektedir. Ölçeğe ait Cronbach Alfa katsayısı .87 olarak hesaplanmıştır [10].

### 2.3. Verilerin Toplanması

Öğrencilere çalışmanın amacı açıklanmış ve gönüllü olarak katılmak isteyenlerin onamları alınmıştır. Öğrenciler formları sınıf ortamında 10-15 dakika içinde kendi kendilerine doldurmuşlardır.

### 2.4. Verilerin Analizi

Verilerin değerlendirilmesi bilgisayarda sayı, yüzde, ortalama, t testi, ANOVA ve korelasyon analizi kullanılarak yapılmıştır. İstatistiksel anlamlılık düzeyi  $p < 0.05$  olarak kabul edilmiştir.

### 2.5. Araştırmanın Etik Yönü

Araştırmaya başlamadan önce ilgili kurumlardan uygulama izni alınmıştır. Veri toplama aşamasına geçilmeden araştırma hakkında öğrenciler bilgilendirilmiş ve araştırma formu üzerinden çalışmaya katılmayı gönüllü olarak kabul ettiklerine dair seçeneği işaretledikten sonra gönüllü katılımlarının ardından çalışmaya alınmışlardır. Araştırma Helsinki Deklarasyonu Prensipleri'ne uygun olarak yapılmıştır.

### 2.6. Araştırmanın Sınırlılıkları

Çalışmanın bir üniversitenin sınırlı bölümlerinde yürütülmüş olması çalışmanın genellenebilirliğini sınırlandırabilir. Bu nedenle tüm üniversite öğrencilerine genellenemez.

## 3. Bulgular

Öğrencilerin yaş ortalanması  $20.18 \pm 1.69$  (min=17, max=27) yıldır. Çalışma toplam 441 kişi arasında yapılmış olup, katılımcıların %70.7'si kadın, %40.4'ü 1. sınıfta ve %55.7'si Sağlık Bilimleri Fakültesinde öğrenim görmektedir. Öğrencilerin %53.3'ü öğrenimi boyunca şiddet ile ilgili eğitim almamış, %54.7'si çiftler arası şiddete tanık olmamış ve %80.9'u ailesi tarafından şiddete uğramamıştır (Tablo 1).

**Tablo 1. Öğrencilerin sosyodemografik özelliklerin dağılımı (n=441)**

Sosyodemografik Özellikler	n	%
<b>Cinsiyet</b>		
Kadın	312	70.7
Erkek	129	29.3
<b>Sınıf</b>		
1. Sınıf	138	31.1
2. Sınıf	179	40.4
3. Sınıf	76	17.2
4. Sınıf	50	11.3
<b>Okul ve Bölümler</b>		
Sağlık Bilimleri Fakültesi (Ebelik Bölümü)	246	55.7
Beden eğitimi ve spor Yüksekokulu	195	44.3
<i>Antrenörlük Bölümü</i>	139	
<i>Beden Eğitimi Öğretmenliği Bölümü</i>	56	
<b>Şiddetle İlgili Eğitim Alma Durumu</b>		
Evet	206	46.7
Hayır	235	53.3
<b>Şiddete Tanık Olma Durumu</b>		
Çiftler Arasında Şiddete Tanık Olmuştur	200	45.3
Çiftler Arasında Şiddete Tanık Olmamıştır	241	54.7
<b>Şiddete Uğrama Durumu</b>		
Ailesinden Şiddete Uğramıştır	84	19.1
Ailesinden Şiddete Uğramamıştır	357	80.9

Üniversite öğrencilerinin toplumsal cinsiyet algısı, TCR tutumu, SÖ ve ÇAŞKE düzeyi puanlarının cinsiyetlerine göre farklılaşma durumunu ortaya koymak amacıyla ölçek puanları toplanmıştır. Puanlar incelendiğinde erkek TCA ( $\bar{X}$  =93.03), TCR tutumu ( $\bar{X}$  =98.58), saldırganlık ( $\bar{X}$ =100.17) ve ÇAŞKE düzeyi puanlarının ( $\bar{X}$ =21.28) kadın öğrencilere göre yüksek derecede anlamlı olduğu görülmüştür ( $p<0.05$ ) (Tablo 2).

TCRTÖ cinsiyetler arası ortalamaları karşılaştırıldığında; erkek öğrencilerin eşitlikçi cinsiyet rolü ( $\bar{X}$ =20.67), kadın cinsiyet rolü ( $\bar{X}$ =19.53), evlilikte cinsiyet rolü ( $\bar{X}$ =23.29), erkek cinsiyet rolü ( $\bar{X}$ =5.55) ortalamaları anlamlı olarak yüksek bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Kadın öğrencilerin geleneksel cinsiyet rolü alt boyutunda ( $\bar{X}$ =25.14), erkek öğrencilere göre yüksek ve istatistiksel olarak fark anlamlı bulunmuştur. ( $p<0.05$ ). SÖ ölçeğinin cinsiyetler arası ortalamaları karşılaştırıldığında; erkek öğrencilerin ölçek alt boyutları puanlarının hepsinde anlamlı derecede istatistiksel olarak yüksek olduğu saptanmıştır ( $p<0.05$ ). ÇAŞKE Ölçeğinin cinsiyetlere göre puan ortalamaları karşılaştırıldığında; ölçek alt boyutlarının hepsinde erkek öğrencilerin puan ortalamalarının istatistiksel olarak yüksek anlamlı olduğu belirlenmiştir ( $p<0.05$ ) (Tablo 2).

**Tablo 2. Cinsiyetlere göre ölçeklerin puan ortalamalarının karşılaştırılması**

Ölçekler	n	$\bar{X} \pm SD^{***}$	t p
<b>Toplumsal Cinsiyet Algısı Ölçeği</b>	K*	85.85±0.33	-8.145
	E**	93.03±0.73	<b>.000</b>
<b>Toplumsal Cinsiyet Rollerini Ölçeği</b>	K	87.5981±10.53	-8.863
	E	98.5891±14.52	<b>.000</b>
<i>Eşitlikçi Cinsiyet Rolü</i>	K	18.79±3.183	-8.863
	E	20.67±4.003	<b>.000</b>
<i>Kadın Cinsiyet Rolü</i>	K	16.60±3.643	-6.837
	E	19.53±4.268	<b>.000</b>
<i>Evlilikte Cinsiyet Rolü</i>	K	19.59±3.612	-5.879
	E	23.29±6.749	<b>.000</b>
<i>Geleneksel Cinsiyet Rolü</i>	K	25.14±3.313	3.172
	E	24.01±3.675	<b>.000</b>
<i>Erkek Cinsiyet Rolü</i>	K	3.74±1.638	-9.050
	E	5.55±2.008	<b>.000</b>
<b>Saldırganlık Ölçeği</b>	K	81.87±0.53	-7.857
	E	100.17±1.18	<b>.000</b>
<i>Fiziksel Saldırganlık</i>	K	17.51±6.559	-7.218
	E	22.59±7.054	<b>.000</b>
<i>Sözel Saldırganlık</i>	K	12.52±3.610	-5.655
	E	15.30±6.574	<b>.000</b>
<i>Öfke</i>	K	20.13±5.819	-6.422
	E	24.53±8.013	<b>.000</b>
<i>Düşmanlık</i>	K	18.11±5.049	-4.472
	E	20.71±6.618	<b>.000</b>
<i>Dolaylı Saldırganlık</i>	K	13.52±4.238	-6.651
	E	17.04±6.622	<b>.000</b>
<b>Çiftler Arası Şiddeti Kabul Etme Ölçeği</b>	K	15.373±1.13	-7.333
	E	21.28±2.39	<b>.001</b>
<i>Erkeğin Kadına Uyguladığı Şiddet</i>	K	3.92±1.536	-8.116
	E	5.97±2.677	<b>.000</b>
<i>Kadının Erkeğe Uyguladığı Şiddet</i>	K	4.60±2.299	-4.604
	E	5.80±2.554	<b>.000</b>
<i>Genel Çiftler Arası Şiddeti Kabul Etme</i>	K	6.86±2.833	-6.643
	E	9.52±4.166	<b>.000</b>

\*K (Kadın)= 312; \*\*E (Erkek)=129;  $\bar{X}$ =ortalama, SD=Standart sapma

Okullar arası TCA Ölçeği t testi sonucuna göre; BESYO'da öğrenim gören öğrencilerin TCA'nın Ebelik Bölümündeki öğrencilere göre daha olumlu olduğu bulunmuştur ( $\bar{X}$ =91.07,  $p<0.05$ ). Okullar arası TCAÖ alt boyutları t testi sonucuna göre; Ebelik Bölümü öğrencilerin geleneksel cinsiyet rolünde BESYO öğrencilerine göre anlamlı derecede farklılık ile daha geleneksel rol tuttuğu ( $\bar{X}$ =25.24,  $p<0.05$ ). BESYO öğrencilerinin ise daha eşitlikçi ( $\bar{X}$ =20.27,  $p<0.05$ ) olduğu bulunmuştur. SÖ alt boyutları puan ortalamaları okullara göre karşılaştırıldığında; BESYO'da okuyan öğrencilerin, Ebelik Bölümü öğrencilerine göre puan ortalamaları anlamlı olarak daha yüksek bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Öğrencilerin okullarına göre ÇAŞKE Ölçeği alt boyutları puanları karşılaştırıldığında; SÖ'ne benzer sonuçlar elde edilmiştir. BESYO'da okuyan öğrencilerin ÇAŞKE puan ortalamalarının, Ebelik Bölümü öğrencilerinin ortalamalarına göre yüksek, istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmüştür ( $p<0.05$ ) (Tablo 3).

Tablo 3. Okullar arası ölçeklerim puan ortalamalarının karşılaştırılması

Ölçek	Okullar	$\bar{X} \pm SD^{***}$	t p
<b>Toplumsal Cinsiyet Algısı Ölçeği</b>	Ebelik	82.94±9.440	-7.825
	BESYO	91.07±12.344	<b>.000</b>
<b>Toplumsal Cinsiyet Roller Ölçeği</b>			
<i>Eşitlikçi Cinsiyet Rolü</i>	Ebelik	18.59±3.108	-4.957
	BESYO	20.27±3.833	<b>.000</b>
<i>Kadın Cinsiyet Rolü</i>	Ebelik	16.24±3.399	-7.285
	BESYO	18.98±4.304	<b>.000</b>
<i>Evlilikte Cinsiyet Rolü</i>	Ebelik	19.35±3.518	-6.131
	BESYO	22.34±6.061	<b>.000</b>
<i>Geleneksel Cinsiyet Rolü</i>	Ebelik	25.24±3.407	2.912
	BESYO	24.28±3.456	<b>.004</b>
<i>Erkek Cinsiyet Rolü</i>	Ebelik	3.54±1.582	-9.582
	BESYO	5.19±1.951	<b>.000</b>
<b>Saldırganlık Ölçeği</b>			
<i>Fiziksel Saldırganlık</i>	Ebelik	17.08±6.568	-6.640
	BESYO	21.42±6.990	<b>.000</b>
<i>Sözel Saldırganlık</i>	Ebelik	12.36±3.570	-4.633
	BESYO	14.57±5.841	<b>.000</b>
<i>Öfke</i>	Ebelik	19.87±5.106	-5.202
	BESYO	23.35±8.125	<b>.000</b>
<i>Düşmanlık</i>	Ebelik	18.16±5.132	-2.883
	BESYO	19.75±6.185	<b>.003</b>
<i>Dolaylı Saldırganlık</i>	Ebelik	13.16±4.105	-6.155
	BESYO	16.29±6.062	<b>.000</b>
<b>ÇAŞKE Ölçeği</b>			
<i>Erkeğin Kadına Uyguladığı Şiddet</i>	Ebelik	3.87±1.467	-7.071
	BESYO	5.33±2.558	<b>.000</b>
<i>Kadının Erkeğe Uyguladığı Şiddet</i>	Ebelik	4.47±2.168	-4.600
	BESYO	5.33±2.621	<b>.000</b>
<i>Genel Çiftler Arası Şiddeti Kabul Etme</i>	Ebelik	6.75±2.730	-5.960
	BESYO	8.74±3.994	<b>.000</b>

Ebelik (n=246), BESYO (n=195);  $\bar{X}$ =ortalama, SD=Standart sapma

Öğrenimi süresince şiddet ile ilgili konularda eğitim alan (n=206) ve almayan (n=235) öğrencilerin SÖ ortalamaları karşılaştırıldığında; şiddet ile ilgili eğitim almayan öğrencilerin fiziksel saldırganlık alt boyutu ortalaması ( $\bar{X}$ =19.79), şiddet eğitimi alan öğrencilerin ortalamalarına göre ( $\bar{X}$ =18.09) anlamlı olarak yüksek bulunmuştur (p<0.05). Sözel saldırganlık alt boyutunda şiddet eğitimi alan ve almayan öğrencilerin ortalamaları arasında anlamlı farklılık bulunmamıştır (p>0.05). Öfke ve dolaylı saldırganlık alt boyutlarında şiddet eğitimi almayan öğrencilerin ortalamaları sırasıyla  $\bar{X}$ =22.29 ve  $\bar{X}$ =15.22'dur. Gruplar arasındaki fark anlamlı bulunmuştur (p<0.05). Düşmanlık alt boyutunda şiddet eğitimi alan ve almayan öğrencilerin puan ortalamaları arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmamıştır (p>0.05). Şiddetle ilgili eğitim almayan ( $\bar{X}$ =90.25) öğrencilerin eğitim alanlara ( $\bar{X}$ =83.63) göre SÖ toplam puan ortalaması anlamlı ve yüksek bulunmuştur (p<0.05) (Tablo 4).

Öğrencilerin çift şiddetini kabul düzeyleri ile TCR arasında ilişki olup olmadığını değerlendirmek için yapılan korelasyon analiz sonuçlarına göre, genel olarak ÇAŞKE düzeyi ile erkek cinsiyet rolü arasında orta düzeyde anlamlı ilişki (r=0.0443, p<0.001) ve kadına erkeğin uyguladığı şiddeti kabul etme ile evlilikte cinsiyet rolü arasında orta düzeyde anlamlı ilişki bulunmuştur (r=0.423, p<0.001). Aileleri tarafından şiddete uğrayan kişilerin (n=84), erkeğe kadının uyguladığı şiddeti kabul etme ortalamalarının daha düşük ve istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir (p<0.001) (Tablo 5).

**Tablo 4. Öğrenimi süresince şiddet ile ilgili konularda eğitim alma durumuna göre SÖ puan ortalamalarının dağılımı**

Saldırganlık Ölçeği	Şiddet Eğitimi Alma	$\bar{X} \pm SD^{***}$	t p
Fiziksel Saldırganlık	Evet	18.09±6.545	-2.525
	Hayır	19.79±7.454	.012
Sözel Saldırganlık	Evet	12.99±5.613	-1.411
	Hayır	13.64±4.013	.159
Öfke	Evet	20.42±5.470	-2.288
	Hayır	22.29±7.739	.004
Düşmanlık	Evet	18.37±5.645	-1.704
	Hayır	19.29±5.667	.089
Dolaylı Saldırganlık	Evet	13.77±4.378	-2.904
	Hayır	15.22±5.904	.004
<b>SÖToplam</b>	Evet	83.63±22.107	-2.932
	Hayır	90.25±24.792	.004

Evet (n=206), Hayır (n=235);  $\bar{X}$ =ortalama, SD=Standart sapma

**Tablo 5. Üniversite Öğrencilerinin ÇAŞKE Düzeyleri ile TCRÖ Puanları Arasındaki İlişki**

ÇAŞKE Ölçeği	r p*	Eşitlikçi	Kadın	Evlilikte	Geleneksel	Erkek
Genel Olarak ÇAŞKE	r p	0.194 .000	0.347 .000	0.169 .000	-.107 .025	0.443 .000
Erkeğin Kadına Uyguladığı Şiddeti Kabul Etme	r p	0.298 .000	<b>0.423</b> <b>.000</b>	0.247 .007	-.092 .054	0.475 .005
Kadının Erkeğe Uyguladığı Şiddeti Kabul Etme	r p	0.199 .000	0.217 .000	0.130 .007	-.027 .579	0.315 .000

\*p<0.01, r=Pearson korelasyon katsayısı

#### 4. Tartışma

Üniversite öğrencilerinde toplumsal cinsiyet, saldırganlık ve çiftler arası şiddeti kabul etme durumlarını belirlemeyi amaçlayan bu çalışmada öğrencilerin %45'i çiftler arasında şiddete tanık olurken; %19'u ailesi tarafından şiddete uğradığı belirlenmiştir. Aile içinde şiddet ile ilgili literatür tarandığında dünya genelinde pek çok ülkede farklı oranlarda yaşandığı bulunmuştur. Japonya'da %15, Etiyopya'nın kırsal kesimlerinde %71 oranında [11]; Türkiyede ise her 10 kadından 4'ü aile içi şiddeti yaşamaktadır [12]. Aile için şiddetin bu denli yaygın olması gençlerin davranışlarını etkilemektedir. Şiddet eylemlerine tanık olabilir veya duyabilir, ebeveyn şiddetini kendileri yaşayabilir veya her ikisini birden yaşayabilirler [13]. Şiddete çocukluktan maruz kalma, şiddet döngüsünün devam etmesi gibi yıkıcı etkileri olabilmektedir. En yaygın iki biçim, ebeveynlerden çocuğa şiddet ve ebeveynler arası şiddete tanık olma sıklıkla birlikte ortaya çıkar [14] ve bireyin yaşam seyri boyunca zararlı etkileri vardır. Bu çalışmada öğrencilerin yarısına yakını şiddete tanık olurken, neredeyse % 20'si şiddete maruz kalmıştır.

Son yıllarda, aile içi şiddet de dahil olmak üzere şiddet içeren mağduriyetlerin etiyojisini incelemeye yönelik akademik ilgide bir artış olmuştur. Şiddet araştırmaları, topluluk özelliklerinin önemli rolünü vurgulamaktadır. Özellikle toplumsal cinsiyetin saldırganlık ve şiddet üzerindeki rolü azımsanamayacak kadar fazladır. Literatürde, erkeklerin ve kadınların toplumsal cinsiyete dayalı beklentilerinin şiddet oranlarını, özellikle de cinsiyete dayalı suçları etkileyebileceğini göstermektedir [15]. Bu çalışmada üniversite öğrencilerinin cinsiyete dayalı toplumsal cinsiyet, saldırganlık ve şiddet düzeylerini incelendiğinde; erkek öğrencilerin kadın öğrencilere göre toplumsal cinsiyete karşı daha olumlu bakış açılarına sahip oldukları ancak çiftler arasında ortaya çıkan şiddeti erkek öğrencilerin kabul etme düzeylerinin daha yüksek olduğu bulunmuştur. Saldırganlık seviyesi ise her iki cinsiyette de normal seviyededir (Tablo 2). Literatür incelendiğinde toplumsal cinsiyet tutumuna yönelik cinsiyetler arasında farklılıklar olduğu görülmektedir. Ramos-Galarza ve ark.'nın [16] üniversiteli öğrenciler üzerinde yaptıkları çalışmada kadın öğrencilerin erkeklere göre cinsiyet eşitliğine daha fazla eğilim gösterdikleri bulunmuştur [16]. Ülkemizde üniversite öğrencileri üzerinde yapılan çalışmalar incelendiğinde ise sağlık öğrencileri üzerinde Ergin ve ark. [17], Belli ve Aynacı [18], Çifçi ve ark. [19] (2017) kadın öğrencilerin TCRÖ'ne göre tutumlarının erkeklere göre daha yüksek bulunmuştur. Aynı zamanda 12 üniversitenin katıldığı eğitim fakültesi öğrencileri üzerinde yapılan çalışmada da benzer sonuçlar bulunmuştur [20]. Bu çalışmada erkek öğrencilerin TCRÖ tutumlarının yüksek bulunması sporun ve yanında getirdiği rekabet-işbirlikçi anlayışların toplumsal cinsiyet üzerinde olumlu bir etkisi olduğunu düşündürmektedir.

Türkiye'de yapılan toplumsal cinsiyet konulu çalışmalar incelendiğinde erkeklerde geleneksel cinsiyet rol tutumunun daha fazla olduğu görülmektedir [21,22]. Bu çalışmada ise kadınların geleneksel rol tutumlarının erkeklere göre istatistiksel olarak daha fazla olduğu görülmektedir (Tablo 2). Bulgulardaki bu farklılıkların örneklemdeki bireylerin yetiştikleri aile ortamında kadın ve



erkeğe verilen toplumsal cinsiyet rollerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca bu çalışmada erkek öğrencilerin eşitlikçi, kadın, evlilikte ve erkek cinsiyet rolünün daha yüksek bulunması, onların geleneksel bakış açıdan uzak bir ailede yetiştiklerini göstermektedir. Bu roller bölümler arası incelendiğinde kız popülasyonun ebelik, erkek popülasyonun beden eğitimi bölümünde fazla olması nedeniyle ebelik öğrencilerinin daha geleneksel, beden eğitimi öğrencilerinin daha eşitlikçi cinsiyet rolünü benimsedikleri görülmektedir (Tablo 3).

Bu çalışmada şiddet ile saldırganlık incelendiğinde ise; kadın öğrencilere göre erkek öğrencilerin daha saldırgan oldukları görülmüştür. Bu sonucun yordayıcısı olarak hem cinsiyet hem de sporcu olmaları gösterilebilmektedir. Literatür incelendiğinde erkek ve spor okuyan/yapan öğrencilerin diğer öğrencilere göre daha saldırgan oldukları görülmektedir [23,24]. Testosteron düzeyinin erkeklerde fazla olması gibi biyolojik faktörler nedeniyle erkeklerin kadınlara göre daha fazla saldırgan olduğu bilinmektedir [25]. Fiziksel faktör açıdan incelendiğinde ise spor müsabakaları, hırs ve rekabet gibi unsurların spor yapan/okuyan bireylerde daha yüksek olması nedeniyle saldırganlığın bu öğrencilerde fazla olduğu düşünülmektedir. Yukarıda bahsedilen toplumsal cinsiyet tutumunda olduğu gibi beden eğitimi ve spor yüksekokulunda erkek öğrencilerin fazla olması nedeniyle bölümler arası farklılıkların olduğu düşünülmektedir (Tablo 2 ve Tablo 3) [26].

Sosyal bir fenomen olan, cinsiyete dayalı şiddet yalnızca yetişkinlikte değil aynı zamanda gençlik ve ergenlik üzerinde de giderek daha büyük bir etkiye sahip olmaktadır [27]. Cinsiyete dayalı şiddet dünya çapında çok kullanılan kavramlardan birisidir ve “bireye cinsiyeti veya toplumsal cinsiyeti temelinde yöneltilen şiddet” olarak tanımlanmaktadır (OCHCR). Bu çalışmada öğrencilerin cinsiyete dayalı şiddet düzeyleri incelendiğinde erkek ve BESYO’da okuyan öğrencilerin ÇAŞKE ortalamaları, kadın ve ebelik bölümü öğrencilerinin ortalamalarına göre istatistiksel olarak anlamlı biçimde yüksek olduğu görülmüştür (Tablo 2 ve Tablo 3). Bu sonucun saldırganlık ölçeği ile benzer nedenlerden dolayı olduğu düşünülmektedir.

Öğrencilerde şiddet ile ilgili eğitim almanın saldırganlık davranışı üzerinde etkileri olduğu bulunmuştur. Eğitim almayan öğrencilerin şiddete eğiliminin daha fazla olduğu görülmektedir (Tablo 4). Literatür incelendiğinde şiddete yönelik verilen eğitimlerin saldırganlık üzerinde etkisi olduğu bulunmuştur. Akan ve Kıran’ın [28] çalışmasında, eşine şiddet uygulayan erkeklerin şiddeti azaltma ve psiko-eğitim programından sonra saldırganlık davranışlarının azaldığı görülmüştür. Bu sonuçla verilen eğitimin davranış değişikliği konusunda olumlu yönleri olduğunu düşündürmektedir.

Çalışmanın sonucunda erkek öğrencilerin şiddeti kabul ettiği gözlenmektedir. Kadınlarmın özellikle ebelerin cinsiyet algısının daha geleneksel olduğu belirlenmiştir. Ebelik bölümünde sürekli kadın, şiddet ve şiddeti önleme, güçlü kadın olma gibi konularda dersler işlenmesine rağmen kendi davranış ve uygulamaları söz konusu olduğunda hala geleneksel düşündükleri ve davrandıkları gözlenmiştir. Bu toplumsal cinsiyet algısının ailede geliştiğini düşündürmektedir. Ailede kadının güçlendirilmesi bu nedenle önemlidir. Çocuk yetiştirmede anne ve baba rolünü yaşama biçimi önem kazanmaktadır.

## 5. Sonuç ve Öneriler

Araştırma sonucunda erkek öğrencilerin şiddeti daha fazla kabul ettikleri ve eğitimde şiddet derslerinin etkilerinin küçük de olsa olumlu olduğu söylenebilir. Ebelik öğrencilerinin kendi davranış ve uygulamaları söz konusu olduğunda hala geleneksel düşündükleri ve davrandıkları gözlenmiştir. Öğrencilerde şiddet ile ilgili eğitim almanın saldırganlık davranışı üzerinde etkileri olduğu saptanmıştır.

Araştırma bulguları ayrıca, çocukluk ve/veya ergenlik döneminde aile içi şiddete maruz kalan öğrencileri desteklemek için çok sayıda çıkarımlara sahiptir. İlk olarak, üniversite öğretim görevlilerine ve akademik danışmanlara, çocuklukta aile içi şiddete maruz kalmanın, psikolojik sıkıntı ve genç erişkinlikteki uyum güçlükleri de dahil olmak üzere olumsuz sonuçları hakkında psiko-eğitim materyalleri sağlanmalıdır. Ayrıca, öğrencilerin toplumda ve üniversitelerdeki danışma merkezleri ile diğer ruh sağlığı kurumlarıyla bağlantı kurmaları için hangi adımların atılabileceği öğretilmelidir. İkincisi, öğrenciler de bu psiko-eğitim faaliyeti bilgilerinden faydalanabilir ve ilgili danışma merkezleri hakkında bildirilmelidir. Üçüncüsü, üniversite danışma merkezlerinde çalışan danışmanlar ve diğer ruh sağlığı uygulayıcıları, aile içi şiddete maruz kalmanın olumsuz psikolojik sonuçlarını azaltmaya ve çeşitli koruyucu faktörleri teşvik etmeye vurgu yaparak, belirli müdahale programlarıyla ilgili kapsamlı eğitime sahip olmalıdır. Ayrıca öğrencilerin sosyal işlevleri ve sosyal destek ağlarının genişletilmesi önerilir. Bu sonuçlarla ilgilenen terapötik müdahaleler, öğrencilere yardımcı olmayı ve olumsuz olaylara maruz kalmanın duygusal zorlukların gelişimine önemli ölçüde nasıl katkıda bulunduğunu anlamayı amaçlamalıdır.

### Teşekkür

Bu çalışmaya katılan öğrencilere en içten teşekkürlerimizi sunarız.

### Kurumsal ve Finansal Destek Beyanı

Bu araştırma herhangi bir kuruluş tarafından desteklenmemiştir.

## Çıkar Çatışması Beyanı

Yazarlar, bu makale ile ilgili olarak herhangi bir potansiyel çıkar çatışması beyan etmemektedir.

## Referanslar

- [1] U. G. Assembly, “Convention on the elimination of all forms of discrimination against women”, 1979 [Retrieved April, 20, 2006].
- [2] G. Shannon, M. Jansen, K. Williams, C. Cáceres, A. Motta, A. Odhiambo, et al. (2019). Gender equality in science, medicine, and global health: where are we at and why does it matter?. *The Lancet*, vol.393,no.10171, pp.560-569,2019.
- [3] G. R. Gupta, N. Oomman, C. Grown, K. Conn, S. Hawkes, Y. R. Shawar, et al. Gender equality and gender norms: framing the opportunities for health. *The Lancet*, vol. 47, no.10190, pp. 2550-2562, 2019.
- [4] UN Women Office of the Special Advisor to the Secretary General on Gender Issues and the Advancement of Women. (Erişim Adresi: <https://www.un.org/womenwatch/osagi/conceptsanddefinitions.htm>), (Erişim Tarihi: 18.11.2022).
- [5] C. L. Yodanis, “Gender inequality, violence against women, and fear: A cross-national test of the feminist theory of violence against women”, *Journal of Interpersonal Violence*, vol.19, no.6, pp. 655-675, 2004.
- [6] X. Jiang, “Confucianism, women, and social contexts”, *Journal of Chinese philosophy*, vol.36, no.2, pp. 228-242, 2009.
- [7] G. B. Forbes, L. E. Adams-Curtis, & K. B. White, “First-and second-generation measures of sexism, rape myths and related beliefs, and hostility toward women: Their interrelationships and association with college students’ experiences with dating aggression and sexual coercion”, *Violence Against Women*, vol.10, no.3, pp.236-261, 2004.
- [8] H.H. Altınova ve V. Duyan, “Toplumsal cinsiyet algısı ölçeğinin geçerlik güvenirlik çalışması”, *Toplum ve Sosyal Hizmet*, vol.24, no.2, pp.9-22, 2013.
- [9] S. Can, Aggression Questionnaire adlı ölçeğin Türk popülasyonunda geçerlilik ve güvenirlik çalışması. Uzmanlık Tezi, Genel Kurmay Başkanlığı Gülhane Askeri Tıp Akademisi Haydarpaşa Eğitim Hastanesi, İstanbul,2002.
- [10] Ö. Sezer, “Çiftler Arası Şiddeti Kabul Ölçeğinin Türkçeye Uyarlanması: Geçerlik ve Güvenirlik Çalışmaları”, *İnönü Üniversitesi Eğitim Fakültesi Dergisi*, vol.9, no.16, 2008.
- [11] A. Semahegn, & B.Mengistie, “Domestic violence against women and associated factors in Ethiopia; systematic review”, *Reproductive Health*, vol.12, no.1, pp.1-12, 2015.
- [12] Nüfus Etütleri Enstitüsü, Türkiye’de Kadına Yönelik Aile İçi Şiddet Araştırması. (Erişim Adresi: <http://www.openaccess.hacettepe.edu.tr:8080/xmlui/bitstream/handle/11655/23338/KKSA-TRAnaRaporKitap26Mart.pdf?sequence=1&isAllowed=y>) (Erişim Tarihi: 21.11.2022), 2015.
- [13] E. Maneta, S. Cohen, M. Schulz, & R. J. Waldinger, “Links between childhood physical abuse and intimate partner aggression: The mediating role of anger expression”, *Violence and Victims*, vol. 27, no.3, pp.315-328, 2012.
- [14] S. Hamby, D.Finkelhor, H. Turner, R. Ormrod, “The overlap of witnessing partner violence with child maltreatment and other victimizations in a nationally representative survey of youth”, *Child Abuse and Neglect*, vol.34, no.10, pp.734-741, 2010.
- [15] A. Goodson, & L. A. Bouffard, “Social disorganization and gender equality as correlates of family violence and rape”, *Journal of Crime and Justice*, vol. 42, no.3, pp.274-287, 2019.
- [16] C. Ramos-Galarza, D.Apolo, S.Peña-García, & J. Jadán-Guerrero, “Gender differences towards gender equality: Attitudes and perceptions of college students”, *Review of European Studies*, vol.10, p.61, 2018.
- [17] A. Ergin, T. Bekar, & G. Aydemir Acar, “Tıp Fakültesi Öğrencilerinin Toplumsal Cinsiyet Rollerine Yönelik Tutumları ve Etkileyen Faktörler”, *Fırat Tıp Dergisi*, vol.24, no.3, 2019.
- [18] A. Belli, ve G. Aynacı, “Üniversite Öğrencilerinin Toplumsal Cinsiyet Rollerine Algısı: Kadınlar Kendilerini Nasıl Güçlendirebilir?”, *OPUS International Journal of Society Researches*, vol.15,no.26, pp.4208-4229, 2020.
- [19] S. Çifçi, V. B. Değer, N. Bayram, “Üniversite Öğrencilerinin Toplumsal Cinsiyet Algıları:‘Mardin Artuklu Üniversitesi Örneği’”, *Uluslararası Hakemli Ekonomi Yönetimi Araştırmaları Dergisi*, vol.37, no.14, 2017.
- [20] T. A. Erdol, F. Özen, & Ç. Toraman, “Türkiye'deki Eğitim Fakültesi Öğrencilerinin Toplumsal Cinsiyet Eşitliğine Yönelik Görüşleri”, *Journal of Kırşehir Education Faculty*, vol.20, no.2, 2019.
- [21] O. Altuntaş, H.H. Altınova, “Toplumsal cinsiyet algısı ile sosyo-ekonomik değişkenler arasındaki ilişkinin belirlenmesi”, *Turkish Studies (Elektronik)*, vol.10, no.6, pp.83-100,2015.
- [22] D. V. Yılmaz, S. Zeyneloğlu, S. Kocaöz, S. Kısa, L. Taşkın, K. Eroğlu, “Üniversite öğrencilerinin toplumsal cinsiyet rollerine ilişkin görüşleri”, *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi*, vol.6, no.1, pp.775-792, 2009.
- [23] İ. Şeker, & T. Uslu, “Spor yapan ve spor yapmayan üniversite öğrencilerinin sosyal beceri, saldırganlık ve spor ahlaki düzeylerinin incelenmesi: Harran üniversitesi örneği”, *Spor Eğitim Dergisi*, vol. 4, no.2, pp.172-189,2020.
- [24] G. Bostan, & E. Kılıçgil, “Beden eğitimi ve spor yüksekokulu öğrencisi olan ve olmayan ankara üniversitesi öğrencilerinin saldırganlık boyutları”, *Spor metre Beden Eğitimi ve Spor Bilimleri Dergisi*,vol. 6, no.3, pp.133-140,2008.
- [25] C. A. Anderson, & L. R. Huesmann, Human aggression: A social cognitive view. In Hogg M. A. & Cooper J. (Eds.), *The Sage Handbook of Social Psychology* (pp. 221-248). Thousand Oaks, CA: Sage Publications,2003.
- [26] L. A. Keeler, “ The Differences in Sport Aggression, Life Aggression, and Life Assertion Among Adult Male and Female Collision, Contact, and Non-Contact Sport Athletes”, *Journal of Sport Behavior*, vol.30,no.1, 2007.

- [27] E. Borrajo Mena, & M. Gámez Guadix, “Comportamientos, motivos y reacciones asociadas a la victimización del abuso online en el noviazgo: un análisis cualitativo”, *Journal of Victimology*, vol.2, pp.73-95,2015.
- [28] Y. Akan, & B. Kıran, “Şiddeti azaltma psiko-eğitim programı'nın (ŞAPP) eşine şiddet uygulayan erkeklerin saldırganlık, duygu yönetimi ve ilişki özyeterlik düzeylerine etkisinin incelenmesi”, *Kadem Kadın Araştırmaları Dergisi*, vol.5,no.1, pp.31-65, 2018.
- [29] S. Zeyneloğlu, “Ankara’da Hemşirelik Öğrenimi Gören Üniversite Öğrencilerinin Toplumsal Cinsiyet Rollerine İlişkin Tutumları”. Yayımlanmamış Doktora Tezi. Ankara: Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü, 2008.

## Effects of Additives on Concrete-Rebar Adherence

Kemal Tuşat Yücel <sup>a, 1</sup>, Kemal Muhammet Erten <sup>b</sup>

<sup>a</sup>Suleyman Demirel University, Faculty of Engineering, Isparta, Turkey  
ORCID ID: 0000-0001-7684-0784

<sup>b</sup>Isparta University of Applied Sciences, Yalvaç Technical Sciences Vocational School, Isparta, Turkey  
ORCID ID: 0000-0001-5181-4109

### Abstract

In composite reinforced concrete elements formed by concrete and rebar, only if these two materials work together, reinforced concrete elements can fully function. The significant factor that will ensure working together is the bond strength, which is called adherence. The higher the value of this force, the harder the rebar is to pull out from the concrete. In this experimental study, the effect of concrete additives and aggregate type on the bond strength and the amount of elongation of the reinforcement without stripping from the concrete was investigated. For this purpose, 28-day compressive strength and adherence force and reinforcement elongation amounts of the concrete mixtures produced by using mineral, chemical and fiber additives for two different aggregate series, crushed stone and gravel, and two different cement dosages, were observed. In addition, by using 3 different rebar in terms of diameter and surface properties, the effect of these properties on concrete-rebar adherence was revealed. As a result of the study, the use of crushed stone aggregate, hyperplasticizer additive, mineral additive and ribbed rebar with 18mm diameter increased the bond strength compared to the reference samples.

**Keywords:** “Concrete, concrete-rebar adherence, mineral additive, chemical additive, fiber additive.”

## 1. Giriş

Dünyada en yaygın olarak kullanılan yapı malzemesi olan betonun uzun yıllardır çeşitli katkı maddeleriyle işlenebilirlik, dayanım, dayanıklılık gibi özellikleri iyileştirilmeye çalışılmaktadır [1-4].

Bu amaçla kullanılan katkı maddeleri mineral, kimyasal ve fiber katkılar olarak ana başlıklar altında ele alınabilirler [5]. Katkı maddeleri fiziksel ve kimyasal yapıları itibarı ile, taze ve sertleşmiş beton özelliklerine farklı etkiler yapmaktadırlar [6-10].

Genel hatlarıyla; çimento hamuru ve agrega taneleri arasındaki temas yüzeyinin betonun en zayıf halkası olması nedeniyle bu fazın iyileştirilmesi amacıyla beton karışımında boşluk doldurma ve bağlayıcılık özelliği olan mineral katkılar [11], betonun işlenebilirlik özelliğini geliştirmek amacıyla kimyasal katkılar [12], tokluk, çatlak ve darbe direncine katkı sağlaması amacıyla da fiber katkılardan [6] yararlanılmaktadır. Bu katkılar sayesinde sadece dayanım özellikleri değil durabilite açısından da betonun kalitesi artmaktadır [1, 13-15].

Beton-donatı ara yüz kalitesinin artırılmasının aderans (kenetlenme) dayanımını artırdığı bilinmektedir [16]. Mineral katkılarının ince yapıları sayesinde mikroyapıyı iyileştirme etkisi ile [16], fiber katkılarının ise beton içerisinde çatlak ilerlemesini azaltma özellikleri ile bu yapıyı güçlendirmesi [17] aderans dayanımını olumlu etkilemektedir.

Deprem kuşağında olan ülkemiz için betonarme elemanlarda özellikle beton-donatı aderansı da kaliteli beton üretimi kadar önemli ve ele alınması gereken bir konudur. Beton-donatı arasındaki aderans için nervürlü donatıların kullanımı [18, 19] şüphesiz çok önemlidir. Nervürlü donatı kullanımının ülkemizde zorunlu kılınması, donatının betonla olan kenetlenmesini geliştirerek deprem anında donatının betondan sıyrılma olasılığının azaltılması için önemli bir adım olmuştur.

Çalışmada; kırmataş ve çakıl agregalarla üretilen betonlar için, kimyasal katkı olarak süper ve hiper akışkanlaştırıcı katkılar, mineral katkı olarak uçucu kül ve silis dumanı ve polipropilen fiber katkı kullanılarak üretilen betonların basınç dayanımları kıyaslanmış ayrıca 14 mm çapında düz ve nervürlü donatılar ile 18 mm çapında nervürlü donatı kullanılarak bu betonların

<sup>1</sup> Corresponding author. Tel.: 0246-211-14-18  
E-mail address: tusat2001@hotmail.com

donatıyla aderansı, pull out (çekip çıkarma) deneyi ile kontrol edilmiştir. İki farklı çapta nervürlü demir kullanılarak çapın aderansa etkisi ve düz demir kullanılarak da nervürün aderansa etkisi incelenmiştir.

Deneyssel olarak yürütülen çalışma ile; agrega, beton katkıları, donatı çap ve yüzey dokusu, çimento dozajı gibi betonarme elemanların temel bileşenlerinde yapılan değişiklikler ile sadece beton basınç dayanımı değil aderans kuvveti ve yük altında donatıda meydana gelebilecek uzama miktarlarına ilişkin kapsamlı bir araştırma yapılmıştır. Çalışmada, aderans deneyi 30 ton tük kapasiteli hidrolik prensiple çalışan pull-out deney cihazıyla yapılmıştır. Çalışmada kullanılan pull out deney cihazı 106 M155 Sayılı TÜBİTAK Projesi ile Doç. Dr. Kemal Tuşat YÜCEL tarafından tasarlanmıştır.

## 2. Materyal ve Metod

Deneyssel olarak yürütülen çalışmada; CEM I 42,5 R tipi çimento kullanılmıştır, kullanılan agrega türleri kırmataş I, kırmataş II, çakıl I ve çakıl II'dir. Agregaların farklı şekillerde birleşimiyle 2 tip karışım oluşturulmuştur.

Karışım 1 için; kırmataş I, kırmataş II ve kum,

Karışım 2 için; çakıl I, çakıl II, kırmataş II ve kum kullanılmıştır.

Katkı olarak; polinaftelen (süper) ve polikarboksilat (hiper) esaslı kimyasal katkıları, Çatalağzı (F tipi) ve Seyitömer (C tipi) termik santrallerinden elde edilen uçucu küller, Antalya Etibank Ferrokrom fabrikasından temin edilen silis dumanı (ferrosilisyum (FeSi)) ve polipropilen fiber katkı kullanılmıştır.

### 2.1. Deneylerde Kullanılan Malzemelerin Özellikleri

Tablo 1. Agregaların tane yoğunlukları ve su emme oranları

Agrega Kodu	Görünen Tane Yoğunluğu (Mg/m <sup>3</sup> )	Su Emme Oranı (%)	Kütle oranı
<b>KTI</b>	2.80	0.81	
<b>KTII</b>	2.72	0.60	
<b>ÇI</b>	2.70	0.60	
<b>ÇII</b>	2.69	0.50	
<b>Kum</b>	2.56	1.27	

Tablo 2. Çimentonun özellikleri

Kimyasal analiz (% Kütle)												
SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	K.K.	Ç.K	Cl <sup>-</sup>	S.CaO	A.Z		
17.52	4.06	3.45	56.56	1.66	2.44	2.99	0.24	0.001	1.35	3.41		
Karma Oksit Bileşenleri (Bogue) (%Kütle)												
C <sub>3</sub> S			C <sub>2</sub> S			C <sub>3</sub> A		C <sub>4</sub> AF				
54.57			8.26			4.92		10.49				
Fiziksel ve mekaniksel özellikler												
İncelik		Priz Süreleri		Tane Yoğunluğu (Mg/m <sup>3</sup> )	Blaine (m <sup>2</sup> /kg)	Le Chatelier (mm)	Mukavemet Değerleri (N/mm <sup>2</sup> )					
200 µ	90 µ	Başlangıç	Bitiş				2 gün		7 gün		28 gün	
							Eğilme	Basınç	Eğilme	Basınç	Eğilme	Basınç
2.5	0.1	2s 55dk.	3s 45dk.	3.12	311	1	4.4	28.2	6.1	43.2	7.1	53.1

Tablo 3. Kimyasal katkıların özellikleri

Değerlendirme Kriteri	Süper (polinaftelen)	Hiper (polikarboksilat)
<b>Bağlı Yoğ. (kg/l,20°C)</b>	1.21	1.1
<b>Katı madde (%)</b>	41.5	22.0
<b>pH</b>	6.0	3-7

Tablo 4. Uçucu küllerin kimyasal özellikleri

Oksit (%)	Çatalağzı	Seyitömer
SiO <sub>2</sub>	57.5	54.38
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	25.53	20.6
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	6.01	11.16
S+A+F	89.04	86.14
CaO	1.15	2.92
MgO	2.45	4.13
SO <sub>3</sub>	0.18	0.59
K <sub>2</sub> O	4.66	3.15
Na <sub>2</sub> O	0.46	0.79
KK	1.12	3.01
Cl-	0.015	0.006
Serb. CaO	0.13	0.26
Reak. SiO <sub>2</sub>	34.18	39.01
Reak. CaO	0.65	2.49
Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.02	0.06
TiO <sub>2</sub>	1.19	0.89
Rut %	0.31	0.35
Alkali Top	5.12	3.93
Görünen tane yoğunluğu (Mg/m <sup>3</sup> )	2.00	2.13

Tablo 5. Silis dumanının kimyasal özellikleri

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	S+A+F	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	TiO <sub>2</sub>
77.06	0.84	1.28	79.17	0.73	5.70	0.21	5.16	1.19	3.21	0.03

Tablo 6. Polipropilen fiber katkı özellikleri.

Kimyasal Yapı (%)	Özgül Ağırlık (g/cm <sup>3</sup> )	Ergime Noktası (°C)	Tutuşma Sıcaklığı (°C)	Özgül Yüzey Alanı (m <sup>2</sup> /kg)	Alkali Direnci (%)	Çekme Dayanımı (N/mm <sup>2</sup> )	Elastiklik Modülü (N/mm <sup>2</sup> )
100 polipropilen lif	0.91	160	365	250	100	300 – 400	4000

Tablo 7. Çelik donatı özellikleri

Donatı Çapı	Akma		Çekme		Kopma uzama oranı (%)	E (kgf/mm <sup>2</sup> )
	Kgf	MPa	kgf	Mpa		
Ø 18 N	12347	486	15231	599	21.7	20416
Ø 14 N	7936	523	9618	634	21.4	19013
Ø 14 D	4976	314	7422	469	31.1	21917

Beton karışım hesaplarında çökme en az 160mm olacak şekilde, kimyasal katkı oranı için ise terleme olmaksızın en fazla çökme veren katkı dozajı ve tipi dikkate alınmıştır. Mineral katkıları, çimento miktarının yüzdesi olarak belirlenmiştir. Uçucu kül %20, silis dumanı %10, silis dumanı + uçucu kül %10 + %10 oranlarında kullanılmıştır.

Beton üretimleri için yapılan kodlamalara ait kısaltmalar:

- Agregası tipi; K (Kırmataş), Ç (Çakıl)
- Silis dumanı; SD
- Polipropilen fiber katkı; F
- Uçucu kül; UF (F tipi), UC (C tipi)
- Kimyasal katkı; S (Polinaftelen), H (Polikarboksilat)
- 35; 350 kg/m<sup>3</sup> dozlu beton, 40; 400 350 kg/m<sup>3</sup> dozlu beton.
- Ø 18 N; 18 mm çapında Nervürlü donatı
- Ø 14 D; 14 mm çapında Düz donatı

Tablo 8. Yüzdece agrega karışım oranları

Agrega Türü	Seri I	Seri II
	İri Agregat (Salt Kırmataş)	İri agregat (Çakıl+Kırmataş)
Kırmataş I	25	--
Kırmataş II	20	10
Çakıl I	--	20
Çakıl II	--	15
Kum	55	55

## 2.2. Aderans Deneyi

Aderans deneyi için; öncelikle 15x15x60 cm boyutlardaki prizmatik kalıplara donatılar yerleştirilmiş ardından hazırlanan beton karışımları dökülerek kalıplanmıştır. Numuneler kür havuzunda bekletildikten sonra 28. gün aderans deneyi uygulanmıştır. Basınç deneyi numuneleri için benzer şekilde donatısız olarak küp numuneler hazırlanmış ve numuneler 28. gün kırılarak deney sonuçları elde edilmiştir.



Şekil 1. Aderans deneyi numuneleri



Şekil 2. Pull out deneyinin uygulandığı



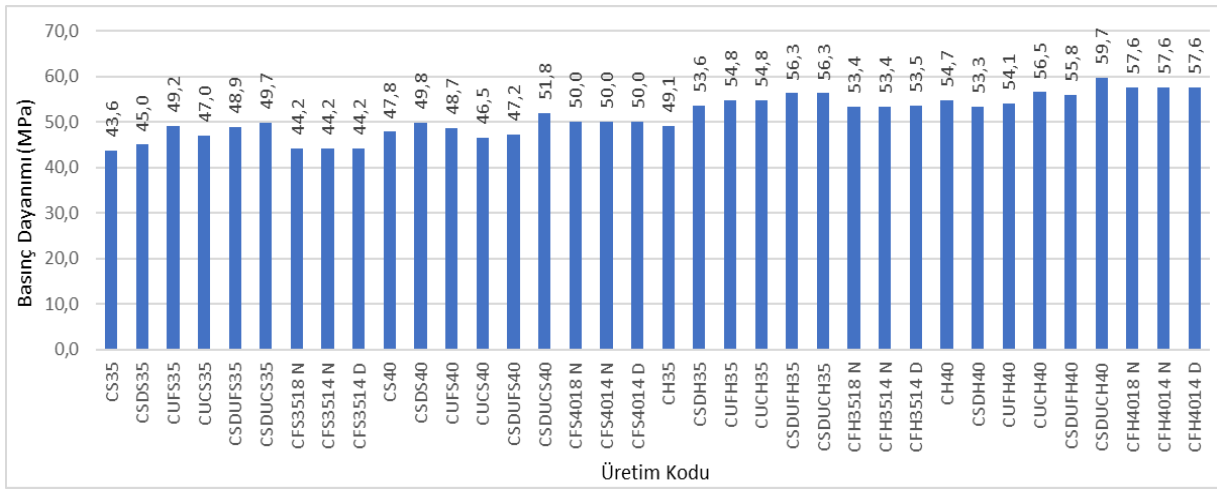
Şekil 3. Pull out deneyi sonrası (donatı sıyrıldıktan sonra) numune kesit görünümü

### 3. Bulgular ve Tartışma

Üretimlere ait deney sonuçlarına göre hazırlanan aşağıda verilen grafikler incelendiğinde:

Şekil 4'e göre; çakıllı seride en yüksek basınç dayanımı (59.7 Mpa) silis dumanı, C tipi uçucu kül ve Hiper akışkanlaştırıcı katkının birlikte kullanıldığı 400 dozlu betondan (CSDUCH40) elde edilmiştir. En düşük basınç dayanımı (43.6 Mpa) ise mineral ve fiber katkı kullanılmayan 350 dozlu CS35 betonundan elde edilmiştir.

Çakıllı seri için genel bir değerlendirme yapılırsa, çimento dozajı arttıkça beton basınç dayanımı artmıştır. Hiper akışkanlaştırıcı katkı basınç dayanımı değerlerini süper akışkanlaştırıcı katkıya göre artırıcı etki göstermiştir. Ayrıca mineral katkı kullanımı da genel olarak şahit numuneye kıyasla basınç dayanımı sonuçlarını artırmıştır. CS35 serisinde F tipi uçucu kül (CUFS35) ve silis dumanıyla uçucu küllerin birlikte kullanıldığı (CSDUFS35 ve CSDUC35) betonlarda, CS40 serisinde fiber katkı (CFS40) ve silis dumanıyla C tipi uçucu külün birlikte kullanıldığı (CSDUCS40) betonlarda, CH35 serisinde tüm katkı türleriyle üretilen betonlar için, CH40 serisinde ise Fiberli (CFH40) ve silis dumanıyla C tipi uçucu külün birlikte kullanıldığı (CSDUCH40) betonlarda şahit numunelere göre belirgin artışlar gözlenmiştir.



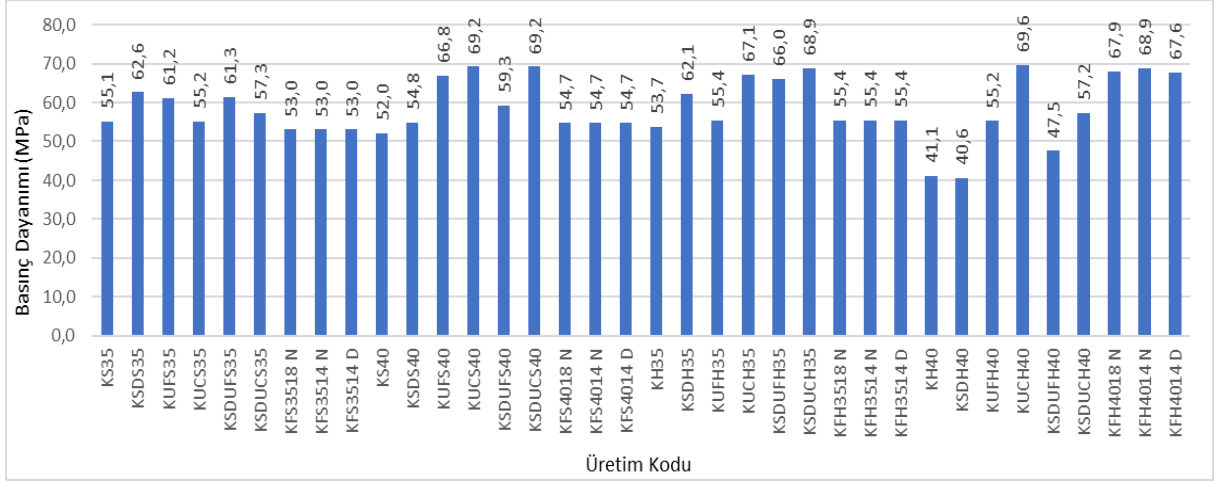
Şekil 4. Çakıllı seri beton numunelerine ait basınç dayanımı değerleri

Şekil 5'e göre; kırmataşlı seride en yüksek basınç dayanımı (69.6 Mpa) C tipi uçucu kül ve Hiper akışkanlaştırıcı katkının birlikte kullanıldığı 400 dozlu betondan (KUCH40) elde edilmiştir. En düşük basınç dayanımı (40.6 Mpa) ise Silis dumanı ve Hiper akışkanlaştırıcı katkının birlikte kullanıldığı 400 dozlu betondan (KSDH40) elde edilmiştir.

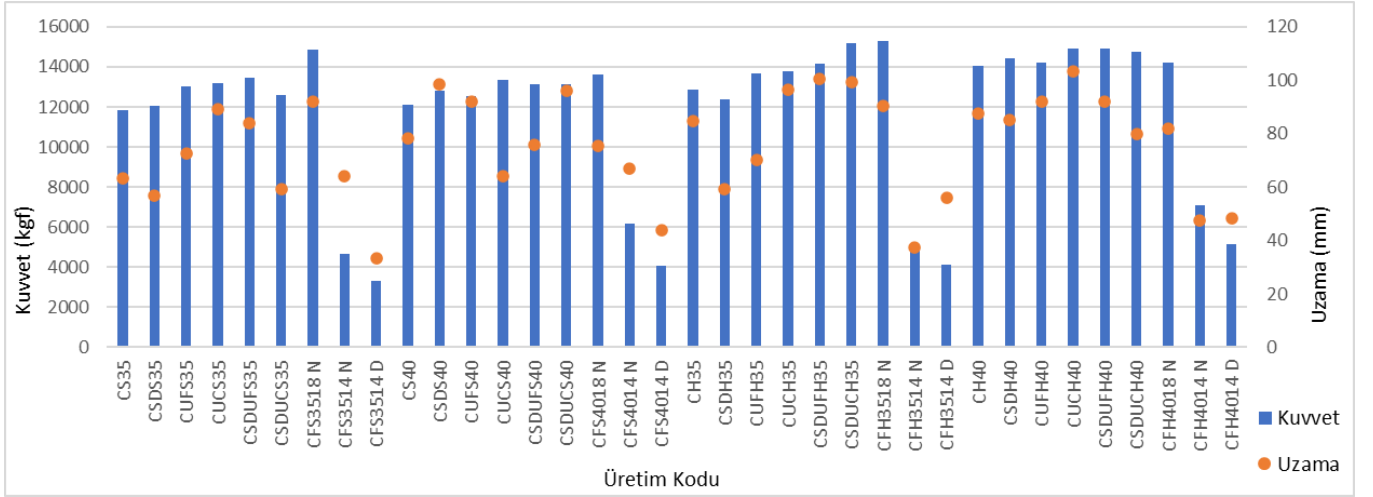
Şekil 4 ve Şekil 5 birlikte değerlendirildiğinde, fiber katkıların çimento dozajı artışı ve hiper akışkanlaştırıcı katkı kullanımıyla daha etkili olduğu görülmüştür. Hiper akışkanlaştırıcı katkının fiber katkının beton içerisinde homojen dağılmasına yardımcı olmasının bu sonuç için etkili olduğu düşünülmüştür. Kırmataşlı serilerde mineral katkı kullanımı çakıllı serilere göre daha yüksek basınç dayanımı artışı sağlamıştır. Kırmataş agreganın köşeli yapısı nedeniyle beton içerisinde oluşan boşlukları, ince taneli yapısıyla mineral katkıların doldurması basınç dayanımı sonuçlarına olumlu yansımıştır. Yine kırmataş agreganın



köşeli yapısı sayesinde çimento hamuru agrega kenetlenmesinin daha iyi olması, ortalama olarak kırmataşlı seri numunelerinden çakıllı seri numunelerine göre daha yüksek basınç dayanımı değeri elde edilmesini sağlamıştır.



Şekil 5. Kırmataşlı seri beton numunelerine ait basınç dayanımı değerleri



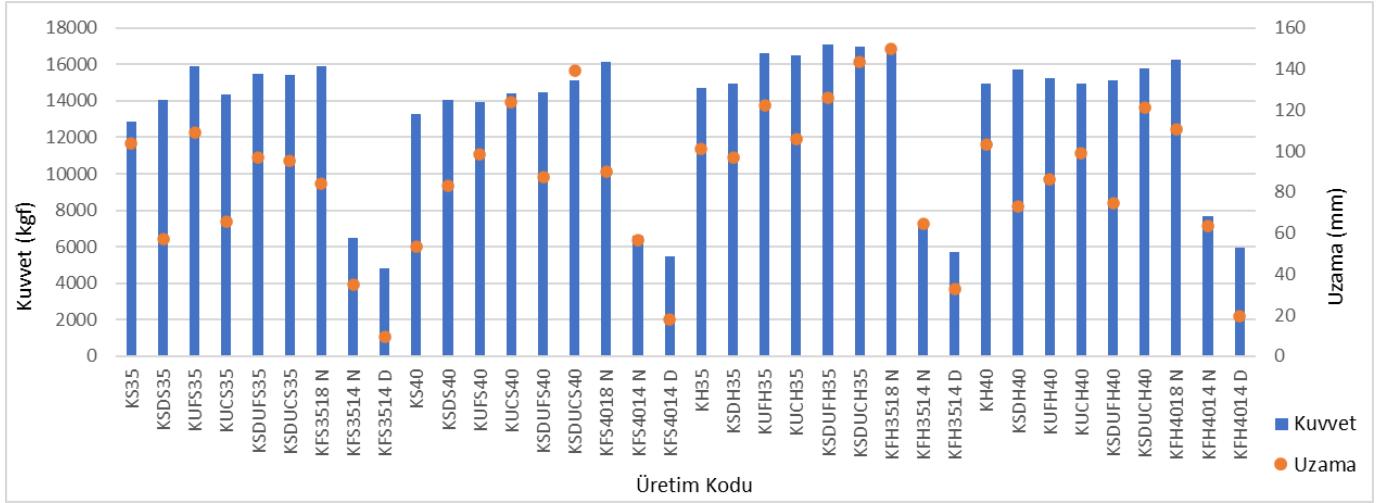
Şekil 6. Çakıllı seri beton numunelerine ait aderans kuvveti ve donatı uzama değerleri

Çakıllı seride en büyük aderans kuvveti CFH3518N betonundan (15297 kgf) ve uzama değeri (donatının beton içinden sıyrılması) ise CUCH40 (103.2 mm) betonunda en yüksek bulunmuştur. En küçük aderans kuvveti ve uzama değeri CFS3514D (3310 kgf ve 33.5 mm) betonundan elde edilmiştir. Çimento dozajı artışı aderans kuvveti değerlerine olumlu yansımıştır. Burada hiper akışkanlaştırıcı katkının süper akışkanlaştırıcı katkıya göre daha etkili olduğu görülmektedir. Hiper akışkanlaştırıcı katkının kullanıldığı serilerde genel olarak beton-donatı aderansı daha iyi olduğu için donatı sıyrılmadan önce daha fazla uzama yapabilmektedir. Özellikle 18 mm çapında nervürlü donatılarla üretilen betonlarda hem aderans kuvveti hem de donatı uzama miktarı değerleri yüksek çıkmıştır. Düz yüzeyli donatılarla üretilen betonlarda ise, donatı yüzey yapısının betonla aderans sağlayamaması nedeniyle en düşük sonuçlar elde edilmiştir. Mineral katkı kullanımı da genel olarak aderans kuvvetini artırıcı etki yaratmıştır.

Kırmataşlı beton serisinde en büyük aderans kuvveti KSDUHF35 betonundan (17102 kgf), en büyük uzama değeri KSDUCH35 (143.2 mm) betonundan ölçülmüştür. En düşük aderans kuvveti ve uzama değerleri KFS3514D (4833 kgf ve 9.5 mm) betonundan elde edilmiştir.

Kırmataşlı seri için de çakıllı seriye benzer şekilde hiper akışkanlaştırıcı katkının süper akışkanlaştırıcı katkıya göre daha etkili olduğu görülmektedir. Hiper akışkanlaştırıcı katkının kullanıldığı serilerde genel olarak beton-donatı aderansı daha iyi olduğu için donatı sıyrılmadan önce daha fazla uzama yapabilmektedir. Çakıllı seriye benzer şekilde kırmataşlı seride de 18 mm çapında nervürlü donatılarla üretilen betonlarda hem aderans kuvveti hem de donatı uzama miktarı değerleri daha yüksek çıkmıştır. Düz yüzeyli donatılarla üretilen betonlarda ise en düşük sonuçlar elde edilmiştir. Mineral katkı kullanımı burada da genel olarak aderans kuvvetini artırıcı etki yaratmıştır.

Basınç dayanımı sonuçlarına benzer şekilde beton içerisinde kırmataş agrega kullanımı aderans kuvvetini artırıcı etki yaratmıştır. Ayrıca donatıyla kenetlenme iyileşmiş ve buna bağlı olarak ortalama donatı uzama miktarları da kırmataşlı seride daha yüksek çıkmıştır.



Şekil 7. Kırmataşlı seri beton numunelerine ait aderans kuvveti ve donatı uzama değerleri

#### 4. Sonuçlar

Beton katkılarının, çimento dozajının ve agrega tipinin; pull out deneyi için beton-donatı aderans kuvveti ve donatı uzaması değerlerine ayrıca beton basınç dayanımı sonuçlarına etkilerinin incelendiği bu deneysel çalışmada aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

- Beton içerisinde kırmataş agrega kullanımı çakıl agrega kullanımına göre; betonun basınç dayanımı, aderans kuvveti ve donatı uzama değerlerini olumlu etkilemiştir.
- Mineral katkıların beton karışımında kullanılmasıyla beton basınç dayanımı değerleri yükselmiştir.
- Çimento dozajının artması her iki seride de basınç dayanımı açısından olumlu etki yaratmıştır. Ancak aderans kuvveti ve donatı uzama miktarı açısından çimento dozajı artışı sadece çakıllı seride olumlu sonuç vermiştir.
- Hiper akışkanlaştırıcı katkı kullanımı süper akışkanlaştırıcı katkıya göre sonuçlara daha olumlu yansımıştır.
- Silis dumanı, uçucu kül (C ve F tipi) mineral katkılı betonların basınç ve aderans dayanımı sonuçları şahit betonlara göre yüksek çıkmıştır. Fiber katkılı betonlarda da bahsedilen dayanım değerleri şahit betonlara göre yüksektir.
- Hem kırmataş hem de çakıllı seri için, basınç dayanımının artmasıyla birlikte aderans dayanımı da artış göstermiştir.
- Betonarme donatılarının nervürlü seçilmesi aderans kuvveti ve sıyrılma anına kadar ki donatı uzaması açısından olumlu sonuç vermiştir.
- Donatı çapının artması da aderans dayanımı ve donatı uzama değerlerini artırmıştır.

#### Teşekkür

Bu çalışma Süleyman Demirel Üniversitesi 1621-YL-08 no'lu bilimsel araştırma projesi ve TÜBİTAK 106M155 - 104M568 no'lu projeler tarafından desteklenmiştir ve 'Katlılı Betonların Aderans Dayanımının İncelenmesi' başlıklı yüksek lisans tezinden türetilmiştir.

#### Referanslar

- [1] Camacho, R. E. R., Afif, R. U. (2002). Importance of using the natural pozzolans on concrete durability. *Cement and Concrete Research*, 32, 1851-1858.
- [2] Pereira, P., Evengelista, L., Brito, J. D. (2012). The effect of superplasticisers on the workability and compressive strength of concrete made with fine recycled concrete aggregates. *Construction and Building Materials*, 28, 722-729. doi:10.1016/j.conbuildmat.2011.10.050
- [3] Abdalla, L. B., Ghafor, K., Mohammed, A. (2019). Testing and modeling the young age compressive strength for high workability concrete modified with PCE polymers. *Results in Materials*, 1. https://doi.org/10.1016/j.rinma.2019.100004

- [4] Reddy, P. V. R. K., Prasad, D. R. (2022). A study on workability, strength and microstructure characteristics of graphene oxide and fly ash based concrete. *Materialstoday: proceedings*, 62(6), 2919-2925. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.02.495>
- [5] Özel, C., "Katlı Betonların Reolojik Özelliklerinin Taze Beton Deney Yöntemlerine Göre Belirlenmesi," Doktora Tezi, 249 s., Isparta, 2007.
- [6] Altun, F., Özcan, D. M., Vekli, M., Karahan, O. (2004). Çelik Lif Katkılı C 20 Betonun Mekanik Özelliklerinin Deneysel Araştırılması. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 4(1), 31-40.
- [7] Türker, P., Erdoğan, B., Katnaş, F., Yeğınobalı, A. Türkiye'deki Uçucu Küllerin Sınıflandırılması ve Özellikleri. *Türkiye Çimento Müstahsilleri Birliği*, Ankara.
- [8] Chen, M., Shen, S. L., Arulrajah, A., Wu, H. N., Hou, D. W., Xu, Y. S., (2015). Laboratory evaluation on the effectiveness of polypropylene fibers on the strength of fiber-reinforced and cement-stabilized Shanghai soft clay. *Geotextiles and Geomembranes*, 43, 515-523. <http://dx.doi.org/10.1016/j.geotexmem.2015.05.004>
- [9] Grierson, L., H., Knight, J. C., Maharaj, R., (2005). The role of calcium ions and lignosulphonate plasticiser in the hydration of cement. *Cement and Concrete Research*, 35, 631-636.
- [10] Papadakis, V. G., (1999). Experimental investigation and theoretical modeling of silica fume activity in concrete. *Cement and Concrete Research*, 29, 79-86.
- [11] Taşdemir, M. A., Bayramov, F. (2002). Yüksek performanslı çimento esaslı kompozitlerin mekanik davranışı. *itüdergisi/d mühendislik*, 1(2), 125-144.
- [12] Weyers, M., Kearsley, E. P., "Effect of High Plasticiser Dosage on Ultra High-Performance Fibre Reinforced Concrete (UHPFRC)," *International Conference on Application of Superabsorbent Polymers & Other New Admixtures Towards Smart Concrete*, 2020, s. 248-255.
- [13] Edmeades, R. M., Hewlett, P. C. (1975). Plasticising Admixtures in Corresponding Mixes, *Advances in Ready Mixed Concrete Technology*, 177-192.
- [14] Yücel, K. T., "Pompa Betonlarında İşlenebilirliğin Harç Fazının Reolojisine Dayanarak Belirlenmesi," Doktora Tezi, 122s., İstanbul, 1997.
- [15] Ramezanianpour, A. A., Esmaili, M., Ghahari, S. A., Najafi, M. H. (2013). Laboratory study on the effect of polypropylene fiber on durability, and physical and mechanical characteristic of concrete for application in sleepers. *Construction and Building Materials*, 44, 411-418. <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.02.076>
- [16] Hawreen, A., Bogas, J. A. (2018). Influence of carbon nanotubes on steel-concrete bond strength. *Materials and Structures*, 51(155), 1-16. <https://doi.org/10.1617/s11527-018-1279-8>
- [17] Park, S. H., Kim, D. J., Ryu, G. S. Koh, K. T. (2012). Tensile behavior of Ultra High Performance Hybrid Fiber Reinforced Concrete. *Cement & Concrete Composites*, 34, 172-184. doi:10.1016/j.cemconcomp.2011.09.009
- [18] Konca, C., "Çimento Cinsi, Donatı Çapı ve Tipinin Beton-Donatı Aderansına Etkisi," Yüksek Lisans Tezi, 53s. İstanbul, 2006.
- [19] Döndüren, M. S., Çöğürçü, M. T., Altın, M. (2006). Betonla Donatı Arasındaki Aderans Davranışının Deneysel İncelenmesi. *S.Ü. Müh.-Mim. Fak. Derg.*, 21(3), 57-68.

# Fall Detection Systems Supported by TinyML and Accelerometer Sensors: An Approach for Ensuring the Safety and Quality of Life of the Elderly

Yeliz Durgun <sup>1</sup>

Tokat Gaziosmanpasa University, Turhal Vocational School, Tokat, TURKEY  
ORCID ID: 0000-0003-3834-5533

## Abstract

Many elderly individuals live alone in their homes, which can lead to significant health and safety concerns due to the risk of falls. Falls not only cause physical injuries but also have social, psychological, and economic impacts that negatively affect the quality of life for older adults. In this context, early detection of falls and implementation of preventive measures are of great importance. Edge computing-based fall detection systems have been developed to effectively address the safety of older adults in such situations. In the present study, a fall detection system is proposed that utilizes edge computing and TinyML technologies, operating on an embedded platform. This system is designed for the interpretation of accelerometer sensor data and processes the data collected through sensors to obtain valuable information. The Edge Impulse platform is used for training an extensive dataset consisting of various fall examples for older adults, allowing the proposed system to achieve a 98.5% recognition accuracy. This cost-effective and user-friendly novel approach combines a portable accelerometer sensor and artificial intelligence software to target early detection and prevention of falls in older adults. This study contributes significantly to the field of edge computing and provides effective solutions to enhance the quality of life for elderly individuals.

**Keywords:** “Micro learning, edge computing, cloud computing, elderly fall detection.”

## 1. Giriş

Yaşlı bireylerde düşme riski yaş ilerledikçe artmaktadır [1]. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) verilerine göre, 65 yaş ve üzeri kişilerin yaklaşık %28-35'i her yıl düşmektedir. Bu oran 70 yaş ve üzeri kişilerde %32-42'lere kadar yükselmektedir [2]. Bu artış, Yaşlı bireylerde düşme riskinin artması, vücutlarının kırılabilirlik düzeyinin yükselmesi ile ilişkilidir. Kırılabilirlik, yaşlı bireylerde çeşitli nedenlerden dolayı oluşan kemik ve kas zayıflığına bağlıdır [3]. Düşmeler, yaşlandıkça sıklıkla artmaktadır ve bu durum, yaşa bağlı biyolojik değişiklikler nedeniyle gerçekleşmektedir [4]. Özellikle yaşlı nüfusun artması nedeniyle, düşme olaylarının sıklığı ve düşmeye bağlı yaralanmaların sayısı da artmaktadır. Bu durum, 2030 yıllarına kadar düşmelerden kaynaklanan yaralanmaların %100 oranında artabileceği düşünülmektedir [5]. Bu nedenle, düşmelerin azaltılması veya hafifletilmesi için yardımcı cihazların oluşturulması, toplumsal bir zorunluluk haline gelmiştir. Çünkü düşmeler, büyük bir sağlık sorunu haline gelmiştir. Dolayısıyla, yeni yöntemler, araştırmalar ve düşme dedektörleri aktif olarak araştırılmaya başlanmıştır [6-7].

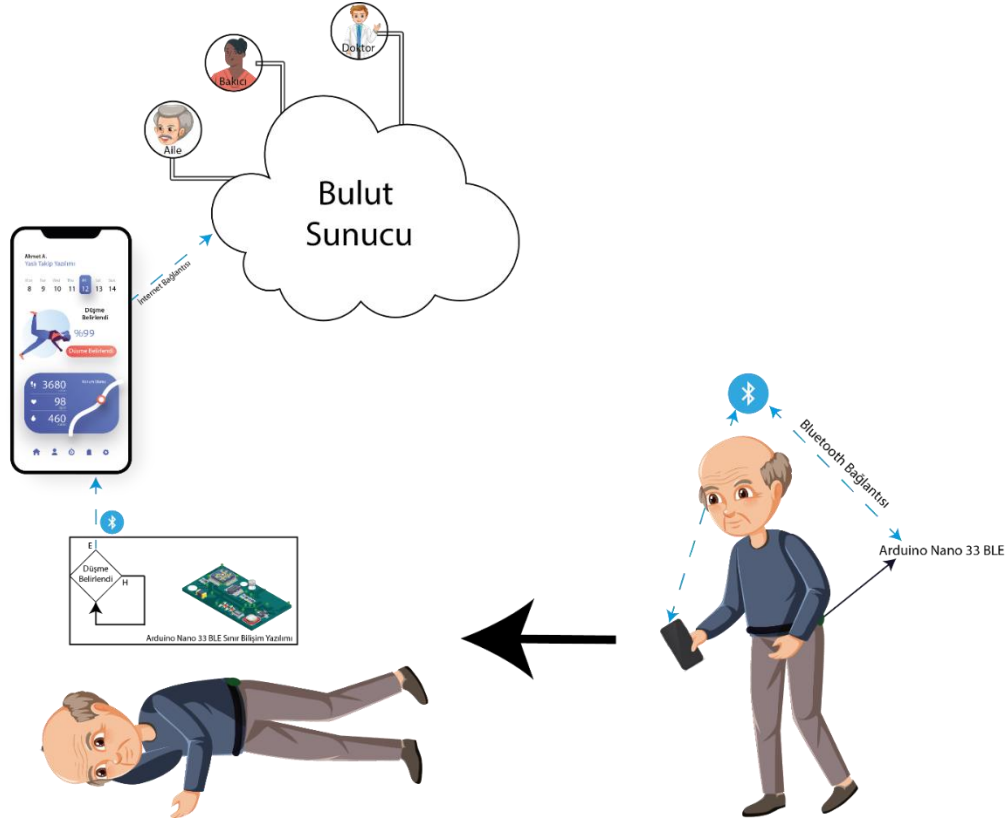
Bu çalışmalar sayesinde, yaşlıların düşmelerden korunması ve yaralanmaların azaltılması için daha etkili çözümler araştırılmaktadır. Yaşlılar için düşme bildiriminde kullanılan teknolojik yöntemler hala araştırılmaktadır. Sınır bilişim bu teknolojiler arasında yer almaktadır. Sınır bilişim, yaşlılar için düşme riskini azaltmak amacıyla birçok çalışma yürütmektedir. Örneğin, kullanıcının hareketlerini ve pozisyonunu izleyen sensörler kullanarak düşme riskini takip edebilmektedir [8-9]. Bu sensörler, kişinin yürüyüşünü ve dengesini analiz etmek için kullanılabilir ve düşme riski taşıdığı tespit edilirse, uyarılar gönderilebilmektedir [10]. Ayrıca, sınır bilişim aynı zamanda yapay zeka ve derin öğrenme teknolojilerini kullanarak düşme tahmini yapabilmektedir [11].

Örneğin, kameralar veya hareket sensörleri tarafından toplanan veriler kullanılarak bir kişinin düşme riski için bir model oluşturulabilmektedir [12]. Bu model, kişinin hareketleri ve pozisyonunu inceleyerek düşme riskini tahmin edebilir ve gerektiğinde uyarılar gönderebilir. Bu çalışma, Edge Impulse aracı, sınır bilişim alanında düşme tespiti ve tahmini için kullanılan bir araçtır. Bu araç, sensörler ve kameralar tarafından toplanan verileri kullanarak, yaşlı bireylerin düşme riskini değerlendirmeye yardımcı olmaktadır [13]. Edge Impulse, özellikle evde ve diğer yaşam alanlarında düşme riskini azaltmak için kullanılabilir. Ayrıca, bu teknoloji, yaşlıların yaşam kalitesini artırmak ve bağımsızlıklarını korumak için önemli bir katkı sağlamaktadır. Düşme tahmin ve tespit sistemleri, yaşlı bireylerin düşme riskini azaltmak ve hızlı müdahale imkanı sağlamak açısından büyük

<sup>1</sup> Corresponding Author  
E-mail Address: yeliz.durgun@gop.edu.tr

öneme sahiptir. Bu sistemler, yaşlı bireylerin daha güvenli bir yaşam sürdürmelerine yardımcı olarak, yaralanma ve kırık riskini düşürür. Aynı zamanda, yaşlıların bağımsız yaşamlarını destekleyerek yaşam kalitelerini artırmaktadır.

Sonuç olarak, yaşlılar için düşme riskini azaltmak ve yaşam kalitelerini artırmak amacıyla sınır bilişim, yapay zeka ve derin öğrenme teknolojileri kullanılarak çalışmalar yapılmaktadır. Bu teknolojiler, düşme tespiti ve tahmini için kullanılan Edge Impulse gibi araçlarla yaşlı bireylerin hareketlerini ve pozisyonlarını izleyerek, düşme riskini değerlendirmeye yardımcı olmaktadır. Bu sayede, yaşlıların daha güvenli ve bağımsız bir yaşam sürdürebilmeleri için önemli katkılar sağlanmaktadır.



Şekil 1. Düşme Algılama Sistemi.

## 2. Veri Seti

Bu çalışmada, mevcut açık kaynak veri kümelerini referans olarak, yaşlı bireylerin bağımsız yaşamlarını desteklemeye yönelik daha kapsamlı ve güvenilir bir veri kümesi oluşturmayı amaçladık. MobiFall [16], tFall [17], DLR [18] ve Proje Yerçekimi [19] gibi mevcut veri kümelerinin yaşlı bireyleri içermemesi ve sınırlı aktivite çeşitliliği ve katılımcı sayısı sunması, bu çalışmanın önemini ve gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Denemelerimiz sırasında, önceki çalışmaların önerilerine dayanarak, kemer üzerine sabitlediğimiz bir mikrodenetleyici kullanarak veri toplama yöntemini benimsedik. Bu yöntem, giyilebilir cihazların daha doğal ve günlük yaşam aktivitelerine uyumlu bir şekilde kullanılmasına olanak sağlamaktadır. Bu sayede, deneylerimizde elde ettiğimiz veriler, gerçek yaşam koşullarına daha yakın bir şekilde düşmeleri ve günlük yaşam aktivitelerini yansıtmaktadır.

Bu çalışma kapsamında, daha geniş bir yaş aralığı ve daha fazla katılımcıyı içeren, hem düşme hem de ADL verilerini kapsayan bir veri kümesi elde edilmesi başarılıdır. Bu veri kümesi, akıllı telefonlarla sınırlı kalmadan, giyilebilir cihazlarla yapılan düşme ve ADL analizlerine önemli bir katkı sağlamaktadır. Sonuç olarak, bu çalışmanın, yaşlı bireylerin bağımsız yaşamlarını desteklemeye yönelik düşme ve ADL tespiti alanındaki bilimsel çalışmalara önemli bir katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

## 3. Yöntem

Mevcut teknolojik alanın temel unsuru haline gelen makine öğrenimi (ML) sınır bilişimle birleşerek bir çok yeni teknolojik çözüme ışık tutmaktadır. Sınır bilişimi ile birlikte makine öğrenmesinin bir arada kullanılması aşağıdaki faydaları sunabilir:

Gerçek zamanlı veri analizi: Sınır bilişimi gerçek zamanlı veri işleme ve analizini mümkün kılar, sonuçlarına dayanarak hemen aksiyon alınmasına olanak tanır.

Artan doğruluk: Makine öğrenme algoritmaları büyük miktarda veriyi analiz ederek kaynak kısıtlı sınır aygıtlarında bile yüksek doğrulukla tahmin yapabilmektedir.

Artan verimlilik: Sınır bilişimi merkezi sunuculara büyük veri miktarlarının aktarılmasına gerek kalmadığından, gecikmeleri azaltır ve sistem verimliliğini artırmaktadır.

Mali tasarruf: Merkezi veri işleme ve depolama maliyetleri ile verilerin aktarılması için gerekli bant genişliği miktarını azaltmaktadır.

Artan güvenlik: Sınır bilişimi hassas verileri sınır aygıtlarında tutarak veri sızıntıları riskini azaltır.

Artan ölçeklenebilirlik: Sınır bilişimi sistem talebine göre ölçeklenebilir, veri işleme ihtiyaçlarındaki değişikliklere uyum sağlamayı mümkün kılmaktadır.

Daha iyi kullanıcı deneyimi: Gerçek zamanlı veri analizi yaparak tahmin yapmak üzere makine öğrenme algoritmalarını kullanarak, kullanıcılara daha kişiselleştirilmiş ve sürekli bir deneyim sunmak mümkündür.

Projenin ana bileşenleri, Arduino Nano 33 BLE ve dahili LSM9DS1 modülüdür. Arduino Nano 33 BLE, küçük, güçlü ve düşük güçlü bir mikrodenetleyici karttır, LSM9DS1 modülü ise 3 eksenli ivmeölçer, 3 eksenli jiroskop ve 3 eksenli manyetometre içeren 9 eksenli hareket takip cihazıdır. Bu bileşenler birlikte, kaynak sınırlı uç cihazlarda bile makine öğrenme algoritmaları tarafından yapılan tahminlerin doğruluğunu artırarak, gerçek zamanlı veri analizi sağlamaktadır.

### 3.1. Arduino Nano 33 BLE:

Arduino Nano 33 BLE, Bluetooth Low Energy (BLE) özelliklerine sahip bir mikrodenetleyici platformdur. Bu platform, yaşlılar için düşme tespit sistemi oluşturmak için kullanılabilir. Arduino Nano 33 BLE, ev içinde yerleştirilmiş sensörler aracılığıyla yaşlının hareketlerini izleyebilmektedir. Örneğin, bir hareket sensörü ya da bir gyroskop, yaşlının pozisyonunu ve hareketlerini takip edebilmektedir. Bu sensörler, Arduino Nano 33 BLE'ye bağlanabilir ve verileri toplanabilmektedir. Arduino Nano 33 BLE, toplanan verileri işleyerek düşme olayını tespit edebilmektedir. Örneğin, hareket sensöründen toplanan veriler aracılığıyla yaşlının pozisyonunun ve hareketlerinin analiz edilmesi, düşme olasılığının tespit edilmesine yardımcı olabilmektedir. Arduino Nano 33 BLE ayrıca, düşme olayını tespit ettiğinde bir uyarı verebilmektedir. Örneğin, bir sesli uyarı veya bir mobil cihaza mesaj gönderebilmektedir. Ayrıca, düşme olayını tespit ettiğinde çağrı merkezine veya acil servislere otomatik olarak bağlanabilmektedir. Arduino Nano 33 BLE, maliyeti düşük ve kolayca kullanılabilen bir platformdur. Ancak, düşme tespit sisteminin etkili bir şekilde çalışması için doğru sensörlerin seçilmesi ve doğru veri işleme algoritmalarının kullanılması gerekir. Ayrıca, sistemin güvenliği ve gizliliği için gerekli önlemler alınması gerekir.



Şekil 2. Düşme ve Yürüme Durumlarına ait Sensör Verileri.

### 3.2. Yapay Sinir Ağı Modeli:

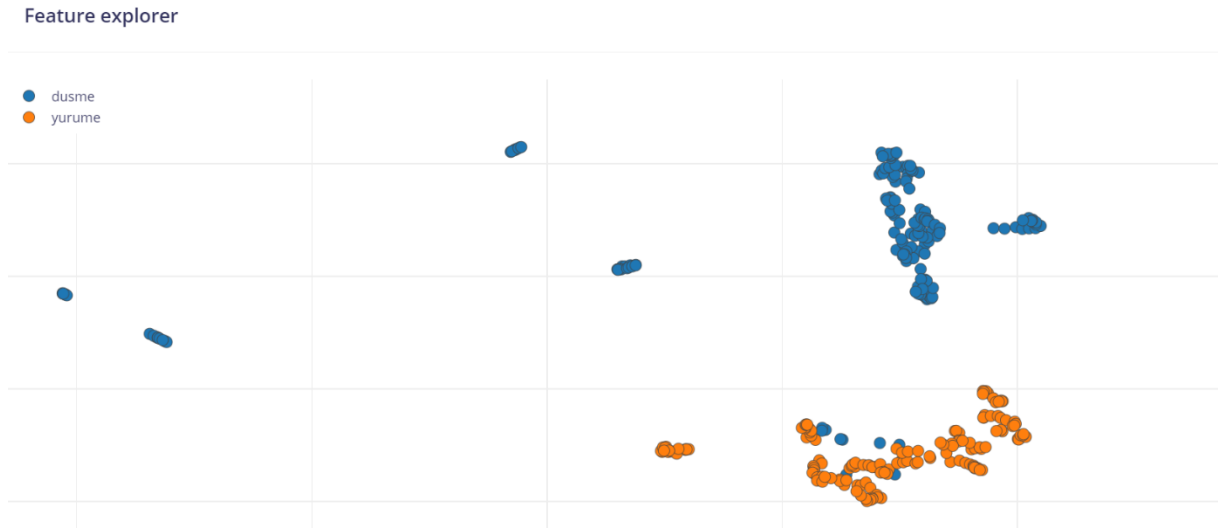
Bu çalışmada, yaşlılar için IoT tabanlı düşme algılama sistemini geliştirmek amacıyla, derin öğrenme tekniklerinden olan yapay sinir ağı (YSA) modeli kullanılmıştır. Yapay sinir ağları, insan beyninin işleyişini taklit etmeye çalışan ve genellikle sınıflandırma, regresyon ve örüntü tanıma gibi problemleri çözmek için kullanılan yapılardır.

Kullanılan YSA modeli, katmanlar ve nöronlar arasındaki bağlantıları temsil eden ağırlıklar ve biaslar ile karakterize edilmiştir. Bu çalışmada, bir giriş katmanı, birden fazla gizli katman ve bir çıkış katmanı içeren çok katmanlı bir yapı tercih edilmiştir. Giriş katmanı, sensörlerden elde edilen verileri işlemeye başlamak için kullanılırken, gizli katmanlar, daha karmaşık özellikleri öğrenmek ve çıktıya katkıda bulunmak için kullanılmaktadır. Çıkış katmanı ise, düşme durumunu tahmin etmek için kullanılmaktadır.

Modelin eğitimi, geri yayılım algoritması kullanılarak yapılmıştır. Geri yayılım algoritması, modelin ağırlıklarını ve biaslarını hedef değerlere ulaşmak için iteratif olarak güncelleyen bir süpervize öğrenme yöntemidir. Model eğitimi sırasında, veri kümesi eğitim ve test olarak iki bölüme ayrılmıştır. Eğitim veri kümesi, modelin ağırlıklarını ve biaslarını öğrenmesi için kullanılırken, test veri kümesi ise modelin performansını değerlendirmek için kullanılmıştır.

YSA modelinin başarısını ölçmek için, performans metrikleri olarak doğruluk (accuracy), duyarlılık (sensitivity) ve özgünlük (specificity) değerleri kullanılmıştır. Bu metrikler, modelin düşme ve düşme olmayan durumları doğru bir şekilde sınıflandırma yeteneğini değerlendirmek için kullanılmaktadır.

Özetle, bu çalışma, yaşlılar için IoT tabanlı düşme algılama sistemini geliştirmek amacıyla, derin öğrenme tekniklerinden olan yapay sinir ağı modelini kullanmıştır. Bu model, sensör verilerini kullanarak düşme durumunu tahmin etmek ve yaşlıların güvenliği ve yaşam kalitesini artırmak için etkili bir yöntem sunmaktadır.



Şekil 3. Matematiksel Sensörlere ait Öznitelik Grafiği

Bu çalışmada kullanılan yapay sinir ağı (YSA) modeli, sensör verilerinden düşme ve yürüme olaylarını tespit etmek için özellik çıkarımı ve sınıflandırma işlemlerini gerçekleştirmektedir. Modelin özellik keşfi süreci ve performansını gösteren Feature explorer grafiği, Şekil 3'te sunulmaktadır. Bu grafikte, düşme ve yürüme olaylarına ait özelliklerin nasıl ayrıştırıldığı ve sınıflandırıldığı açıkça görülmektedir.

### 3.3. TinyML ile Düşme Tespiti:

Bu çalışmada, yaşlılar için düşme tespitinde TinyML[20] kullanarak sensör verilerini işleyen bir yöntem geliştirilmiştir. İşlem adımları şu şekildedir:

**Sensör Verisi Toplama:** Mobil cihazın içerisine yerleştirilen bir ivmeölçer sensörü, kullanıcıların hareketlerini ve pozisyonunu sürekli olarak ölçmektedir. Bu sayede, yaşlı bireylerin evlerinde veya yaşadıkları ortamlarda bulunan sensörler, hareket ve pozisyon bilgilerini toplamaktadır.

**Veri İşleme:** Toplanan sensör verileri, TinyML algoritması tarafından işlenir. Bu algoritma, düşme olasılığını hesaplamak için kullanılmaktadır. Verilerin işlenmesi, daha düşük enerji tüketimi ve hızlı işlem süreleri sağlamaktadır.

**Alarm Oluşturma:** Eğer düşme olasılığı belirli bir eşik değerini aşarsa, cihaz bir alarm oluşturur. Bu alarm, kullanıcıya hareket etmelerini veya tehlikeli bir durumdan kaçınmalarını önlemektedir.

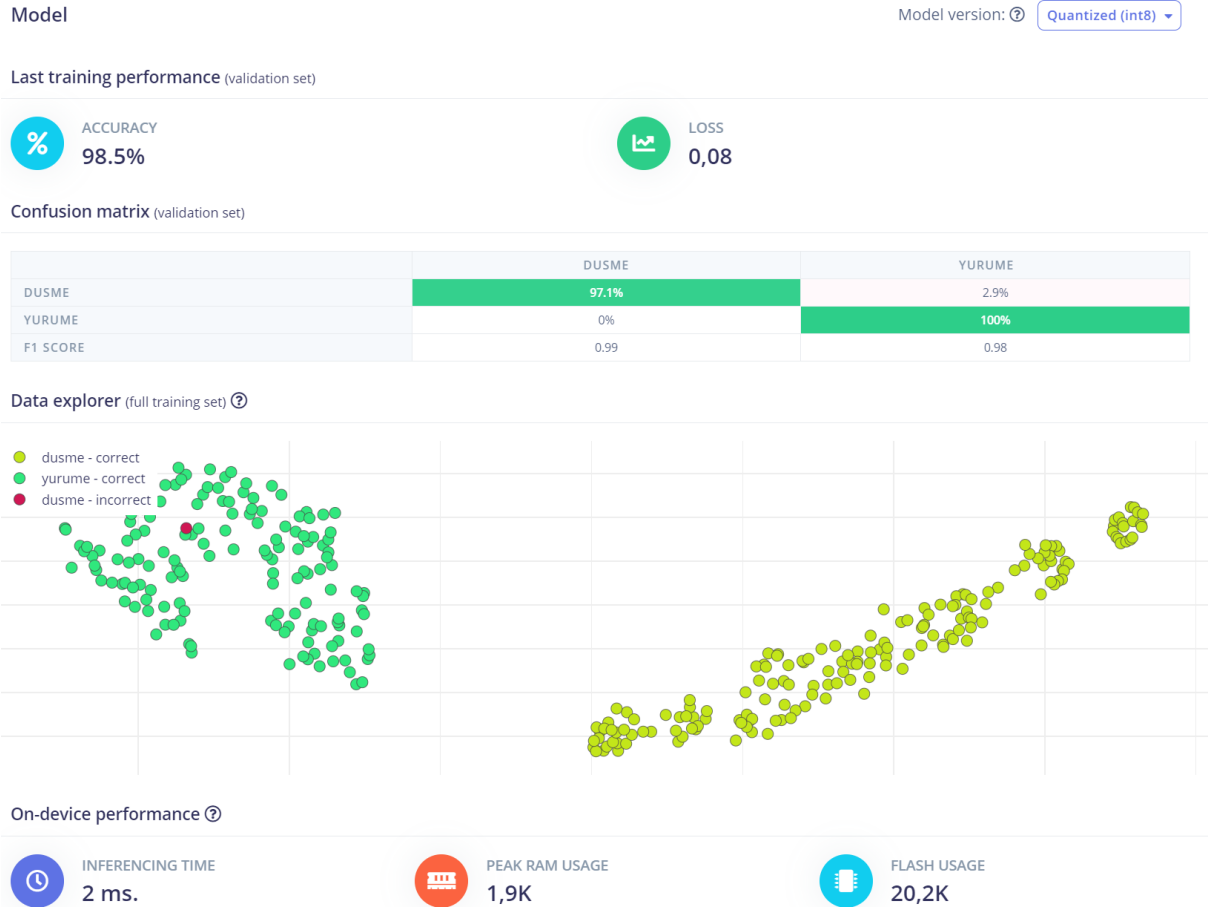
**Sonuçları Raporlama:** Kullanıcı, düşme tehlikesi olduğu anda uyarı alır ve bu durum cihaz tarafından kaydedilir. Düşme olasılığı ve alarm durumları, ileri analizler ve iyileştirme önerileri için raporlanmaktadır.

Bu yöntemle, TinyML kullanarak düşme tespiti yapılmakta ve yaşlı bireylerin güvenliği ve yaşam kalitesi artırılmaktadır. Özellikle enerji tüketimi ve işlem sürelerinde avantaj sağlayan bu yöntem, IoT tabanlı düşme algılama sistemlerinin etkinliğini ve kullanılabilirliğini artırmaktadır.

## 4. Bulgular

Düşme algılama sistemleri, zamanında tıbbi destek sayesinde ölüm oranlarında %80'e varan azalma sağlamıştır [21]. Bu nedenle, akıllı evler ve bakım merkezleri için yaşlı merkezli IoT tabanlı düşme algılama sistemi önemlidir. Sistem, kenar, sis ve bulut IoT katmanları aracılığıyla çalışmaktadır. Kenar katmanı, sensörler ve mikrodenetleyiciler aracılığıyla düşme olayını algılar ve verileri toplanmaktadır. Sis katmanı ise, verilerin işlenmesi ve analizi için kullanılmaktadır. Örneğin, TinyML algoritmaları kullanarak düşme olasılığının tespit edilmesi sağlanmaktadır. Bulut katmanı ise, verilerin depolanması ve paylaşılması için kullanılmaktadır. Ayrıca, uyarılar ve acil çağrılar yapılması için kullanılmaktadır. MSE, "Mean Squared Error" yani "Ortalama Kare Hatası"dır. MSE, bir modelin gerçek değerlerle tahmin edilen değerler arasındaki farkları ölçer ve bu farkları kareleri alarak ortalamasını alınmasını sağlamaktadır. MSE, bir regresyon modelinin performansını ölçmek için sıkça kullanılan bir metriktir ve düşük olması istenilmektedir. Çünkü bu, modelin daha doğru tahminler yaptığı anlamına gelmektedir.

Mevcut çalışmaların çoğu, düşme tespiti ve günlük yaşam aktivitelerinin sınıflandırılmasında sınırlı başarıya ulaşmıştır. Bu çalışmanın literatüre katkısı, geliştirilen modelin yüksek doğruluk oranı ve düşük MSE ile etkili bir şekilde düşmeleri tespit etmesi ve yaşlılar için güvenli ve hızlı müdahalelerin sağlanmasıdır. Şekil 4, uçta TinyModel'i barındıracak aygıtın teknik özelliklerini göstermektedir. Model test sonuçları, %98,5'lik iyi bir model performansı ve 0,08 'lik MSE göstermektedir.



Şekil 4. Denemelere ait Model Değerlendirmeleri



Bu çalışma, yaşlılar için düşme olaylarının zamanında algılanmasını ve iletilmesini sağlar, böylece acil tıbbi destek alınabildiği için hayat kurtarıcı olabilir. Aynı zamanda, sistem maliyeti düşük ve kolayca kullanılabilen bir yapıdadır. Şekil 4'teki sonuçlar, ekipmanımızdan alınan performans verilerinin çoğunun, ham verilerden elde edilen gerçek sınıfa girdiğini göstermektedir. Sınır Bilişimi ve TinyML teknolojileri kullanılarak yaşlılar için düşme tespiti yapmanın sağlayacağı faydalar şunlar olabilmektedir: Hızlı müdahale, Önleyici tedbirler, Artan güvenlik, Daha az yük ve Daha az maliyetlidir. Ancak, sistemin etkili bir şekilde çalışması için doğru sensörlerin seçilmesi, doğru veri işleme algoritmalarının kullanılması ve güvenliğin ve gizliliğin sağlanması gerekir. Bu çalışma, mevcut literatüre göre geliştirilmiş bir düşme algılama sistemi sunarak, yaşlılar için daha güvenli ve etkili bir çözüm sağlamaktadır.

Bu çalışmanın başarısı, kemer üzerine bağlanan mikrodenetleyici ile toplanan verilerin doğru bir şekilde değerlendirilmesine dayanmaktadır. Bu yaklaşım, önceki çalışmalardan farklı olarak, daha doğal ve rahat bir kullanım deneyimi sunmaktadır.

Sonuç olarak, bu çalışma, yaşlılar için IoT tabanlı düşme algılama sistemlerinin etkisini artırmayı hedeflemekte ve mevcut literatüre önemli katkılar sağlamaktadır. Geliştirilen sistem, yaşlıların günlük yaşamlarında daha güvenli ve bağımsız hissetmelerine yardımcı olacak şekilde tasarlanmıştır. Bu sayede, yaşlılar ve bakım sağlayıcılar için maliyet ve yük azaltılabilirken, yaşam kalitesi ve güvenlik artırılabilir.

Gelecekteki çalışmalar, daha büyük ölçekte deneyler ve farklı yaş gruplarından katılımcılarla sistemin performansının ve etkinliğinin daha kapsamlı bir şekilde değerlendirilmesi üzerine odaklanmalıdır. Ayrıca, sistemin güvenlik ve gizlilik konularında daha fazla iyileştirme sağlanması ve yeni teknolojilerin entegrasyonu ile daha etkili hale getirilmesi mümkündür. Bu sayede, düşme algılama sistemleri yaşlı nüfusun güvenliği ve yaşam kalitesi açısından daha büyük bir etkiye sahip olabilmektedir.

## 5. Sonuç

Bu çalışma, yaşlılar için IoT tabanlı düşme algılama sistemlerinin önemini ve etkisini vurgulamaktadır. Yaşlı nüfusun sürekli artması ve bağımsız yaşamak isteyen bireylerin sayısının yükselmesi, düşme algılama sistemlerinin geliştirilmesi ve iyileştirilmesi için önemli bir motivasyon kaynağı olmaktadır. Çalışmanın amacı, yaşlıların günlük yaşamlarında güvenli ve bağımsız hissetmelerine yardımcı olacak IoT tabanlı düşme algılama sistemleri geliştirmek ve mevcut sistemlerin kısıtlamalarını aşarak daha etkili ve kullanıcı dostu bir çözüm sunmaktır.

Çalışmamızda, kenar, sis ve bulut IoT katmanları aracılığıyla çalışan bir düşme algılama sistemi sunulmuştur. Kenar katmanı, sensörler ve mikrodenetleyiciler aracılığıyla düşme olayını algılamak ve verileri toplamak için kullanılırken; sis katmanı, verilerin işlenmesi ve analizi için kullanılmaktadır. Özellikle, TinyML algoritmaları sayesinde düşme olasılığının tespit edilmesi sağlanmaktadır. Bulut katmanı ise, verilerin depolanması ve paylaşılması için kullanılmakta ve aynı zamanda uyarılar ve acil çağruların yapılması için de kullanılmaktadır.

Çalışmanın sonuçları, geliştirilen modelin %98,5'lük yüksek bir başarı oranı ve 0,08'lik düşük bir MSE değeri ile etkili bir düşme algılama performansı sunduğunu göstermektedir. Kemer üzerine bağlanan mikrodenetleyici ile verilerin toplanması ve değerlendirilmesi, önceki çalışmalardan farklı olarak, daha doğal ve rahat bir kullanım deneyimi sağlamaktadır.

Bu çalışma, mevcut literatüre önemli katkılar sağlamaktadır. Geliştirilen düşme algılama sistemi, yaşlılar için daha güvenli ve etkili bir çözüm sunarak, yaşam kalitesini ve güvenliğini artırmaktadır. Sistemin maliyeti düşük ve kullanımı kolaydır, bu sayede yaşlılar ve bakım sağlayıcılar için yük azaltılabilirken, yaşam kalitesi ve güvenlik artırılabilir.

Öte yandan, bu çalışma ile ortaya çıkan bulgular, düşme algılama sistemlerinin hızlı müdahale, önleyici tedbirler ve artan güvenlik sağlama gibi faydalarını vurgulamaktadır. Sistem, düşme olaylarının anında tespit edilmesini ve uyarı verilmesini sağlayarak, yaşlının durumunun hızlı bir şekilde kontrol edilmesi ve gerekli müdahalelerin yapılmasını mümkün kılmaktadır. Ayrıca, düşme olasılığını önceden tespit edebilme özelliği sayesinde, önleyici tedbirler alınarak yaşlıların güvenliği daha da artırılabilir. Ev içinde yerleştirilmiş sensörler, yaşlının hareketlerini izleyebilir ve düşme olasılığı olduğunda uyarı verebilir, böylece yaşlılar ve bakım sağlayıcılar için önemli bir güvenlik katmanı sunmaktadır.

Bu çalışma, sınır bilişim ve TinyML teknolojilerinin düşme tespiti ve yaşlı bakımında nasıl etkili bir şekilde kullanılabileceğini göstermektedir. Bu teknolojiler sayesinde, düşme algılama sistemleri daha düşük maliyetli hale getirilerek, daha fazla yaşlı bireyin ve bakım sağlayıcının erişimine sunulabilmektedir. Bu, yaşlılar için daha iyi bir yaşam kalitesi ve güvenlik sağlamanın yanı sıra, bakım sağlayıcılar için daha az yük ve maliyet anlamına gelmektedir.

Ancak, bu çalışmanın bazı sınırlılıkları da bulunmaktadır. Öncelikle, çalışma örnekleme daha geniş ve farklı yaş gruplarından katılımcıları içermelidir. Bu, düşme algılama sistemlerinin farklı yaş ve sağlık durumlarındaki bireyler üzerindeki etkisini daha iyi anlamamıza olanak sağlayacaktır. Ayrıca, sensörlerin doğru şekilde seçilmesi ve veri işleme algoritmalarının optimize edilmesi önemlidir. Bu sayede, sistemin algılama performansı ve güvenilirliği daha da artırılabilir.

Sonuç olarak, bu çalışma yaşlılar için IoT tabanlı düşme algılama sistemlerinin önemini ve faydalarını ortaya koymaktadır. Geliştirilen sistem, yaşlıların günlük yaşamlarında güvenli ve bağımsız hissetmelerine yardımcı olacak etkili ve kullanıcı dostu bir çözüm sunmaktadır. Sistemin başarısı, sınır bilişim ve TinyML teknolojilerinin yaşlı bakımında ve düşme tespitinde nasıl kullanılacağına dair önemli bilgiler sunmaktadır. Gelecek çalışmalar, bu teknolojilerin daha geniş kapsamlı uygulamalarını ve düşme algılama sistemlerinin daha da geliştirilmesini araştırarak, yaşlılar ve bakım sağlayıcılar için daha iyi bir yaşam kalitesi ve güvenlik sağlamaya katkıda bulunabilmektedir.

## Referanslar

- [1] Cyrus Cooper et al. “Frailty and sarcopenia: definitions and outcome parameters”. *Osteoporosis International* 23 (2012), pp. 1839–1848.
- [2] Yueng Santiago Delahoz and Miguel Angel Labrador. “Survey on fall detection and fall prevention using wearable and external sensors”. *Sensors* 14(10) (2014), pp. 19806–19842.
- [3] Ozge Dokuzlar et al. “Factors that increase risk of falling in older men according to four different clinical methods”. *Experimental aging research* 46(1) (2020), pp. 83–92.
- [4] Glenn Forbes, Stewart Massie, and Susan Craw. “Fall prediction using behavioural modelling from sensor data in smart homes”. *Artificial Intelligence Review* 53(2) (2020), pp. 1071–1091.
- [5] Debra Houry et al. “The CDC Injury Center’s response to the growing public health problem of falls among older adults”. *American journal of lifestyle medicine* 10(1) (2016), pp. 74–77.
- [6] Weidong Min et al. “Human fall detection based on motion tracking and shape aspect ratio”. *Int. J. Multimedia Ubiquitous Eng.* 11(10) (2016), pp. 1–14.
- [7] World Health Organization, World Health Organization. Ageing, and Life Course Unit. WHO global report on falls prevention in older age. World Health Organization, 2008.
- [8] Anita Ramachandran and Anupama Karuppiyah. “A survey on recent advances in wearable fall detection systems”. *BioMed research international* 2020 (2020).
- [9] Ramon Sanchez-Iborra and Antonio F Skarmeta. “Tinyml-enabled frugal smart objects: Challenges and opportunities”. *IEEE Circuits and Systems Magazine* 20(3) (2020), pp. 4–18.
- [10] Mahadev Satyanarayanan. “The emergence of edge computing”. *Computer* 50(1) (2017), pp. 30–39.
- [11] Ygor Rebouças Serpa et al. “Evaluating pose estimation as a solution to the fall detection problem”. In: 2020 IEEE 8th International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH). 2020, pp. 1–7.
- [12] Andrew Sixsmith and Neil Johnson. “A smart sensor to detect the falls of the elderly”. *IEEE Pervasive computing* 3(2) (2004), pp. 42–47.
- [13] Frank Sposaro and Gary Tyson. “iFall: an Android application for fall monitoring and response”. In: 2009 Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society. 2009, pp. 6119–6122.
- [14] George E Stelmach and Charles J Worringham. “Sensorimotor deficits related to postural stability: implications for falling in the elderly”. *Clinics in geriatric medicine* 1(3) (1985), pp. 679–694.
- [15] Erik E Stone and Marjorie Skubic. “Unobtrusive, continuous, in-home gait measurement using the Microsoft Kinect”. *IEEE Transactions on Biomedical Engineering* 60(10) (2013), pp. 2925–2932.
- [16] Vavoulas George et al. The MobiFall Dataset: Fall Detection and Classification with a Smartphone. *Int. J. Monit. Surveill. Technol. Res.* 2014;2:44–56. doi: 10.4018/ijmstr.2014010103.
- [17] Medrano Carlos et al. Detecting Falls as Novelities in Acceleration Patterns Acquired with Smartphones. *PLoS ONE.* 2014;9:e94811. doi: 10.1371/journal.pone.0094811.
- [18] Frank Korbinian et al. Bayesian Recognition of Motion Related Activities with Inertial Sensors; Proceedings of the 12th ACM International Conference on Ubiquitous Computing (UbiComp); Copenhagen, Denmark. 26–29 September 2010; pp. 445–446.
- [19] Vilarinho Thomas et al. A combined smartphone and smartwatch fall detection system; Proceedings of the IEEE International Conference on Computer and Information Technology; Ubiquitous Computing and Communications; Dependable, Autonomic and Secure Computing; Pervasive Intelligence and Computing; Liverpool, UK. 26–28 October 2015.
- [20] Warden, Pete, and Daniel Situnayake. *Tinyml: Machine learning with tensorflow lite on arduino and ultra-low-power microcontrollers.* O’Reilly Media, 2019.
- [21] A. Tahir et al. “Hardware/Software Co-Design of Fractal Features Based Fall Detection System,” *Sensors*, vol. 20, no. 8, p. 2322, Apr. 2020, doi: 10.3390/s20082322.