



Paralel Sargılı Sarım Yapılarında İplik Uzunluğunun Teorik Hesaplanması

Nigar Mahmudova

Azerbaycan Devlet İktisat Üniversitesi (UNEC), Teknoloji Makinaları ve Saha Donanımları Bölümü, Bakü / AZERBAIJAN

Geliş Tarihi: 05.03.2018 Düzeltme Tarihi: 27.03.2018 Kabul Tarihi: 12.04.2018

Özet

Paralel sarım yapısının incelenmesinde en önemli parametrelerden biri sarılan ipliğin uzunluğudur. İplik uzunluğunun bilinmesiyle sarım yapısının diğer parametrelerini tespit etmek imkânı bulunmaktadır. Bu çalışmada paralel sarma yöntemiyle elde edilmiş sargılara sarılan iplik veya ipliğe benzer malzemelerin uzunluğunun ve diğer önemli sarım yapı parametrelerinin teorik olarak tespit edilmesi yöntemi geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: İplik, Sargı, Paralel Sarma, Sarım Katı, İplik Uzunluğu

Theoretical Calculation of the Yarn Length in Parallel Wound Winding Structures

Abstract

One of the most important parameters to study the winding structure is the length of the wound yarn. Knowing the length of the yarn can help to determine other critical parameters of the winding structure. In this work, a theoretical calculation method to determine the length and other winding structure parameters of yarn or yarn-like materials wound by parallel winding method is developed.

Keywords: Yarn, Winding, Parallel Winding, Winding Layer, Yarn Length

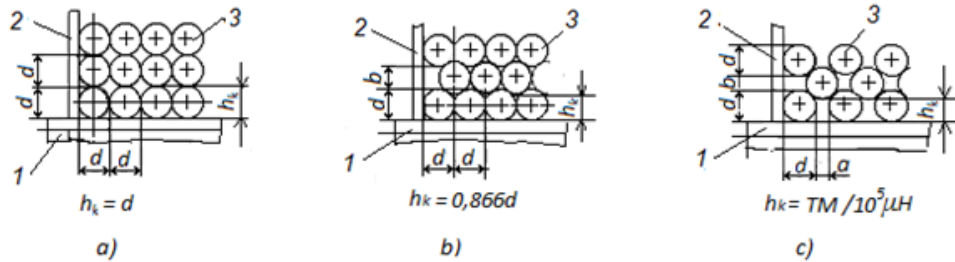
1. Giriş

Tekstil işletmelerinin üretim aşamalarında elde edilen sargı çeşitleri arasında paralel sarma yöntemiyle oluşturulan fitil ve iplik bobinleri, farklı makara tipleri ve levend gibi sarım yapıları yaygın şekilde kullanılmaktadır. Bu sargıların ortak özelliği, iplik dolamlarının, kenarlarında kapak bulunan silindirik şekilli bir aracın gövdesine bir birine paralel biçimde sarılmış olmasıdır. Sargılarda yan kapakların kullanılmasının nedeni sarılan dolamların yanlardan dökülmesini önlemektir [1].

Paralel sarımlı sargılar tek ve çoklu ipliklerin veya ipliğe benzer materyallerin (çelik teller, çeşitli kablolar, bantlar, fitil ve diğ.) sarılmasından oluşmaktadır. Tek ipliğin sarılması kapalı sarım yöntemiyle gerçekleştirilir yani, dolamlar sargının genişliği boyunca bir birinin yanında boşluk bulundurmadan yerleştirilir [2]. Bu

sargılarda sarım katlarının tümü yalnızca tek ipliğin nizamlı biçimde sarılmasından oluşur. Çoklu ipliklerden elde edilen sargılarda ise sarım katı çok sayıda ipliklerin aynı zamanda sarılması esnasında meydana gelir. Ayrıca her bir iplik, levendin genişliği boyunca birkaç kez dolunarak bir dolgun kat oluşturur. Bu durumda her bir iplik sarılıp belirli uzunluğa varıncaya kadar birkaç tane dikey sarım katı oluşturur. Çoklu ipliklerden elde edilen sargılarda (çözgü, dokuma ve örme leventleri) iplik dolamları bir birinin yanına belirli bir mesafeyle konulur.

Şekil 1' de iplik dolamlarının sargılarda yerleşiminin boyuna kesiti verilmiştir. Burada, Şekil 1a ve Şekil 1b tek iplikten oluşan sargıların, Şekil 1c ise çoklu ipliklerden oluşan sargının kesiti gösterilmiştir.



Şekil 1. a)- Paralel sargılarda iplik dolamları konumunun enine kesiti, b) - dolamların aralıksız yerleşim durumu, c)- dolamların bir birinden aralı yerleşim durumu. 1- sargının gövdesi, 2- sargının yan kapağı, 3- iplik dolamının kesiti, d- ipliğin çapı, a- ve b - yatay ve dikey dolamlar arasındaki mesafe, h_k - yatay katın kalınlığı.

Şekil 1a ve Şekil 1b den görüldüğü gibi, tek ipliğin sarılmasından alınan sargıda katın kalınlığı ipliğin çapına eşit ve ya ona yakın değerdedir (0,866d) olur. Çoklu iplikten oluşan paralel sargılarda ise a ve b mesafelerine bağlı olarak değişmektedir.

Paralel sarım yapısının incelenmesinde en önemli parametrelerden biri levende sarılan ipliğin uzunluğudur. İplik uzunluğunun değerini bilerek levendin sarım yapısının diğer parametrelerini tespit etmek imkânı bulunmaktadır.

İşletmelerde ve bazı pratik çalışmalarda paralel sargılardaki iplik uzunluğu ipliğin ağırlığına ve numarasına göre aşağıdaki denklemlerle hesaplanmaktadır [1].

Tek ipliğin sarılmasından oluşan sargılar (her türlü bobinler ve makaralar) için

$$L = 10^3 G/T \quad (1)$$

Çoklu ipliklerin sarılmasından oluşan sargılar (her türlü leventler) için

$$L = 10^3 G / (TM) \quad (2)$$

denklemleri geçerlidir.

Burada G –Leventteki ipliğin ağırlığı, kg
 T – Sarılan ipliğin doğrusal sıklığı, Tex
 M – levende sarılan iplik sayısıdır.

Bu denklemlerin pratik açıdan uygulanması çok kolay görülmektedir. Şöyle ki sargı tartılarak iplik ağırlığı tespit edilir ve sonra da iplik numarasına ve sarılan ipliğin sayısına göre hesaplama gerçekleştirilir.

Lakin (1) ve (2) denklemleri iplik uzunluğunu etkileyen önemli sarım yapı ve teknolojik parametreleri yansıtmamaktadır. Bu nedenle, iplik uzunluğu ile sarım yapısının ve sarma prosesinin teknolojik parametreleri arasındaki bağlantıyı tespit etmek için araştırmalar yapılmıştır [2-4]. Örneğin, [2] çalışmasında iplik uzunluğunun levendin dönme açısına bağlı olarak değişimini ifade eden aşağıdaki teorik denklem önerilmiştir.

$$L = \varphi^2 TM / (4 \times 10^5 \pi \mu H) + \varphi D_0 / 2 \quad (3)$$

Burada φ – levendin dönme açısı, rad.;
 H – levendin genişliği, cm;
 μ – sarım yoğunluğu, gr./cm³;
 D_0 – levendin gövdesinin çapıdır, cm.

Aynı kapsamda yapılan [3] çalışmasında ise konik bobine sarılan iplik uzunluğu ile bobinin dönme açısı arasında teorik bağlantı sağlanmıştır. Araştırmadan elde edilen genel denklemle her türlü konik ve silindirik bobinlerde iplik uzunluğu hesaplanabilir. Bu denklemlerden yararlanarak sarılma esnasında makinada sarılan ipliğin uzunluğunu ölçen ve kontrol eden tertibat ve cihazların yapımı gerçekleştirilebilir.

Sarım yapısının bazı parametreleri dikkate alınarak levende sarılan iplik uzunluğu [4] kaynağında elde edilen teorik denklemle de gerçekleştirilebilir. Bu denklemde iplik çapının, sarım yapısının bir santimetre karesinde bulunan iplik sayısının ve sarım yoğunluğunun levende sarılan iplik uzunluğuna etkisi gösterilmiştir.

Lakin bu denklemlerin pratikte uygulanabilmesi için söz konusu yapı parametrelerinin değerlerinin önceden verilmesi ve ya deneysel tespit edilerek belirlenmesi gerekmektedir.

Bu çalışmanın amacı paralel sarma yöntemiyle elde edilmiş sargılara sarılan iplik veya ipliğe benzer malzemelerin uzunluğunun ve diğer önemli sarım yapı parametrelerinin teorik olarak tespit edilmesi yöntemi geliştirilmiştir.

2. Paralel Sargıda İplik Uzunluğunun Geometrik Tespiti

Paralel sargılarda iplik uzunluğunu daha çabuk hesaplayabilmek için aşağıdaki geometrik yöntem uygulanabilir.

Varsayalım, iplik dolamları sargının gövdesine sarılarak dış çapı D ve genişliği H olan silindirik yapı oluşturmuştur. Silindirin dış çapı D ile gövde çapı D_0 arasında çapları D_1, D_2, D_{n-1} ve D_n olan $1, 2, n-1$ ve n kadar katmanlar oluşmaktadır (Şekil.2).

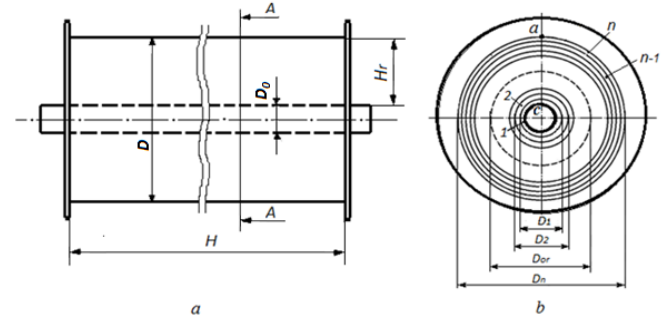
Bu durumda, n kadar katmanda bulunan dolamların toplam uzunluğuna eşit olur;

$$L = l_1 + l_2 + \dots + l_{n-1} + l_n$$

Burada l_1, l_2, \dots, l_{n-1} , ve l_n , $1, 2, n-1$ ve n katmanlardaki dolamların uzunluğudur.

Eğer $l_1 = \pi D_1, l_2 = \pi D_2, l_{n-1} = \pi D_{n-1}, l_n = \pi D_n$ olduğunu dikkate alırsak, o zaman

$$L = \pi(D_1 + D_2 + \dots + D_{n-1} + D_n) \quad (4)$$



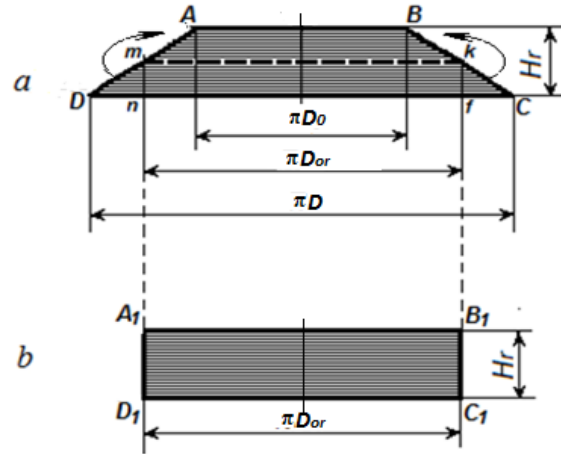
Şekil 2. Levendin boyuna görünümü (a), levendin A-A eksenini üzere kesiti (b)

Lakin iplik çapının oldukça küçük ve katman sayısının oldukça çok olmasından dolayı bu yöntemin pratik olarak uygulanması hemen hemen imkânsızdır.

Sargıda ipliğin uzunluğu, dikey katmandaki dolamların ortalama uzunluğunun dolamların sayısına çarpımı ile de hesaplanabilir. Sargının bir dikey katmanındaki dolamların ortalama uzunluğunun değeri şöyle tespit edilebilir.

Levendin çapı boyunca sargıyı ac çizgisi (şekil 2b) üzere keserek yatay düzlem üzerine açalım. Bu durumda kesitin açılımı bir $ABCD$ yamuk figürü oluşturur (Şekil 2a). Bu yamukta, yükseklik $H_r = (D - D_0)/2$, üst taban $AB = \pi D_0$ alt taban $DC = \pi D$ orta çizginin uzunluğu $mk = \pi D_{or}$ olduğu görülmektedir.

Yamuğun mk orta çizgisinin alt kenarlarında oluşan mDn ve kCf üçgen figürleri mn ve kf çizgileri boyunca kesip 180° çevirerek mA ve kB çizgileri üzerine yerleştirelim. Neticede, uzunluğu yamuğun mk orta çizgisinin uzunluğuna ve yüksekliği yamuğun yüksekliğine eşit olan bir dikdörtgen biçimli $A_1B_1C_1D_1$ figürü elde edilir (Şekil 2.b). Oluşan bu figürlerin alanı aşağıdaki denklemlerle hesaplanır;



Şekil 3. a - Silindirik sarım yapısının açılımı b - açılımın dörtgene dönüştürülmüş hali

$$S_y = (H_r \times AB \times CD) / 2 = (D - D_0) / 2 \times \pi D_0 \times \pi D = \pi (D^2 - D_0^2) / 4$$

$$S_r = H_r \times D_1 C_1 = (D - D_0) / 2 \times \pi D_{or} = ((D - D_0) / 2) \times \pi (D + D_0) / 2 = \pi (D^2 - D_0^2) / 4$$

şeklinindedir.

Burada S_y – yamuğun alanı,
 S_r – dikdörtgenin alanı,
 H_r – dikey yönde sarım yapısının yüksekliğidir.

Bu denklemlerden de görüldüğü üzere yamuğun ve dikdörtgenin alanı bir birine eşittir. Bu nedenle yamuğun ve dikdörtgenin içindeki dolamların toplam uzunluğu da birbirine eşit olacaktır. Bu durumda sargının bir dikey katına sarılan dolamların uzunluğu, yamuğun orta çizgisinin uzunluğu ile dolam sayısının çarpımına eşit olur.

$$L_d = m_d l_{or} = m_d \pi D_{or} = m_d \pi (D+D_0)/2 \times 10^2 \quad (5)$$

Burada L_d – dikey katmanda dolamın ortalama uzunluğu (m),
 m_d – levendin çapı boyunca sarılan (bir dikey katmandaki) dolamların sayısı
 l_{or} – bir dolamın ortalama uzunluğu (cm),
 D_{or} – sarım yapısının ortalama çapıdır (cm).

Sargıdaki ipliğin genel uzunluğu ise şöyle hesaplanır.

$$L = L_d k_d \times 10^2 \quad (6)$$

Burada k_d – sargının bir yatay katmanında bulunan dolamların, dolayısıyla dikey katmanların genel sayısı olup aşağıdaki denklemle tespit edilir:

$$k_d = H / (d+a)$$

Burada a -yatay katmanda dolamlar arasındaki mesafedir (Şekil 1 c).

L_d ve k_d değerlerini (6) denklemde yerine yazarak sargıda ipliğin uzunluğunu tespit eden denklemi elde ederiz.

$$L = m_d \pi H (D+D_0) / [2 \times 10^2 (d+a)] \quad (7)$$

Bir dikey katmanda dolam sayısı aşağıdaki denklemle hesaplanabilir.

$$m_d = (D - D_0) / 2h_k \quad (8)$$

(7) denklemde m_d nin değerini yerine yazarak elde ederiz;

$$L = \pi H (D^2 - D_0^2) / [4 \times 10^2 h_k (d+a)] \quad (9)$$

Eğer $\pi H (D^2 - D_0^2) / 4 = V_s$ olduğunu dikkate alırsak, (9) denklemi aşağıdaki şekli alır.

$$L = V_s / [10^2 h_k (d+a)] \quad (10)$$

Burada h_k – yatay katmanın kalınlığıdır (cm).

Katmanın kalınlığı, levendin önemli sarım yapı parametrelerini yansıtan aşağıdaki denklemle tespit edilir [5]:

$$h_k = TM / 10^5 \mu H \quad (11)$$

Denklemin içerdiği a mesafesinin değeri [6] çalışmasında elde edilen aşağıdaki denklemle hesaplanır.

$$a = \sqrt{4d^2 - (d+b)^2} - d \quad (12)$$

Elde edilen (10) denklemi, silindirik gövdeye sarılmış her türlü paralel sargıda tek iplik uzunluğunu hesaplama imkânı sağlamaktadır. Bunun için yalnız ipliğin ve sargının yapı parametrelerinin değerleri verilmiş olmalıdır.

Bobinde iplik dolamlarının yerleşim durumuna bağlı olarak (10) denklemi aşağıdaki gibi kullanılır:

Dolamlarının yerleşimi Şekil 1a da gösterilen durumdaki bobinlerde katmanın kalınlığı $h_k = d$ ve $a = 0$ olduğundan, iplik uzunluğu

$$L = V_s / 10^2 d^2 \quad (13)$$

denklemiyle hesaplanır.

Eğer dolamlar Şekil 1b -de gösterilen yerleşim durumunda ise katman kalınlığı $h_k = 0,866 d$ ve $a = 0$ olur. Bu halde (10) denklemi şöyle ifade edilir.

$$L = V_s / 10^2 0,866 d^2 \quad (14)$$

Ancak denklem (10) tek iplik sarılmış paralel sargılarda iplik uzunluğunu hesaplamak için geçerlidir. Çoklu iplikler sarılmış sargılarda (leventlerde) L uzunluğundaki her bir iplik n kadar dikey kat oluşturur. Bir iplikten oluşan dolamların (katmanların) toplam sayısı;

$$m_i = (D - D_0) / 2h_k$$

Bir dikey katmanda bulunan m_i dolam sayısı ise şöyle hesaplanır.

$$m_{d1} = (D - D_0) / 2(b+d)$$

Burada b – dikey katmanın dolamları arasındaki mesafedir (Şekil 1c). Bu mesafe [6] çalışmasında önerilen $b = 2h_k - d$ denklemiyle tespit edilir. Buradan da $b+d = 2h_k$ olduğundan

$$m_{d1} = (D - D_0) / 4 h_k \quad (15)$$

olacaktır.

Bir ipliğin oluşturduğu m_d genel katmanların sayısını m_i e bölerek tek iplikten alınan n dikey katman sayısı hesaplanır;

$$n_d = m_d / m_{d1} = (b+d) / h_k \quad (16)$$

Bu durumda levende sarılan iplik uzunluğu

$$L = m_{d1} \times n_d \times l_{or} \quad (17)$$

denklemiyle hesaplanır.

Bu denklemde m_{d1} , n_d ve l_{or} değerlerini yerine yazarak elde ederiz.

$$L = \pi (D^2 - D_0^2) / 4 10^2 h_k$$

Alınan denklemin sağ tarafını H -a çarparak ve bölerek tespit ederiz.

$$L = \pi H (D^2 - D_0^2) / 4 H h_k = V_s / (10^2 H h_k) \quad (18)$$

Böylece;

İplik uzunluğunu bilmekle (1) ve (2) denklemlerinden yararlanarak bobinde ve levende G iplik ağırlığını, $\mu = G/V_s$ denklemiyle sarım yapısının yoğunluğunu hesaplanabilir. Bundan sonra da $K_d = V_i/V_s$ denklemiyle sargının dolum katsayısının değeri hesaplanır. Bu katsayısı sarım yapısının iplikle doluluk oranını gösterir.

Denklemdaki V_i sargının hacmi olup tek iplikten oluşan sargılarda $V_i = L \pi d/4$, çoklu ipliklerden oluşan sargılarda ise $V_i = M L \pi d/4$ denklemleri ile hesaplanır.

$K_d = V_i/V_s$ denklemine V_i nin değerlerini yazarak her iki çeşit sargılarda dplum katsayısı tespit edilir.

Tek iplikli sargılarda;

$$K_d = L \pi d^2 / 4 V_s \quad (19)$$

Çok iplikli sargılarda;

$$K_d = M L \pi d^2 / 4 V_s \quad (20)$$

Elde edilen teorik bilgilerin uygulamada kullanılmasını aşağıdaki örnekte açıklayalım.

2.1. Örnek Hesaplama 1

Paralel sargılı silindirik bobinde sargının dış çapı $D = 20$ cm, sargının iç çapı $D_0 = 8$ cm, sargının yüksekliği $H = 12$ cm.

İpliğin numarası $T = 25$ Teks, ipliğin çapı $d = 0,1C \sqrt{T} = 0,019$ cm. Yatay katmanda dolamlar arasındaki mesafe $a = 0$. Katmanın kalınlığı h_k ipliğin çapına eşit kabul edilmektedir ($h_k = d$).

Bobinde sargının hacmi;

$$V_s = \pi H(D^2 - D_0^2)/4 = 3,14 \times 12(20^2 - 8^2)/4 = 3165,1 \text{ cm}^3$$

Dikey katmanda bulunan dolam sayısı;

$$m_d = (D - D_0)/2d = (20 - 8)/2 \times 0,019 = 316 \text{ dolam}$$

Bir dolamın ortalama uzunluğu;

$$l_{or} = 3,14(20 + 8)/2 = 44 \text{ cm}$$

Bobinde iplik uzunluğu;

$$L = V_s / 10^2 d^2 = 3165,1 / 0,019^2 = 87676 \text{ m}$$

Bobine sarılan ipliğin hacmi;

$$V_i = 10^2 L \pi d^2 / 4 = 87676 \times 3,14 \times 0,019^2 / 4 = 2484,6 \text{ gr/cm}^3$$

Sargının dolum katsayısı;

$$K_d = V_i / V_s = 2484,6 / 3165,1 = 0,784$$

Sarım yapısının yoğunluğu

$$\mu = G / V_s = 2191 / 3165,1 = 0,692 \text{ g/cm}^3$$

Bobinde iplik ağırlığı;

$$G = TL / 10^3 = 25 \times 87676 / 10^3 = 2191 \text{ gr} = 2,191 \text{ kg}$$

2.2. Örnek Hesaplama 2

Çözümlenmiş levendinde aşağıdaki verilere dayanarak iplik uzunluğunu ve diğer sarım yapı parametrelerini hesaplamalı.

Levendin dış çapı $D = 90$ cm, levendin iç çapı $D_0 = 30$ cm, sarım yüksekliği $H = 140$ cm, levende sarılan ipliğin numarası $T = 31,6$ Teks, iplik çapı $d = 0,0213$ cm, levende sarılan iplik sayısı $M = 800$, levendin sarım yoğunluğu $\mu = 0,5$ gr/cm³, levante iplik ağırlığı $G = 395$ kg.

Levendin hacmi;

$$V_s = \pi H(D^2 - D_0^2)/4 = 3,14 \times 140(90^2 - 30^2)/4 = 791280 \text{ cm}^3$$

Yatay katmanın kalınlığı

$$h_n = TM / 10^5 \mu H = 31,6 \times 800 / (10^5 \times 0,5 \times 140) = 0,0036 \text{ cm}$$

Bir iplikten alınan toplam dolam sayısı;

$$m_r = (D - D_0)/2 h_n = (90 - 30)/2 \times 0,0036 = 8333 \text{ dolam}$$

Bir dikey katmanda dolam sayısı

$$m_{d1} = (D - D_0)/4 h_k = (90 - 30)/4 \times 0,0036 = 4166,5$$

Bir iplikten oluşan dikey katman sayısı

$$n = m_r / m_{d1} = 8333 / 4166,5 = 2$$

Leventte iplik uzunluğu

$$L = V_s / (10^2 H h_k) = 791280 / (10^2 \times 140 \times 0,0036) = 15700 \text{ m}$$

Leventte ipliklerin toplam

$$L_i = M \times L = 800 \times 15700 = 12560000 \text{ m} = 10^2 12560000 \text{ cm}$$

Levende sarılan ipliklerin hacmi

$$V_i = L_i \pi d^2 / 4 = 10^2 12560000 \times 3,14 \times 0,0213^2 / 4 = 447320,2 \text{ cm}^3$$

Levendin sarım yapısının dolum katsayısı

$$K_d = V_i / V_s = 447320 / 791280 = 0,565$$

3. Sonuçlar

Tek ve çoklu iplik veya ipliğe benzer malzemelerin paralel sarım yöntemiyle oluşturduğu her çeşitli sargılar için iplik uzunluğunu hesaplanma yöntemi geliştirilmiş ve teorik denklemler sunulmuştur.

Geliştirilmiş yöntem ve denklemlerin pratikte uygulanabilir olduğu örneklerle açıklanmıştır.

Kaynaklar

1. Гордеев В. А. Волков П.В. (1974) Ткачество. Москва, Изд. ЛПИ, 620 ст.
2. Зайцев В.П. (1968). Зависимость длины нитей, навиваемых на сновальную и ткацкую паковку, от угла ее поворота. Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. - №5. - С. 70-73. Иваново.
3. Фатдахов Р.М. (1971) Зависимость длины нити, наматываемой на бобину от угла поворота ее. Изв. вузов. Технология текстильной промышленности, №1, С. 69-73. Иваново.
4. L.Simon, M.Hübner (1983) Vorbereitungstechnik für die Weberei, Wirkerei und Stricerei Veb Fachbuchverlag, Leipzig, 271s.
5. Mahmudova N.R, Fərzəliyev M.H. (2015) Əriş navoyunun quruluş parametrlərinin təyini" Nəzəri və Tədbiqi Mexanika 1, səh 98-103 Bakı.
6. R.M. Fatdakhov, M.H.Jangirova (2005) Strukture and Formation of Parallel Winding. "Fibros Materials. XXI Century. International Comference and Exhibition. St. Petersburg,



Bartın Üniversitesi Mühendislik ve Teknoloji Bilimleri Dergisi



Sıkı Geçmeli Mil-Göbek Bağlantılarda Yük Taşıma Kapasitesinin Olasılık Hesabı

Etimad EYVAZOV, Emre ALTAŞ*

Bartın Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Bartın / TÜRKİYE

Geliş Tarihi: 05.03.2018 Düzeltme Tarihi: 21.05.2018 Kabul Tarihi: 05.06.2018

Özet

Sıkı geçme, maksimum emniyet olasılık teorisine göre analiz edilmiş ve buradan alınan sonuçlar ile parçaların uyumluluğu sorgulanmıştır. Verilen bağlantı tipi için örnek delik sisteminde yataklar miller seçilmiş, hareketsiz bağlantı ve dolayısıyla moment iletimi incelenmiştir. Malzemelerin dinamik yüklerle karşı davranışını anlamak, günümüzde emniyetli tasarımlar yapılabilmesi açısından çok büyük bir önem arz etmektedir.

Anahtar Kelimeler: Sıkı Geçme Bileşmesi, Olasılık Teorisi, Emniyetli Bağlamalar, Toleranslık

Calculus of Probability of Load Carrying Ability in Shrink Fit Shaft-Hub Connections

Abstract

Shrink fit was analyzed according to the probability theory of maximum safety and compatibility of parts was compared with the results obtained from the analysis. Bearings and shafts were selected in sample hole system for the given connection type and stationary connection and thus moment transmission were investigated. To understand the behavior of materials against dynamic loads has great importance in terms of making safe designs at the present time.

Keywords: Shrink Fit Connection, Theory of Probability, Safe Connections, Tolerance

1. Giriş

Dış yüklemeler, sürtünme katsayıları, elastik modülü ve akma sınırı bileşen parçalara has bir parametrelerdir. Bu nedenle seri üretim sırasında yüzeylerde meydana gelen pürüzlülüğün dolayı, değerler birleşmeye etki etmektedir. Bu durumun ortaya çıkmaması için sıkı geçme birleşmelerinde öncelikle olasılık teorisinin hesap işlemlerinin yapılması oldukça önemli noktalardandır. Bunun için sıkı geçme birleşmelerinde olasılık teorisinin hesap işlemlerinin yapılması oldukça önemlidir [4-7].

[1] sayılı çalışmada gerilmenin olasılık hesap işlemi incelenmiş ve buna göre maksimum burulma moment aktarımı göz önüne alınmıştır. Bu türlü dönme momentleri sadece kayma ile meydana gelir. Çalışmamız, gerilme (sıkı geçme birleşmeleri) ve ihtimal teorisi (olasılık) hesap işlemlerine göre yapılmıştır. Hesaplamalar yapılırken birleşmeden ortaya çıkan burulma momenti kaymadan, milin sertliği ve önceden temas noktalarındaki yer değiştirmeleri göz önüne alınmıştır. Maksimum silindirik sıkı geçme birleşmeli tasarımda, momentin ifadesi aşağıdaki formül ile [2, 3] bulunmaktadır. Bu formülü aşağıdaki şekilde ifade edebiliriz.

$$q = \frac{T}{2\pi r K G I_p a_{max}^2 t h^2 (\sqrt{K_2 l})} \quad (1)$$

Basınç ile deformasyon arasındaki Lamé bağılılığı aşağıdaki şekilde yer aldığı gibi yazılmaktadır [2].

$$\delta = 2r q \cdot \left(\frac{c_1}{E_1} + \frac{c_2}{E_2} \right) \quad (2)$$

$$\text{Burada } c_1 = \frac{a^2 + d_1^2}{a^2 - d_1^2} - \mu_1 ; \quad c_2 = \frac{d_2^2 + a^2}{d_2^2 - a^2} + \mu_2 ; \quad K_2 = \frac{2\pi r^3 K q}{G I_p}$$

Burada E_1 ve E_2 birleşerek parçaların elastik modülleri a_{max} , önceden yer değiştirmiş maksimum elastiklik değeridir. (1) ve (2) formüllerine aşağıdaki ifadeler yazılabilir

$$\delta = \frac{r T^2 \left(\frac{c_1}{E_1} + \frac{c_2}{E_2} \right)}{\pi r K G I_p a_{max}^2 t h^2 (\sqrt{K_2 l})} \quad (3)$$

Bileşme için istenen gerilim (sıkı geçme) aşağıdaki bilinen formülle bulunmaktadır.

$$\delta_n = \delta + 1,2(R_{Z_1} + R_{Z_2}) \quad (4)$$

Burada ve bileşen yüzeylerin yükseklikleri (3) ve (4) formüllerini göz önüne aldığımızda aşağıdaki sonuca varılabilir.

$$\delta = \frac{r T^2 \left(\frac{c_1}{E_1} + \frac{c_2}{E_2} \right)}{\pi r K G I_p a_{max}^2 t h^2 (\sqrt{K_2 l})} + 1,2(R_{Z_1} + R_{Z_2}) \quad (5)$$

Burada T , E_1 , E_2 , a_{max} bilinmeyen tesadüfi büyüklüktür. Bu deneyim sürecinde, daha hassaslıkla gelecek işlemi yapmak için, bir problemin çözümünde temel olarak nokta etrafında matematik tesadüfi beklentileri karakterize eden (ayırıcı özellikleri ortaya koyan) fonksiyonun lineerizasyon metodu kullanılmaktadır.

(5) ifadesinin matematik beklenti fonksiyonu aşağıdaki gibi formülize edilebilir.

$$M_{\delta_n} = \frac{r T^2 \left(\frac{c_1}{E_1} + \frac{c_2}{E_2} \right)}{\pi r K G I_p a_{max}^2 t h^2 (\sqrt{K_2 l})} \cdot \frac{(M[T])^2}{(M[a_{max}])^2 M[E_1]} + \frac{r c_2}{\pi G I_p t h^2 (\sqrt{K_2 l})} \cdot \frac{(M[T])^2}{(M[a_{max}])^2 M[E_1]} + 1,2M[R_{Z_1}] + 1,2M[R_{Z_2}] \quad (6)$$

Matematik beklenti fonksiyonunun ortalama kuadratik sapması aşağıdaki bilinen formülle bulunmaktadır;

$$S_{\delta_n} = \sqrt{\left(\frac{\partial \delta_n}{\partial T}\right)_m^2 + \left(\frac{\partial \delta_n}{\partial E_1}\right)_m^2 + \left(\frac{\partial \delta_n}{\partial E_2}\right)_m^2 + \left(\frac{\partial \delta_n}{\partial \theta_{max}}\right)_m^2 + \left(\frac{\partial \delta_n}{\partial R_{z_1}}\right)_m^2 + \left(\frac{\partial \delta_n}{\partial R_{z_2}}\right)_m^2} \quad (7)$$

$$\left(\frac{\partial \delta_n}{\partial T}\right)_m = \frac{\zeta C_1}{\pi G I_p t h^2 (\sqrt{K_2} l)} \cdot \frac{2M[T]}{(M[Q_{max}])^2 M[E_1]} + \frac{\zeta C_2}{\pi G I_p t h^2 (\sqrt{K_2} l)} \cdot \frac{2M[T]}{(M[Q_{a_{max}}])^2 M[E_2]}$$

$$\left(\frac{\partial \delta_n}{\partial E_1}\right)_m = -\frac{\zeta C_1}{\pi G I_p t h^2 (\sqrt{K_2} l)} \cdot \frac{(M[T])^2}{(M[Q_{max}])^2 (M[E_1])^2};$$

$$\left(\frac{\partial \delta_n}{\partial E_2}\right)_m = -\frac{\zeta C_2}{\pi G I_p t h^2 (\sqrt{K_2} l)} \cdot \frac{(M[T])^2}{(M[Q_{max}])^2 (M[E_2])^2};$$

$$\left(\frac{\partial \delta_n}{\partial Q_{max}}\right)_m = -\frac{\zeta C_1}{\pi G I_p t h^2 (\sqrt{K_2} l)} \cdot \frac{2(M[T])^2}{(M[Q_{max}])^2 M[E_1]} - \frac{\zeta C_2}{\pi G I_p t h^2 (\sqrt{K_2} l)} \cdot \frac{2(M[T])^2}{(M[Q_{max}])^2 (M[E_2])^2};$$

$$\left(\frac{\partial \delta_n}{\partial R_{z_1}}\right)_m = \left(\frac{\partial \delta_n}{\partial R_{z_2}}\right)_m = 1,2$$

İstenen fonksiyon aşağıdaki aralıkta yer almıştır.

$$M\delta_n - Z \leq S_n \leq M\delta_n + ZS_{\delta_n} \quad (8)$$

Burada z, normal paylaşımın kvantilidir. Bu değer P ihtimaline (olasılık) bağlıdır ve aranan bu parametre hesap aralıklarında aşağıdaki değerler alınmaktadır. (Tablo 1).

Tablo 1. P ihtimal değerleri

P	0,5	0,9	0,95	0,97	0,99	0,995	0,997	0,999
z	0	1,28	1,64	1,88	2,33	2,58	2,75	3,1

[2, 3] çalışmalarında tavsiyelerine göre bağlantının çalışma kabiliyeti aşağıdaki ifade ile sağlanmaktadır (minimum cetvel gerilimi).

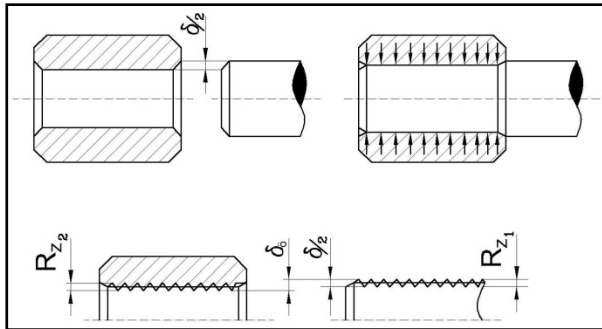
$$\delta_{min}^* \geq \delta_{n_{max}} \quad (9)$$

Cetvel gerilmenin (sıkı geçme) maksimum ve minimum değerleri Şekil 1'de verilmiştir.

$$\delta_{min}^* = M\delta^* - ZS_{\delta}^*$$

(10)

$$\delta_{max}^* = M\delta^* + ZS_{\delta}^*$$



Şekil 1. Sıkı geçmede toleranslık ve yüzey pürüzlülüğü görüntüleri

Burada $M\delta^* = \Delta_{Oa} - \Delta_{Ob}$ cetvel gerilmesinin matematik beklentisi olarak yer almaktadır (milin ve deliğin simetri şeklinde olmasına bağlıdır).

Δ_{Oa} ve Δ_{Ob} , tolerans alanının ortalama koordinatıdır. Bu oran aşağıdaki bilinen formülle bulunmaktadır:

$$\Delta = 0,5(\Delta_B - \Delta_H)$$

Δ_B ve Δ_H , ölçülerin yukarı ve aşağı eğilim göstermeleri olarak ifade edilmektedir.

$S_{\delta}^* = \sqrt{S_a^2 + S_b^2}$, cetvel gerilmesinin (sıkı geçme) orta kuadratik eğilim göstermesi ile ifade edilir.

Burada $S = \frac{\Delta_B - \Delta_H}{16}$ fazla gerilim, materyalin plastik akmasına neden olur. Dolayısıyla emniyet sağlanmalıdır.

Bu amaçla plastik deformasyonun başlangıcında meydana gelen P_T basıncı ve δ_n gerilimi belirlenir ve öncelikle formül şu şekilde ifade edilir.

$$P_T = 0,5 \left(1 - \left(\frac{d}{d_2}\right)^2\right) 6_{ak} = a 6_{ak} \quad (11)$$

Materyalin akma sınır dağılıma maruz kaldığından dolayı (11) fonksiyon aşağıdaki gibi yer almaktadır:

$$\left. \begin{aligned} M_{P_T} &= a M 6_{em}^{ak} \\ S_{P_T} &= a S 6_{ak} \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

Plastik deformasyonun başlangıcına uygun gelen basınç aşağıdaki intervalla belirlenir.

$$P_{T_{min}} < P_T < P_{T_{max}} \quad (13)$$

Burada ;

$$P_{T_{min}} = M_{P_T} - z S_{P_T}$$

$$P_{T_{max}} = M_{P_T} + z S_{P_T} \text{ tayin edilir.}$$

Daha sonra hesaplamaları yaptığımız zaman δ_{max}^* değeri ele alınır, çünkü detayın emniyeti bakımından bu durum fazla arzu edilmez. Bir başka ifadeyle bu koşulun sağlanması gerekmektedir.

$$\delta_{max}^* \leq \delta_T \quad (14)$$

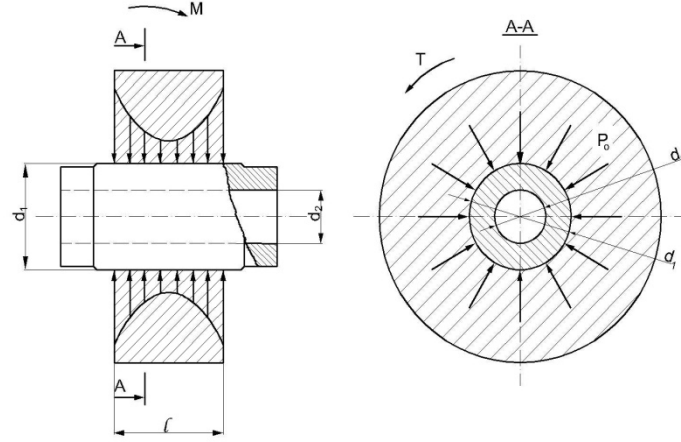
Bu çalışmada yapılan hesap işlemlerinin, gerçekliğini kontrol etmek için, diğer çalışmalarda [1] mukayese edilmiştir. Daha sonra mili oturtulmuş ve T momenti ile iletilen bir çarktan dolayı ortaya çıkan gerilme hesaplanmıştır (Şekil 2).

Değerlerden $d=60$ mm, $l=80$ mm, $d_2=100$ mm ve $C_1=0,7$, $C_2=2,4$ katsayıları alınmıştır. Burada dağılımın tesadüfi değerleri bulunmuştur:

$$T=1050000-1250000 \text{ N/mm}, \quad E_1=(2-2,19) \times 10^5 \text{ N/mm}^2, \quad E_2=(1,9-2,2) \times 10^5 \text{ N/mm}^2$$

$f = 0,06-0,13$, $R_{z_1} = 6,3 - 10 \text{ mm}$ $\sigma = 0,7 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$, $a_{\max} = 2-6 \text{ }\mu\text{m}$

Dağılım fonksiyonunun argumenti, simetri olarak kabul edildiğinde (normal dağılıma yakın), o zaman tesadüfi büyüklüklerin matematik beklentisi ve orta kuadratik meylenmelerinin fonksiyon değerleri Tablo 2'de yer almıştır.



Şekil 2. Sıkı geçmede yük dağılımının görüntüsü

Tablo 2. Dağılım fonksiyonlarının değerleri

M [T] (N.mm)	M [E ₁] (N/mm ²)	M [E ₁] (N/mm ²)	MR _{Z₁} (μm)	MR _{Z₂} (μm)	M[a _{max}] (μm)	S _T (N.mm)	S _{E₁} (N/mm ²)	S _{E₂} (N/mm ²)	SR _{Z₂} (μm)
1150000	2,095x10 ⁵	2,05x10 ⁵	4,75	0,15	4	28570	2714	4283	0,528

(6) ve (7) ifadeleri sayısal değerleri Tablo 2'den alınarak aşağıdaki sonuç elde edilmiştir:

$$M_{\delta_h} = 16,43 \text{ }\mu\text{m} \text{ ve } S_{\delta_h} = 1 \text{ }\mu\text{m}$$

Burada $p=0,95$ kabul edildiğinde $z = 1,64$ elde edilir. Daha sonra (8) formülüne esasen montaj partisinde aranan gerilim

$$16,43-1,64.I \leq 16,43+1,64.I \text{ veya,}$$

$$\delta n_{\min} = 14,79 \leq \delta n \leq \delta n_{\max} = 18,07 \text{ elde edilir.}$$

2. Sonuçlar

Olasılık teorisiyle birleşen parçaların birbirleriyle birleşmesi zaman alarak türlere (partilere bölünmesi) ayrılması için hesap işlemlerinden dolayı bileşmenin emniyetli derecede yükselmesi ve kuvvet veya moment iletilmesinde ortaya konulmuştur. Yapılan işlemlerden de anlaşılmaktadır ki gerilmeli birleşmelerde hassas hesap yöntemleri, birleşecek detay yüzeylerinin temizliğinde

oldukça önemlidir. Ayrıca, yapılan hesaplamalarda çalışmada kullanılan parçaların özellikleri de göz önüne alınmıştır.

Kaynaklar

1. Dunayev, R. F., Levikov S.P. Gerilmeli bağlantılarda olasılık hesabı, Makine Yapımı Dergisi, N9, s. 6, Moskova, 1974.
2. Badalov, R. A., Mamedov, A. F. Gerilmeli bağlantılarda burulma momentinin iletilmesi, Teknik İlerleme Dergisi No:1, s. 4, Bakü, 1978.
3. Mamedov, A. F., Ayvazov, E. B. Bağlantıların olasılık hesabı, VİNİTİ Dep. N676, s. 28, Moskova, 1987.
4. Şelofast, V. V. Makinaların tasarımının esasları, APM, s. 472, Moskova, 2005.
5. Şelofast, V. V. Makinaların tasarımının esasları, Problem Çözme Örnekleri, APM, s. 240, Moskova, 2007.
6. Abramov, K. N. Ölçü zincirlerinin hesabının modellemesinde olasılık metodlarının kullanımın bazı problemleri, Makine ve Cihaz Montajı Dergisi, N7, s. 6-8, Moskova 2008.
7. Anuriyev, V. İ. Makine mühendisinin tasarım sorgu kitabı, Cilt 1 3. Basım, s. 920 Moskova, 2001.



Bartın Üniversitesi Mühendislik ve Teknoloji Bilimleri Dergisi



Köprülü Mehmet Paşa Camii'nin Bakım, Onarım, Güçlendirme ve Restorasyon Çalışmalarının İrdelenmesi

Şenol GÜRSOY*, Ayşegül YILMAZ, Büşra CENGİZ

Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Karabük / TÜRKİYE

Geliş Tarihi: 12.04.2018 Düzeltme Tarihi: 11.05.2018 Kabul Tarihi: 05.06.2018

Özet

Bu çalışmada tarihi Safranbolu'da (Eski Çarşı'da) bulunan Köprülü Mehmet Paşa Camii'nde bugün yapılan bakım, onarım, güçlendirme ve restorasyon çalışmaları irdelenmektedir. Zira zemin hareketleri, doğal afetler, uzun süreli doğal etkenler, ısı farkları, donma çözünme vb. gibi etkenler tarihi yapıların taşıyıcı sistemlerinde hasarın oluşmasına neden olmaktadır. Ayrıca bu çalışmaya konu olan Köprülü Mehmet Paşa Camii'nin inşasından bugüne kadar geçen süreçler kesin olarak bilinmemektedir. Durum böyle olunca bu çalışmanın Köprülü Mehmet Paşa caminin bakım, onarım ve restorasyon çalışmalarına katkı sağlayacağı açıktır. Bu çalışmadan elde edilen bulgular karşılaştırılarak Köprülü Mehmet Paşa caminin gelecek kuşaklara aktarılması için bazı sonuç ve öneriler sunulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kültürel Miras, Korumacılık, Köprülü Mehmet Paşa Camii, Restorasyon

Evaluation of Care, Repair, Strengthen and Restoration Works of Köprülü Mehmet Pasha Mosque

Abstract

In this study, the maintenance, repair, strengthening and restoration works carried out on the Köprülü Mehmet Pasha mosque in the historical Safranbolu (Old Bazaar) are scrutinised. Due to the factors like ground movements, natural disasters, long-term natural factors, temperature differences, freeze dissolution, etc. cause damage to the structural systems of historical structures. Besides, the process from its construction to today of the Köprülü Mehmet Pasha mosque, which is the subject of this study, is not known precisely. As such, it is clear that this study will contribute to the maintenance, repair and restoration work of Köprülü Mehmet Pasha mosque. Some findings and suggestions are presented to transfer Köprülü Mehmet Pasha mosque to future generations by comparing findings obtained from this study.

Keywords: Cultural Heritage, Protectionism, Köprülü Mehmet Pasha Mosque, Restoration

1. Giriş

Ülkemizde geçmişten günümüze birçok tarihi zenginlik (köprüler, kanallar, barajlar, yollar, ibadethaneler, kervansaraylar, hanlar, hamamlar vb. gibi) kültürel miras olarak bulunmaktadır. Anadolu'da tarih boyunca farklı kültürlerin ve/veya dinlerin etkileriyle inşa edilmiş; taşıyıcı duvarları tuğla, kum taşı veya kayalık olan tarihi kagir yapılar yüzyıllar boyunca çeşitli hasarlara maruz kalmış olmalarına rağmen günümüze kadar ayakta kalmıştır. Bununla birlikte kültürel miras olan bu tarihi zenginliklerin, tarihi yorgunluk sonucu oluşan hasarlarının onarılması veya deprem gibi doğal afetlere karşı strüktürel (taşıyıcı sisteminin) yapısının tarihi dokusuna zarar vermeden depremlere dayanıklı hale getirilmesi gerekmektedir. Diğer taraftan 1964 yılında hazırlanan Venedik Tüzüğüne göre Anıtların korunmasında ve onarılmasındaki amacın; onları bir sanat eseri olduğu kadar, tarihi bir belge olarak da korumak gerektiği belirtilmiştir. Ayrıca Venedik Tüzüğünde göre onarımın uzmanlık gerektiren bir iş olduğu ifade edilmiştir.

2. Yığma Yapılarda Strüktürel (Yapısal) Elemanlar

2.1. Taşıyıcı Duvarlar

Yapı yüklerini yapı temeline aktaran kesme taş, kaba yonu taş, moloz taş, tuğla ya da alması malzeme (taş ve tuğla) ile inşa edilen taşıyıcı yapı elemanlarıdır. Taşıyıcı duvarların en kesit boyutları, kendi öz ağırlığı ile birlikte yapıya etkimesi muhtemel deprem yükleri ve diğer yüklerin dikkate alınmasıyla belirlenmektedir. Tarihi yığma kagir yapılarda yükler duvarlar ile karşılandığından duvar kalınlıkları olabildiğince büyük seçilmektedir [1].

2.2. Kemerler

Düşey ve yatay yapı yüklerini belirli noktalara aktarmak suretiyle taşıyan yapı elemanlarıdır. Kemerler geometrik şekilleri

sayesinde giriş gibi açıklıkları geçmek için kullanılmakta ve yük taşıma görevi yapar. Kemerlerde kâgir malzeme kullanılması nedeniyle basınç gerilmeleri çalışacak şekilde geometrik formları seçilmekte ve mesnet bölgelerinde oluşan çekme kuvvetini karşılamak amacıyla da gergi çubukları kullanılmaktadır. Gergi çubukları kullanılmayan kemerlerin güçlü duvarlara oturmaları gerekmektedir [2]. Büyük açıklıklı ana kemerler çoğunlukla küfeki taşından "İstanbul taşından" (küfeki taşı; zeminden çıktığı anda her türlü işleme uygun olan, kolay işlenebilen, havayla temas ettikten sonra havadaki karbon dioksiti bünyesine alarak dayanıklılık, sertlik ve dayanım kazanan ve 2000-2500 yıl gibi uzun bir zaman ayakta kalabilen bir taştır) ya da tuğladan, daha küçük açıklıklı olan dekoratif kemerler ise mermerden yapılmaktadır.

2.3. Kubbeler

Kemerlerin düşey bir simetri eksenini etrafında döndürülmesiyle oluşturulan, yarım küre şeklindeki büyük mekânları örten yapı elemanlarıdır. Tarihi yapıların kubbe inşasında genellikle tuğla kullanılmış olsa da nadiren taş ve ahşap malzeme ile yapılmış kubbe örnekleri bulunmaktadır. Kubbeler yüklerini mesnetlerinden diğer taşıyıcı elemanlara aktarmaktadırlar. Dairesel planlı yapıların yükü, dairesel mesnetlere oturan kubbeler vasıtasıyla doğrudan diğer taşıyıcı elemanlara aktarılmaktadır. Kare planlı yapılarda ise yükü aktarmak için tromp, Türk üçgeni ve pandantif gibi yapısal elemanlar kullanılmaktadır. Ayrıca yapı planına bağlı olarak gerekli durumlarda ana kubbeyi desteklemek amacıyla yarım kubbeler de kullanılmaktadır.

2.4. Tromplar

Tromplar kare planların, kemer ya da taş lento ile daireye yaklaştırıldığı geçiş elemanlarıdır. Tromplar, pandantifler ile aynı görevi görmekte, ancak karenin köşesine çaprazlamasına örülmüş bir kemerle ona ardından eklenmiş bir tonozdan oluşmaktadır.

2.5. Tonozlar

Bir kemerin kendi düzlemine dik doğrultuda ötelenmesi sonucu oluşturulan yapı elemanlarıdır. Diğer bir ifadeyle kemerlerin üçüncü boyutta uzatılmasıyla oluşturulan yapı elemanlarıdır. Tonozlar, sütun ve ayaklar tarafından taşınmakta ve çok üniteli bir mekânın örtülmesinde kullanılmaktadır. Tonozlar ağırlığı ile birlikte diğer yükleri uçlara kesme kuvvetleri şeklinde aktaracağından bu kısımlarda söz konusu kesme kuvvetlerini karşılayabilecek duvar, kemer ya da kubbe bulunmalıdır. Tonozları; ilkel tonoz, beşik tonoz, çapraz tonoz ve manastır tonozu olmak üzere dört gruba ayırmak mümkündür. Bunlardan ilkel ve beşik tonozun mesnetlerinin sürekli bir taşıyıcı eleman olma zorunluluğu bulunmaktadır.

2.6. Gergiler

Tarihi yapılarda gergi çubukları, kemerlerin ve kubbelerin davranışları sonucu (basınca çalışmasıyla) oluşan itkiyi (çekme kuvveti) karşılamak için kullanılmaktadırlar. Gergi çubukları genellikle çekme kuvvetini en iyi karşılayan demir (çelik) malzeme ile inşa edilmektedir. Bununla birlikte nadirde olsa ahşap malzemeden inşa edilmektedirler.

2.7. Ağırlık Kuleleri

Ağırlık kuleleri kubbeden gelen yatay itki kuvvetlerinin azaltılması ya da karşılanması amacıyla kullanılmaktadırlar.

2.8. Pandantifler

Kubbeyi taşıyan kemerler ile kubbe kaidelerinin arasını kapatan ve kare plandan kubbenin dairesel kaidesine geçmeyi sağlayan küresel üçgen şeklindeki yapısal geçiş elemanlarıdır.

2.9. Sütunlar

Tek parça ya da davul şekilli silindir mermer, granit vb. gibi kayalık malzeme ile oluşturulan taşıyıcı elemanlardır. Eleman sürekliliği, parçaların birbirlerine merkezi pimlerle bağlanması ile sağlanmaktadır [3].

2.10. Temeller

Temeller tarihi yapılardaki önemli taşıyıcı yapısal elemanlardır. Temeller, gerekli dayanımın sağlanması amacıyla iri yapılu kayalık malzemeyle derin bağlantılı ve sürekli olarak (sürekli / mütemadi temel şeklinde) inşa edilebilirler. Ancak temellere derinlik verilmesi sonucu bazen zemin suyu büyük problem olarak ortaya çıkabilmektedir. Bu amaçla temel tabanlarında galeriler yapılarak temelin havalandırılması ve suyun kurutulması sağlanabilir [4].

3. Tarihi Yapılarda Kullanılan Malzemeler ve Özellikleri

3.1. Kayaç (Taş)

Taşın tarihi yapılarda yaygın olarak kullanılmasının nedeni, hemen hemen her yerde kolaylıkla bulunabilmesi, basınç kuvvetlerine ve yangına karşı oldukça dayanıklı olmasıdır. Bununla beraber kayalık malzeme basınç kuvvetlerine karşı oldukça dayanıklı olmasına rağmen çekme kuvvetlerine karşı zayıftır [5]. Bu nedenle tarihi yapılarda temel, sütun, kemer, tonoz ve kubbelerde kullanılan kayalık malzeme çekme gerilmesi almayacak biçimde kullanılmaktadır. Diğer taraftan donma çözünme ve sıcaklık değişimleri sebebiyle oluşan çekme gerilmeleri kayalık malzemede çatlaklara yol açmaktadır.

3.2. Tuğla

Kilim yüksek sıcaklıklarda pişirilmesiyle elde edilen bir yapı malzemesidir. Fırın teknolojisinin bulunmadığı dönemlerde tuğla malzemesi güneş ısısından yararlanarak üretilmiştir. Tuğlanın dayanımını örülme düzeni belirlemektedir.

3.3. Harç

Dolgu malzemesi ve bağlayıcı malzemenin belirli oranlarda su ile karıştırılmasıyla oluşan ve katılaşma özelliği olan hamura "harç" adı verilmektedir. Harç yapı elemanlarını oluşturulması, bir bütün haline getirilmesi ve birlikte hareket etmesi amacıyla

kullanılmaktadır. Tarihi yapılarda ilk olarak harç kullanımı çamur ile sağlanmış, daha sonra kireç harcı, kum-kireç-pişişmiş kil karışımı ve horasan harcı kullanılmıştır. Yığma yapılarda kullanılan harcin bağlayıcılık özelliği ve dayanımı, söz konusu yapının performansını önemli ölçüde etkilemektedir.

4. Tarihi Yapılarda Gözlenen Hasar Biçimleri

Tarihi yapılarında oluşan hasarların nedenlerine bakıldığında; zeminden kaynaklı sorunlar, yapı temeli ile ilgili sorunlar, çevresel etmenler ve depremler en çok rastlanan hasar biçimlerini oluşturmaktadır. Tarihi yapılarında oluşan hasar biçimlerini aşağıdaki gibi özetlemek mümkündür:

1. Yapı zemininde meydana gelen oturma ve çökme,
2. Taşıyıcı sistem tasarımından ve seçiminden kaynaklı hasarlar,
3. Duvar, kemer, kubbe ve tonoz gibi yapısal elemanlarda çekme gerilmeleri nedeniyle oluşan çatlaklar,
4. Malzemeden ve çevresel etkilerden kaynaklı hasarlar,
5. Sıcaklık değişimleri,
6. Sıvaların dökülmesi ve derzlerin boşalmasıyla oluşan hasarlar,
7. Depremler nedeniyle oluşan hasarlardır.

4.1. Yapı Zemininde Meydana Gelen Oturma ve Çökme

Yığma yapılarda zeminden kaynaklanan hasarların birçok nedeni bulunmaktadır. Bunlardan en önemlisi yeraltı suyu seviyesinin değişmesidir. Zira yeraltı suyu seviyesinin değişmesiyle yapının oturduğu zeminin su muhtevası değişmektedir. Yeraltı suyunun azalmasıyla boşluk suyu basıncı düşmekte ve zemin danelerinin ağırlığı artmaktadır. Bu sebepten zeminde oturmalar meydana gelmekte ve yapıda çatlaklar oluşmaktadır [6].

4.2. Taşıyıcı Sistem Tasarımından ve Seçiminden Kaynaklı Hasarlar

Taşıyıcı duvarlar ve payandaların yeterli kalınlığa sahip olmaması nedeniyle söz konusu yapısal elemanların zamanla etkilenen yükleri taşıyamayacak duruma gelmesine sebep olabilmektedir. Bu durum söz konusu yapısal elemanların bel vermesine (dik nesnelerin dışarıya doğru kamburlaşması) hatta yıkılmalarına yol açmaktadır. Geniş açıklıklı kubbelerde etkilenen yükleri güvenle taşıyacak yapısal elemanların ve/veya kubbe yükünü azaltacak malzemenin seçimine özen gösterilmelidir. Kubbenin itkisiyle duvarlardaki açılmaların önüne geçmek için de payandalar kullanılmalıdır [7]. Ayrıca taşıyıcı duvarlarda hatıl kullanılması duvar birleşim ve kesişim bölgelerinde çatlak oluşmasına ve/veya duvarın dönmesine neden olabilmektedir.

Taşıyıcı kâgir duvarların taş malzemeyle sürekli olarak inşa edilen temellerinin yeterli olmaması nedeniyle yığma duvarda oturmalar ve çatlaklar görülebilmektedir. Diğer bir ifadeyle temellerin inşasında kullanılan malzemeler zaman içinde deformasyona uğrayarak hasarlara neden olmaktadır.

4.3. Duvar, Kemer, Kubbe ve Tonozlarda Çekme Gerilmeleri Nedeniyle Oluşan Çatlaklar

Yığma yapıların taşıyıcı sistemlerinde hasar oluşumu; yapısal elemanlarda ezilme ve deformasyonlar, kubbe hasarları, temellerde oturma, taşıyıcı duvarlarda dönmeler şeklinde görülmektedir. Yığma yapıların taşıyıcı duvarları, basınç etkilerine karşı dayanımları yüksek olmasına rağmen çekme dayanımları oldukça düşüktür. Bu nedenle kâgir yapılarda eğilme etkisindeki dolayısıyla çekme etkilerine maruz kalacak döşeme, çatı, kemer, kubbe, tonoz gibi yapısal elemanlar eğrisel olarak tasarlanmaktadır. Bu tasarımlarla yapısal elemanların maruz kalacağı çekme etkileri sınırlandırılmış olmaktadır. Diğer taraftan farklı oturmalar, deprem etkileri ya da yüklerin simetrik olmaması durumunda da yapısal elemanlarda çekme etkileri oluşabilmektedir. Söz konusu çekme etkilerinin olduğu bölgelerde çekme gerilmesine dik çatlaklar oluşmakta ve böylece sürekli olan yük aktarımı kaybolarak bölgesel göçme veya dökülme görülmektedir. Ayrıca eğrisel elemanlarda zayıf harç kullanımı ve aşırı yüklemeler de hasarlar oluşturabilmektedir. Zira düşey yüklerin artması yapısal elemanı oluşturan malzemenin kırılmasına, ezilmesine ve ufanmasına neden olmaktadır.

4.4. Malzemenen ve Çevresel Etkilerden Kaynaklı Hasarlar

Yığma yapılarda kullanılan malzemelerin çeşitliliği yapısal bütünlüğünü anlamayı karmaşık hale getirmektedir. Zira yığma yapıların taşıyıcı sistemlerinde farklı malzemenin kullanılması aynı yükler altında farklı yapısal davranışların ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Diğer bir ifadeyle yığma yapılarda kullanılan malzemelerin düşük kalite olması veya malzemenin karakteristik özelliklerinin tam olarak bilinmemesi yapısal hasarlara neden olmaktadır.

Tarihi yığma yapılarda dış "çevresel" (atmosfer etkileri gibi) etkiler çeşitli hasarlar oluşturabilmektedir. Diğer bir ifadeyle seller, fırtınalar, yıldırım düşmesi gibi birçok çevresel etkilere bağlı olarak tarihi yığma yapılarda hasarlar meydana gelebilmektedir. Ayrıca kimyasal etkiler sonucu yapısal elemanlarında korozyon, malzeme kaybı ve mantarlaşma vb. gibi nedenlerden dolayı hasarlar oluşturabilmektedir.

4.5. Sıcaklık Değişimleri

Yığma elemanlar içinde yer alan ahşap veya metal malzemeler iklim koşullarına bağlı olarak yapılarda önemli hasarlara neden olmaktadır. Özellikle karasal iklim bölgelerinde gece gündüz sıcaklık farklarının çok fazla olduğu yerlerde genleşme farklılıkları nedeniyle yapısal elemanlarda çatlaklar oluşturabilmektedir. Özetle, ısı farkları, donma-çözünme vb. gibi uzun süreli doğal etkenler tarihi yapıların taşıyıcı sistemlerinde hasara neden olmaktadır.

4.6. Sıvaların Dökülmesi ve Derzlerin Boşalmasıyla Oluşan Hasarlar

Derzler, yığma yapıların en zayıf bileşenidir ve çevresel etkilere karşı da korumasızlardır. Derzler, rüzgâra, donma-çözünmelere, darbelere, aşınmalara ve kimyasallara maruz kalarak zamanla boşalabilmektedirler. Derzlerin boşaldığı yerlerden yapıya su girerek yapının hasar görmesine neden olmaktadır. Diğer taraftan duvar içinde buharlaşarak yükselen su zamanla sıva içerisindeki basıncı artırarak dökülmesine yapı malzemesinin zarar görmesine sebep olmaktadır.

4.7. Depremler Nedeniyle Oluşan Hasarlar

Depremler (yer hareketleri) sonucunda tarihi yığma yapılarda oluşan çekme gerilmelerine bağlı olarak yapının taşıyıcı sistemlerinde hasarlar meydana gelmektedir [8, 9]. Zira yapıda var olan mikro çatlaklar, etkiyen deprem hareketi sonucu hızla büyümekte ve/veya deprem hareketiyle oluşan kesme kuvveti etkileri özellikle taşıyıcı duvarlarda kayma (kesme) çatlaklarının ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Diğer taraftan yığma yapılar ağır ve rijit yapılar dolayısıyla deprem etkilerine karşı rijit davranış göstermektedirler. Bu nedenle deprem kuvvetleri sonucu her nokta yaklaşık aynı yer değiştirmeyi yapmaktadırlar. Ayrıca yığma yapıların ağır olmalarından dolayı etkiyen deprem kuvvetleri de çok büyük olmakta dolayısıyla söz konusu kuvvetler çeşitli biçimlerde oluşan hasarlar meydana getirmektedirler. Özetle, yığma yapıların malzemelerinin çekme dayanımlarının ve sünekliklerinin çok düşük olması depremde hasar almalarının temel sebeplerindedir [10].

5. Tarihi Yapılarda Onarım ve Güçlendirme

Tarihi bir yapıya eklenecek unsurların/elemanların yapının özgün tasarımını bozmadan ve var olan havasını değiştirmeden yapının güvenliğini sağlayacak biçimde uygulanmasına özen gösterilmelidir. Bu nedenle onarım ve güçlendirme çalışmalarının en başından itibaren mimar ve inşaat mühendisinin birlikte çalışmasında yarar bulunmaktadır. Çünkü tarihi yapıya uygulanacak her işlem yapının biçimi ve malzeme uyumu konusunda ortak çözümler gerektirmektedir. Diğer taraftan tarihi yapının güçlendirilmesi için hangi yolun seçileceğine karar vermedeki en önemli husus mevcut durumun belirlenmesidir. Zira mevcut durumun bilinmesi ve buna göre hareket edilmesi daha sağlıklı ve güvenilir yöntemlerin uygulanmasında önemli rol oynamaktadır. Tarihi yapılarda;

➤ Zeminden Kaynaklı Hasarlar Varsa;

Temel zemini ile ilgili yeterli bilginin olmaması durumunda zeminin sondajlarla ve gözlem çukurlarıyla incelenmesi gerekmektedir. Temel zemininde yeraltı su olması durumunda bu su seviyesi drenajlar ile temel kotunun altına indirilmelidir. Ancak bu esnada oluşabilecek farklı oturma hasarlarına dikkat edilmelidir. Diğer taraftan sıvılaşma riski olan zeminlerde önlemler alınmalıdır.

Burada tarihi yapılarda oluşan zeminden kaynaklı problemlerin yapının inşa edildiği ilk zamanlarında ortaya çıktığını ve yıllardır ayakta olan bir yapının bu zaman içinde oturmasını tamamlamış olduğundan zemin oturması nedeniyle hasar ihtimali düşük olduğunu belirtmek uygun olacaktır.

➤ Taşıyıcı Sistem Tasarımından ve Seçiminden Kaynaklı Hasarlar Varsa;

Taşıyıcı sistem tasarımından ve seçiminden kaynaklı hasarlar varsa yapıya ilave taşıyıcı elemanlar eklenerek güçlendirme yapılabilir. Yeni oluşturulan taşıyıcı elemanlar ve temellerin yatay yükleri de karşılayacak biçimde boyutlandırılması gerekmektedir. Ayrıca yığma yapıların taşıyıcı duvarlarını dışarıdan destekleyen payanda duvarlar yardımıyla da yapı güçlendirilebilir. Diğer taraftan çeşitli (aşırı yüklenme, deprem, yangın vb. gibi) nedenlerle çatlayan sütunları dağılma tehlikesine karşı metal çemberlerle sarıp sıkıştırma yöntemiyle söz konusu düşey elemanlar güçlendirilebilir.

➤ Yapısal Elemanlarda Çekme Gerilmeleri Nedeniyle Oluşan Çatlaklar Varsa;

Taşıyıcı duvarlarda bulunan küçük çatlaklar üzerindeki sıva kaldırılır. Derine inmeyen ve 2mm genişlikli çatlaklar genellikle epoksi reçineleri, çimento şerbeti, priz esnasında genleşen katkı maddeli harçlar ve yüksek çimento dozlu harçlar ile doldurularak onarılabilir. Ancak bu yöntemler ince çatlaklar için oldukça uzun ve zahmetli bir işlem gerektirir. Diğer taraftan çatlak bölgesine donatılar eklenerek çatlakın daha fazla büyümesi engellenebilir.

Çimento şerbetinde dayanımı yüksek Portland çimentosu kullanılması yararlı olacaktır. Ayrıca genleşen çimento ince çatlakların içine girip genişleyip boşlukların daha iyi doldurmasını sağlamaktadır. Çimento enjeksiyon yöntemi genellikle düşük dayanıma sahip "taşınma gücü düşük" moloz taş duvarlarda kullanılmaktadır. Onarım işlerinde yaygın olarak kullanılan bir diğer yöntemde epoksi reçineleri yapııştırma işlemidir. Epoksi reçinesi çatlakları doldurarak süreksiz durumdan sürekli duruma dönüştürmektedir.

Taşıyıcı duvarlarda bulunan büyük çatlaklarda, çelik konstrüksiyon, ankraj çubukları ve çimento harçları kullanılarak, hasarlı kısımlar birleştirilmektedir. Yığma yapıların hatılları yetersiz olması durumunda (yatay yükten dolayı köşe noktalarının açılmaları oldukça sık görülmekte) duvar çelik konstrüksiyonla ya da köselere betonarme kolon ilave edilerek takviye yapılabilir. Çekme çatlakları olan sütunlar çember donatılar ile öngerilme verilmesiyle güçlendirilebilir. Daha az hasara sahip sütunlar ise horasan harcı ile sıvanıp takviye edilebilir. Kemeler ve tonozların güçlendirilmesi ise; ezilen ve düşen parçaların (kısımların) yenileri ile değiştirilmesi, çatlakların harç ile doldurulması, mesnet noktalarının desteklenmesi şeklinde yapılabilmektedir. Ayrıca kemeler ve tonozlarda çekme gerilmesinden oluşan açılmalar ahşap veya çelik gergi çubukları kullanılmak suretiyle önenebilir. Kubbelerde yaygın olarak görülen hasarlar kubbe eteğinde çekme gerilmelerini sonucu oluşmaktadır. Bu tür hasarlarda kubbe eteğine çelik çekme çemberi yapılması ya da payandalarla desteklenmesi ile önenebilir.

➤ Malzemenen ve Çevresel Etkilerden Kaynaklı Hasarlar Varsa;

Yapı cephelerinde zamanla trafik, hava kirliliği, insan kaynaklı ve uzun süreli doğal etkenler sonucunda gözle görülebilen istenmeyen kirlenmeler oluşabilmektedir. Bu tür durumlarda yapı cepheleri mekanik ve kimyasal işlemlerle temizlenebilmektedir. Ancak bu işlem için kullanılan malzemenin asit içerikli olmaması gerekmektedir. Zira asidik özellikteki temizleyiciler yüzeylerde tahribat oluşturabilmektedir. Ayrıca temizliğin yüzeylere hasar vermeksizin özenli bir şekilde yapılması gerekmektedir.

➤ Sıcaklık Değişimlerinden Oluşan Hasarlar Varsa;

Sıcaklık değişimleri etkilerinden oluşan hasarlar için lifli polimer (FRP) ile sargılama ve/veya lifli polimer (FRP) çubuklarla dikiş uygulanabilir.

➤ Sıvaların Dökülmesi ve Derzlerin Boşalmasından Oluşan Hasarlar Varsa;

Sıvaların zarar görmesi ve derzlerin boşalması genellikle ısı farklılıkları, su miktarı ve çevresel etkilere bağlı olduğundan ilk olarak bu etkileri ortadan kaldırılmalıdır. Boşalan derzleri doldururken klor içeriği düşük ve suya karşı dayanıklı harç ile uygun şekilde doldurulmalıdır. Ayrıca amacına uygun olarak hazırlanan harçların uygulandığı yüzeye iyi bir şekilde yapışması sağlanmalıdır.

➤ Depremler Nedeniyle Oluşan Hasarlar Varsa;

Depremler nedeniyle meydana gelen hasarların bulunması durumunda; yapıya yeni yapısal elemanlar ilave etmek, hasar gören yapısal elemanı yenisi ile değiştirme, mantolama tekniği ile yapısal elemanların boyutlarını artırma, enjeksiyon ile dayanımın geri

kazanılması, karbon çubuklarla dayanımın artırılması, lifli polimer (FRP) çubuklar kullanılarak dayanımın ve sünekliğin artırılması, dıştan lifli polimer (FRP) kumaşlar ile sargılama yapılarak dayanımın ve sünekliğin artırılması gibi yöntemler uygulanabilir.

6. Köprülü Mehmet Paşa Camii'nin Bakım, Onarım ve Restorasyon Çalışmaları

1658 yılında inşaatına başlanıp 1661 yılında inşaatı tamamlanan Köprülü Mehmet Paşa Camii tarihi Safranbolu'da Çeşme Mahallesi'nde bulunmaktadır. Ana mekânı kare olan caminin avlusuna kemerli bir kapı ile giriş sağlanmaktadır. Sekizgen kasnağa oturan caminin kubbesi dışarıdan 8 adet payanda ile desteklenmektedir [11]. Caminin son cemaat yerini sütunlar ve gergi çubuklarıyla desteklenen tonozlar örtmektedir. Ayrıca cami avlusu içerisinde 1 adet muvakkithane (güneşe bakarak namaz vakitlerini bildiren kişinin bulunduğu yer), 1 adet güneş saati ve 1 adet şadırvan bulunmaktadır (bkz. Şekil 1). Köprülü Mehmet Paşa Cami daha önce hayırsever halk tarafından onarıma tabi tutulduğu bazı kaynaklarda belirtilse de resmi olarak 1995 yılında Vakıflar Genel Müdürlüğü tarafından restore edilmiştir. Köprülü Mehmet Paşa Cami bugün yine bir restorasyon ve onarım geçirmektedir.



Şekil 1. Köprülü Mehmet Paşa caminin yakın çevresi, muvakkithane binası, şadırvan ve güneş saatinden bir görünüm

Köprülü Mehmet Paşa Caminde yapılan onarım ve restitüsyon (eski haline getirme) çalışmaları;

1. dönem 1575-1700 (16. y.y.)
2. dönem 1700-1800 (18. y.y.)
3. dönem 1800 sonları-1995 (19-20. y.y.)
4. dönem günümüz 1995-2013 (20-21. y.y.) olarak anlaşılmaktadır.

➤ Kubbe, kubbe etekleri ve payandalar 1. dönem ait eser olup, 1995 yılında gerçekleştirilen onarımda alaturka kiremitler sökülüp kurşun kaplanmıştır.

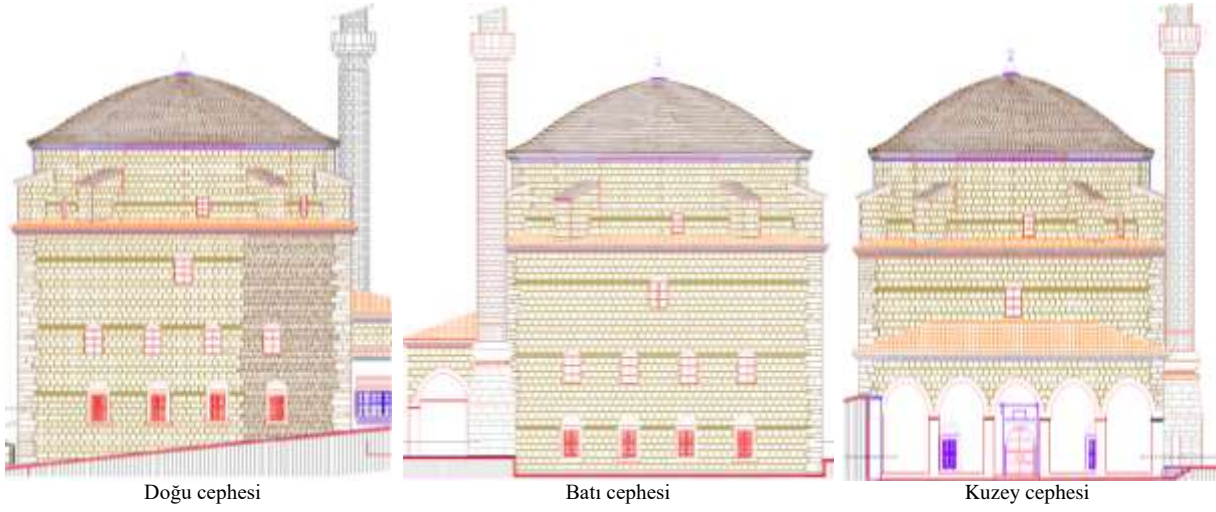
➤ Ahşap kadınlar mahfili dikmeleri ile mekânın ebatları, şekli, formu 1. döneme ait olup, 1995 yılında yapılan onarımında ahşap kadınlar mahfili alın tahtaları ahşap lambri ile kaplanmıştır.

➤ Cami avlusuna giriş kapısı ve avlu duvarları 2. döneme aittir. Ancak duvar dışları (1995 yılındaki bir onarım sırasında) kabartma derz uygulamaları ve içeri bakan yüzeyde derzli duvar sıvaları 4. döneme aittir.

➤ Son cemaat yeri 2. dönem ilavesi olup, 1995'te tonozlar üzerindeki alaturka kiremitler sökülüp kurşun kaplanmıştır.

- Harim ve son cemaat yeri kalem işleri 3. döneme ait olup, 1995 yılında yapılan onarımda son cemaat yerinde kemer

alınlarındaki kalem işleri maalesef değiştirilmiştir. Diğer tüm kalem işlerinin üzerinden geçilerek onarımı yapılmıştır.



Şekil 2. Köprülü Mehmet Paşa cephe silüetlerinden görünüm

Köprülü Mehmet Paşa caminde aslına uygun olarak restorasyon, bakım, onarım ve güçlendirme gerektiren hususları da aşağıdaki gibi özetlemek mümkündür.

- ❖ 1995 yılında gerçekleştirilen onarım sırasında camideki tüm kabartma derzler maalesef niteliksiz çimento esaslı harç kullanılarak yapılmıştır. Bunların tekrar ortaya çıkarılması gerekmektedir.
- ❖ Günümüzde raspa altı özgün kalem işlerinin olduğu görülmüştür.
- ❖ Caminin harim (ibadethane/mabet) ve son cemaat yeri doğu-güney cephesine bakan beden (taşyıcı) duvarlarına sonradan sıva yapılmış ve desenli boya sürülmüştür.
- ❖ Gergi demirlerinin (çubuklarının) tamamına yakınında deformasyon ve sehim görülmektedir.
- ❖ Caminin avlu girişindeki kemerli kapının ayaklarında taş malzemede aşınmalar gözlenmiştir.
- ❖ Son cemaat yeri kemer aralarındaki taş yüzeylerde ve cephe duvarlarında yer yer renk değişimleri görülmektedir.
- ❖ Tarihi bilinmeyen bir yangın ile caminin kuzey cephesi beden (taşyıcı) duvarında bulunan hatılların yanmış ve birçoğunun işlevsiz hale geldiği görülmüştür.
- ❖ Zemin suyunun beden duvarlarındaki etkisinden dolayı yosunlaşma ve zemine yakın kısımlarda bitkilenme bulunmaktadır.
- ❖ Caminin yüzeylerinde kirlenmeler mevcuttur.
- ❖ Caminin çoğu bölgesindeki sıvalar niteliksiz ve sıva ve/veya boya kalıntıları bulunmaktadır.
- ❖ Camide sıva raspası (kazınması/sökülmesi) sonucu güney-doğu cephesinde kubbeden başlayarak beden duvarına inen çatlak tespit edilmiştir.



Şekil 3. Köprülü Mehmet Paşa Caminin renk değişimi olan yapısal elemanlarından bazı görünüm



Şekil 4. Köprülü Mehmet Paşa Caminin restorasyon, bakım, onarım ve güçlendirme gerektiren kısımlarından bazı görüntüler



Emprenye işlemine tabi tutulmuş ahşaplar



Emprenye ahşap hatılların uygulaması



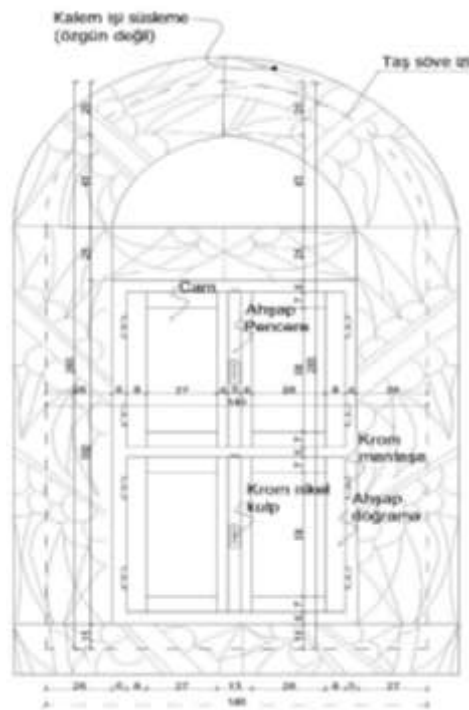
Horasan harcı ile sıvanmış sütunlar



Gergilerin onarımı



Horasan harcı ile sıva yapılması



Pencere detayları



Şekil 5. Köprülü Mehmet Paşa Caminde uygulanan bakım, onarım ve güçlendirme çalışmalarından bazı görünüşler

Köprülü Mehmet Paşa Caminde bugün yapılan bakım onarım çalışmaları;

- Cami içerisindeki tüm çürüme, kurtlanma ve derin çatlakları olan ahşaplar 1. sınıf empenye işlemine tabi tutulmuş ahşap malzeme ile değiştirilmiştir.
- Son cemaat yerinde bulunan sütunlar horasan harcı ile sıvanmıştır.
- Yanmış olan ahşap hatıllar sökülerek yerine 1. sınıf empenye işlemine tabi tutulmuş uygun ebatlarda ahşap hatıllar yerleştirilmiştir.
- Sehim yapmış tüm gergi demirleri yenilenecek 2 kat antipas 2 kat siyah mat boya sürülerek boyanmıştır. Ayrıca ahşap gergiler ise sökülüp yerine yenisi monte edilmiştir.
- Pencere çevresinde bulunan taş söveler (sıva raspaşı yapıldıktan sonra) orijinaline uygun olarak değiştirilmiş ve düşük basınçlı sıcak su püskürtülerek temizlenmiştir.
- Son cemaat yerinin kemer alımları ve taş sütunlarının sıva ve boyası temizlendikten sonra yüzeylerine düşük basınçlı sıcak su püskürtülerek temizlenmiş, malzeme kaybı olan kısımlarda hidrolik kireç esaslı derz tamamlaması yapılmıştır.
- Caminin güney-batı cephesindeki kubbeden başlayarak beden duvarına inen çatlağa 52 tona yakın çimento şerbetiyle enjeksiyon yapılmıştır. Ayrıca çatlağın bulunduğu kısım dışarıdan perdah sıvası ile sıvanmıştır.
- Caminin iç duvarları ve kubbe tenzimat (perdah) sıvası ile sıvanmış ve daha sonra zımparalanarak kalem işi için pürüzsüz hale getirilecektir.
- Bitkilenme olan kısımlarda derzler kaldırılıp ot öldürücü algisit tarzı ilaçlar kullanılmıştır.

7. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada tarihi binaları oluşturan yapısal elemanlar ve özellikleri ile zaman içinde binalarda oluşan hasarların nedenlerinin bir sınıflandırması yapılarak, bu sınıflandırma dahilinde Köprülü Mehmet Paşa Camii'nin mevcut durumu ve camide yapılan eski ve yeni onarım çalışmaları ele alınmıştır. Köprülü Mehmet Paşa Caminin geçmişle bağlantısının sürdürülmesi ve var olan bu değerinin gelecek nesillere aktarılabilmesi için bazı sonuç ve önerileri aşağıdaki gibi özetlemek mümkündür;

- İnşa edildiği zamandan bugüne kadar çeşitli depremlere ve çevresel etkilere maruz kalmış olan Köprülü Mehmet Paşa Camii geçmişte çeşitli bakım-onarım işlemlerine tabi tutulmuştur. Resmi kayıtlardan yalnızca 1995 yılında bakım-onarım çalışmaları gerçekleştiği anlaşılrsa da kayıt altına alınmayan ve halk tarafından bazı tadilat çalışmalarının yapıldığı görülmektedir. Halk tarafından bilinçsiz bir şekilde

yapılan bu tadilat çalışmaları maalesef caminin özgünlüğünü zamanla kaybetmesine neden olmuştur. Bu nedenle bakım-onarım ve/veya güçlendirme çalışmalarının yapının özgünlüğünü, tarihi değerini, kimliğini, estetiğini bozmadan doğru malzeme seçimi yapılarak ve en önemlisi özgün yapıya en az müdahale ile yapılması gerekmektedir.

- Bu çalışmanın bulguları, Venedik Tüzüğünde de belirtildiği gibi, onarım ve güçlendirme uygulamalarının uzman kişiler tarafından yapılmasını açıkça ortaya koymaktadır.
- Bugün gerçekleştirilmekte olan restorasyon uygulaması ile Köprülü Mehmet Paşa camisinin zamanla yaşadığı olumsuzluklar nedeniyle meydana gelen bozulma ve yok olma sürecinden kurtulması, yeni işlev verilecek bir duruma gelmesi sağlanmaktadır.

Kaynaklar

1. Pergel, Ş., Tarihsel Yapılarda Onarım-Güçlendirme Çalışmaları ve Amasya Taşhan Örneği, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Samsun, 2013.
2. Bayraktar, A., Tarihi Yığma Yapıların Depreme Karşı Güçlendirilmesi, YDGA-2005 Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Artırılması Çalışmayı, ODTÜ, Ankara, 2005.
3. Sesigür, H., Çelik, O. C. ve Çılı, F., Tarihi Yapılarda Taşıyıcı Bileşenler, Hasar Biçimleri, Onarım ve Güçlendirme, İMO İstanbul Bülten, 89:10-21, 2007.
4. Arun, G., Yığma Kagir Yapı Davranışı, YDGA-2005 Yığma Yapıların Deprem Güvenliğinin Artırılması Çalışmayı, ODTÜ, Ankara, 2005.
5. Yılmaz, A. ve Cengiz, B., Tarihi Safranbolu'daki Köprülü Mehmet Paşa ve Lütfiye Camilerinin Taşıyıcı Sistemlerinin İncelenmesi, Karabük Üniversitesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Bitirme Tezi, Karabük 2017 (Danışman: Doç. Dr. Şenol GÜRSOY).
6. Kara, G., Tarihi Yığma Yapıların Taşıyıcı Sistemleri, Güvenliğinin İncelenmesi, Onarımı Ve Güçlendirilmesi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2009.
7. Mahrabel, H.A., Tarihi Yapılarda Taşıyıcı Sistem Özellikleri, Hasarlar, Onarım ve Güçlendirme Teknikleri, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 2006.
8. Ural, A. 19th May 2011 Simav (Kütahya) Earthquake and Response of Masonry Halil Aga Mosque, Earthquakes and Structures, 4(6), 671-683, 2013.
9. Ural, A. Ve Firat, F.K. Evaluation of Masonry Minarets Collapsed by a Strong Wind under Uncertainty, Natural Hazards, 76 (2), 999-1018, 2015.
10. Örmecioglu, H. T., Tarihi Yapıların Yapısal Güçlendirilmesinde Ana İlkeler ve Yaklaşımlar, Politeknik Dergisi, 13(3):233-237, 2010.
11. Gürsoy, Ş., Cengiz, B. ve Yılmaz, A., Tarihi Safranbolu Camilerinin Yapısal ve Mekânsal Özelliklerinin İncelenmesi, Bartın Üniversitesi Mühendislik ve Teknoloji Bilimleri Dergisi (MÜTEB), 5(2):89-102, 2017.



Bartın Üniversitesi Mühendislik ve Teknoloji Bilimleri Dergisi



Çift Şerefeli Geleneksel Türk Minarelerinin Deprem Performansı

Ali URAL*, Tülin ÇELİK

Aksaray Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Aksaray/TÜRKİYE

Geliş Tarihi: 17.04.2018 Düzeltme Tarihi: 26.06.2018 Kabul Tarihi: 29.06.2016

Özet

İnsanların inşa ettikleri yapılar için en tehlikeli doğal felaketlerden biri depremlerdir. Özellikle yığma duvarlar ve ağır toprak damlı kerpiç yapılarda deprem hareketleri oldukça yıkıcı sonuçlar vermektedir. Minarelerin uzun ve ince yapıda olması sebebiyle bu yapılar da riskli yapılar arasında yer almaktadır. Minareler, İslam dininin ibadet yeri olan camilerde Müslümanları duaya ve ibadete çağırarak inşa edilmiş kule tipli yapılardır. Bu yapılar oldukça ince bir gövde yapısına sahiptir ve genellikle bir ya da iki şerefesi vardır. Minarelerin ince gövde yapısı ve fazla ağırlığı yüzünden herhangi bir orta şiddetli depremden ya da güçlü bir rüzgârdan bile kolayca etkilenmektedir. Bu çalışmada, iki şerefeli silindirik gövdeli yığma minarelerinin Türkiye’de meydana gelen üç büyük depremden elde edilen dinamik veriler altındaki deprem performansları incelenmektedir. Çalışma kapsamında, Aksaray il merkezinde bulunan sekiz tane yığma minare fotoğrafometrik cihazlar yardımıyla ölçülmüş ve LUSAS yazılımı ile sonlu elemanlar modelleri oluşturulmuştur. 1992 Erzincan, 1999 Kocaeli ve 1999 Düzce Depremi ile Türk Deprem Yönetmeliği kurallarına uygun olarak hazırlanmış tasarım spektrum verileri kullanılarak spektral analizleri yapılmıştır. Yapılan analizlerden elde edilen sonuçlar birbirleriyle karşılaştırılarak verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Depreme Dayanıklılık, Dinamik Analizler, LUSAS, Çift Şerefeli Minare, Sonlu Elemanlar Analizi

Seismic Performances of Traditional Turkish Minarets with Double Balconies

Abstract

One of the most dangerous natural disasters for structures that people build is earthquakes. Earthquake motions result in very destructive results especially on masonry walls and heavy earthen-roofed adobe buildings. Minarets are also among the critical components structures because of the long and thin structure. The minarets are tower-type buildings built on glass which is the place of worship of the Islamic religion to call Muslims to pray and worship. These structures have a very thin body structure and usually have one or two balconies. The minarets are easily affected by any medium-intensity earthquake or strong wind due to their thin body structure and heavy weight.

This study investigates the seismic performance of cylindrical masonry minarets with two balconies under dynamic loadings obtained from three big Turkish earthquakes. In this context, eight masonry minarets, which are located in the city center of Aksaray, are measured using photogrammetric devices and techniques and Finite Element Models are constituted with LUSAS Software. Response spectrum analyses are performed using 1992 Erzincan, 1999 Kocaeli, and 1999 Duzce Earthquake acceleration records, and a design spectral data which prepared obeying the Turkish Earthquake Code rules. The results obtained from the analyzes are compared with each other.

Keywords: Earthquake Resistance, Dynamic Analysis, LUSAS, Double Balconies Minaret, Finite Elements Analysis

1. Giriş

Minareler, Müslümanları ibadete çağırarak amacıyla yüzyıllardır kullanılmaktadır. Bu yapılar cami veya mescitlere bitişik veya ayrıık olarak inşa edilmektedir. Minareler uzun ve ince bir gövdeye sahiptir. Bunun nedeni namaz çağrısını daha fazla insanın duymasını sağlamaktır. Türkiye’deki camiler genellikle bir veya iki minareye sahiptir ve bunların bir ya da iki adet şerefesi bulunmaktadır. Bunun yanında ikiden fazla minaresi olan büyük camiler de vardır ki bunların minareleri daha uzun yapıldığı için üçüncü şerefeye de sahip olabilmektedir. Eskiden müezzin namaz vakti geldiğinde şerefenin üstünde Müslümanları namaza çağırarak için ezan okurdu. Fakat günümüzde gelişen teknoloji ile birlikte artık ezanlar hoparlör ses sistemi yardımıyla okunmaktadır. Buna rağmen hala cami minareleri uzun ve ince olarak inşa edilmektedir. Bu durumu mühendislik açısından değerlendirildiğimizde minarenin şiddetli deprem ve güçlü rüzgâr gibi yatay kuvvetlerden zarar görebileceği endişesi vardır. Minareler genellikle taş veya betonarme olarak inşa edilmekle birlikte Türkiye’nin deprem açısından riskli bölgelerinde ise çelik sistemler kullanılarak daha kısa minareler inşa edilmektedir. Maalesef bu çelik sistemler geçici çözüm olarak görülmektedir. Depremlerin yıkıcı etkisini zamanla insanlar unutacak ve bu kısa çelik minareler insan eliyle sökülüp yerine daha uzun ve ince betonarme veya yığma minareler yapılacaktır. Günümüzde yapılan yeni yığma minarelerin dış görünüşüne bakıldığında, 17. Yüzyılda Mimar Sinan’ın yaptırmış olduğu ve bugüne kadar ayakta kalabilen minarelere çok benzediği

bilinmektedir. Fakat minareler yapım tekniği açısından incelendiğinde bunların hiçbir benzerliği olmadığı görülmektedir. Mimar Sinan inşa ettiği minarelerde düşey ve yatay eksenle kenet ve zıvana denilen ahşap veya metal bağlantı elemanlarını kullanmıştır. Bu bağlantı elemanları yapıya belirli bir süneklik kazandırmış ve yapıya gelen yatay kuvvetler karşısında yapı belirli bir enerji yutabilme-sönümlenme kapasitesine sahip olmuştur. Günümüzdeki minarelerin gövdesi yığma taş ve harçla yapılmakta ve önceden hazırlanmış tek donatılı merdiven basamakları kullanılmaktadır. Bunların inşası esnasında yığma silindirik gövdede bulunan taşları birbirine bağlayan herhangi bir bağlantı elemanı kullanılmamaktadır. Bu durum oldukça tehlikelidir. Böyle inşa edilen minareler herhangi bir yatay kuvvet karşısında doğrusal elastik özelliğini hemen kaybederek plastik aşamada önü alınamaz deformasyonlar meydana getirmektedir.

Özellikle Müslüman ülkelerdeki araştırmacılar minarelerin dinamik davranışıyla ilgili bu konuda bazı çalışmalar yapmıştır. Araştırmalarında tasarladıkları minareler üzerinde sonlu elemanlar yazılımı kullanarak bazı statik ve dinamik analizler gerçekleştirmiştir. Elde ettikleri sonuçlar şunu göstermektedir; Minareler narin bir yapıya sahip olduğu için herhangi bir yatay kuvvet karşısında aniden hasar görerek yıkılmaktadır. Hasar bölgesi genellikle geçiş bölgesi ile silindirik gövde arasındaki kısımda oluşmaktadır ve çekme gerilmelerinin yoğunlaşması sonucunda meydana gelmektedir. Türkiye’de depremlerin yaygın bir şekilde meydana gelmesi nedeniyle bu narinlikteki yapıların inşaat

mühendisleri tarafından incelenmesi gerekmektedir. Özellikle tarihi yığma yapıların taşıyıcı sistemi olan yığma birim elemanlar ve harç arasındaki bağlantıların zayıf olması sebebiyle bu deprem hareketlerinden etkilemektedir. Bu yapıların depremden etkilenmelerinin bir diğer nedeni ise çelik ve betonarmeden daha ağır olmasından kaynaklanmaktadır.

Yığma minareler depremlerde büyük hasarlar alması nedeniyle birçok araştırmacı tarafından onların depreme karşı dayanımları incelenmiştir. Doğanğün vd. [1], 1999 Kocaeli ve Düzce depremlerinde kaydedilen iki yer hareketini de kullanılarak donatısız tarihi yığma minarelerin dinamik davranışlarını incelemiştir. Altunişik [2], yığma minarelerin dinamik davranışını FRP'in (fiber takviyeli polimer) kullanım öncesi ve sonrasındaki davranışı belirlemeyi amaçlamıştır. Pekgökgöz vd. [3], depreme karşı donatılı yığma minarelerin güçlendirilmesinde düşey ön germe uygulamasının etkisini araştırmışlardır. Örnek bir minare üzerinde ön germe uygulaması yaparak bunların spektral ve zaman-tanım analizlerini gerçekleştirmişlerdir. Düşey ön germe uygulamasının yığma minareler üzerinde çok etkili bir yöntem olduğunu öne sürülmüştür. Ural vd. [4], Aksaray il merkezinde bulunan eğri minarenin rüzgâr ve depreme karşı dayanıklılığını araştırmışlardır. Oliveira vd. [5], çeşitli boyutlardaki eski minarelere yerinde çevresel titreşim testi uygulamış ve aynı yapıların matematiksel modelleri ile frekansların sonuçlarını karşılaştırmışlardır. Elde edilen sonuçlara göre, yığma minarelerinin dinamik doğrusal analiz sonuçlarında maksimum yer ivmesi 0.5 m/s^2 üzerinde çıkmış ve bu durum yığma minareler üzerinde çok yüksek gerilmelerin olduğunu göstermektedir. Bazı araştırmacılar, yığma minareler üstünde, yapı-zemin etkileşim sistemlerinin stokastik davranışını etkileyen, mevsimlere göre donma olayına maruz kalan zeminin etkilerini incelemiştir [6], ve yer hareketlerinin neden olduğu deprem ve beklenmedik patlamalara karşı yığma minarelerin stokastik dinamik davranışını incelemiştir [7].

Doğanğün vd. [8], Türkiye'deki minareler ve onların deprem davranışları hakkındaki şüphesiz en kapsamlı çalışmalardan birini yayınlamıştır. Türkiye'deki eski ve yeni yığma minareler için yapılan inşaat uygulamalarını gözden geçirmiş ve bu yapılardaki deprem hasarını tartışmışlardır. Bazı yüksek lisans tezlerin de yığma minareler konusunda çeşitli araştırmalar yapılmıştır [9-10-11].

Bu çalışma kapsamında iki şerefeli yığma minarelerinin Türkiye'de meydana gelen üç büyük depremden elde edilen dinamik veriler altındaki deprem performansları incelenmektedir. Bu çalışmada kapsamında, Aksaray il merkezinde bulunan sekiz tane yığma minare ölçülmüş ve LUSAS yazılımı ile sonlu elemanlar modelleri oluşturulmuştur. Erzincan, Kocaeli ve Düzce Depremlerinin tasarım spektrum verileri kullanılarak spektral analizleri yapılmıştır.

2. Aksaray'da ki Çift Şerefeli Yığma Minarelerin Analizleri

Sekiz farklı cami minaresi, fotogrametri kurallarına göre geometrik olarak ölçülmüştür. Bu ölçümler için TOPCON Konum Belirleme Sistemi tarafından üretilen Total Station'un GTS 250, serisi cihazı kullanılmıştır. Minarelerin konumu Şekil 1'deki haritada gösterilmiştir (bkz. Şekil 1), bunların enlem-boylamları ise Tablo 1'de verilmiştir. Ölçülen bütün minareler Aksaray ili şehir merkezinde bulunmaktadır. LUSAS [12], yazılımı kullanarak her bir minarenin 3D sonlu elemanlar modeli oluşturulmuştur. Türkiye'de meydana gelen ve her biri 6,0'dan büyük olan üç deprem spektrumu ile TDY'ye [13], göre hazırlanan tasarım spektrumu yığma minarelerin dinamik analizlerini gerçekleştirmek için kullanılmıştır. Bu depremlerin seçilmesinin en büyük nedeni çok fazla yığma minarenin bu depremler karşısında göçmesi veya ağır hasar almasıdır.



Şekil 1. Ölçülen ve analiz edilen yığma minarelerin yerlerini gösteren harita

Bu camilerin hepsi tarihi olmamakla birlikte mimari görünüş itibarıyla 17. Yüzyıl Osmanlı Dönemi camileri ve minarelerine benzemektedir. Klasik dönem Osmanlı mimarisindeki minare tipleri birbirine oldukça benzemektedir. Minareyi oluşturan kısımlar; kürsü, küp, silindirik veya çokgen gövde, merdivenler, şerefe, petek, külâh ve alem'dir. Minare bölümlenmeleriyle ilgili detaylı bilgiler Doğanğün vd. [8], yapmış oldukları çalışmadan elde edilebilir.

Yığma bir minarenin yüksekliği; konumu, zemin yapısı, yapımında kullanılan malzemeler gibi birçok faktöre bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Yapılan bu çalışmada, ölçülen minarelerin toplam yükseklikleri 32-40 m arasında değişmektedir (Tablo 1). Minarelerin yapım teknikleri, malzeme ve geometrik

özellikleri hakkında yurtiçinde ve yurtdışında herhangi bir yönetmelik bulunmamaktadır. Bu nedenle minareler herhangi bir kurala uyulmadan inşa edilmektedirler.

Ural ve Uslu [14], Aksaray ilindeki tuf taşlarının malzeme özelliklerinin belirlenmesine yönelik deneysel çalışmalar yapmıştır (Şekil 2). Yapılan çalışmaya göre tuf taşlarının ortalama basınç dayanımı 4,04 MPa, ortalama çekme dayanımı ise 0,6-0,7 MPa arasındadır. Ayrıca Ural ve Fırat [15], rüzgârdan yıkılmış iki minarenden elde ettikleri tuf taşlarının malzeme özelliklerini belirleyebilmek için testler yapmış ve benzer sonuçlar elde etmişlerdir.

Tablo 1. Minareler hakkında genel bilgiler ve coğrafi koordinatları

Minare Numarası	Ait olduğu Camiler	Yapılış tarihleri	Toplam yükseklik (m)	Enlem	Boylam
1	Ahmet Yesevi Cami	2002	40,0	38°21'28.37"N	33°59'05.69"E
2	Örnek Sanayi Cami	1999	40,0	38°22'26.91"N	33°59'28.27"E
3	Siteler Cami	--	38,7	38°22'16.96"N	34° 0'39.60"E
4	İmam Azam Cami	2004	37,6	38°22'11.02"N	34° 2'20.50"E
5	Nur Cami	1993	34,7	38°21'24.36"N	34° 1'33.15"E
6	Hacılar Cami	1989	32,4	38°21'39.40N	34° 0'7.72"E
7	Ulu Cami	1116	33,0	38°22'22.96"N	34° 1'45.01"E
8	Pınar Cami	--	32,0	38°21'27.92"N	34° 2'28.90"E

**Şekil 2.** Malzeme özelliklerini belirlemeye yönelik deneysel çalışmalar

Bu çalışmada, deney sonuçlarının birbiriyle doğru bir şekilde kıyaslanabilmesi için bütün minareler için aynı malzeme özelliği seçilmiştir. Bunlar; Elastisite Modül 4000 MPa, Poisson Oranı 0,2 ve yığma minarelerin birim hacim ağırlıkları 30 kN/m^3 olarak dikkate alınmıştır. Analizlerde malzeme doğrusal olarak kabul edilmiştir. Ayrıca yapılan analizlerde geometrik olarak ikinci mertebe etkileri dikkate alınmamıştır. Tüm dinamik analizler için, %5 Rayleigh sönüm oranı kullanılmıştır. Taşın malzeme

özelliklerini belirlemek için basınç dayanımı deneyi, eğilme deneyi yapılmıştır.

Minarelerin geometrik ölçüleri Tablo 2'de verilmiştir. İlgili tabloda X1 – X5 arasındaki kısımlar yatay, Y1- Y10 arasındaki kısımlar ise düşey boyutları ifade etmektedir

Tablo 2. Minarelerin geometrik özellikleri (değerler metre cinsindedir)

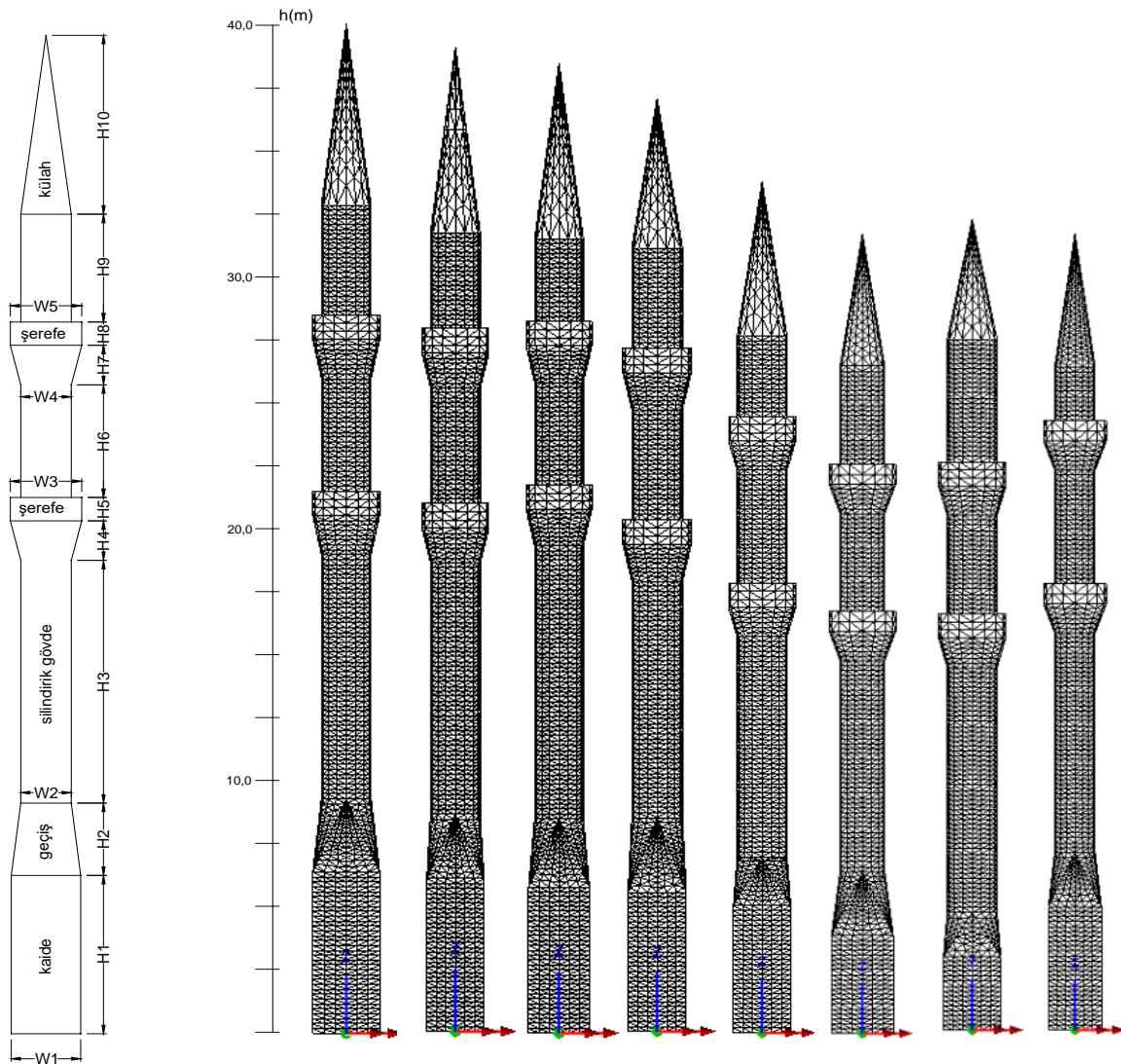
Minare Numarası	X1	X2	X3	X4	X5	Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	Y9	Y10
1	2,68	1,92	2,76	1,75	1,75	6,52	2,98	10,0	1,63	,96	4,64	1,65	0,96	4,44	6,22
2	2,28	1,92	2,95	1,88	1,88	6,28	2,67	10,2	1,39	,96	4,72	1,34	0,96	3,92	7,56
3	2,44	1,92	2,98	1,81	1,81	6,00	2,87	11,1	1,41	,92	4,23	1,44	0,92	3,37	6,44
4	2,28	1,92	2,84	1,83	1,83	5,70	3,05	9,53	1,55	,96	4,34	1,48	0,96	3,98	6,05
5	2,28	1,92	2,98	1,92	1,92	5,22	1,95	9,01	1,17	,96	4,58	1,23	0,96	3,29	6,33
6	2,51	1,77	2,68	1,71	1,71	4,00	2,44	8,60	1,16	,80	3,98	1,14	0,80	4,06	5,42
7	2,28	1,92	3,08	1,82	1,82	3,06	1,69	10,0	1,29	,98	3,96	1,27	0,98	5,04	4,73
8	2,10	1,64	2,49	1,39	1,69	5,00	2,23	8,91	1,15	,98	4,60	1,15	0,98	2,17	4,83

Şekil 3'te minarelerin boyutları gösterilmiştir. Aynı şekilde LUSAS programında modellenen minareler birbiriyle orantılı olarak gösterilmektedir. Modellemelerde her düğüm noktasında 3 serbestliği bulunan 10 düğüm noktalı üç boyutlu dörtyüzlü (tetrahedral) elemanlar kullanılmıştır. Minarelerin sonlu elemanlar

modellerinde kapı ve merdiven dışındaki diğer bütün elemanlar modellenmiştir. Minare modellerinde kullanılan sonlu elemanlar adedi ve düğüm noktası sayıları Tablo 3'de detaylı olarak verilmektedir.

Tablo 3. Minare modellerine ait özellikler

Minare Numarası	Ait olduğu Camiler	Sonlu eleman sayısı	Düğüm noktası sayısı
1	Ahmet Yesevi Cami	28328	8062
2	Örnek Sanayi Cami	27442	7747
3	Siteler Cami	28752	8038
4	İmam Azam Cami	26392	7554
5	Nur Cami	22820	6634
6	Hacılar Cami	25215	7033
7	Ulu Cami	20936	6186
8	Pınar Cami	28240	7462



Şekil 3. Minarelerin ölçü gösterimleri ve sonlu elemanlar modelleri

Modal analizden minarelerin ilk 5 mod periyodu hesaplanmış ve dinamik davranışın toplam kütleye katkısı Tablo 4'te gösterilmiştir. Minare yüksekliğini toplam kütle, eğilme rijitliği ve periyot oldukça etkilemektedir. Minarelerin 1. periyotları 1,59s ile

2,09s arasında değişmektedir. Kütle katılımları yönünden minareler değerlendirildiğinde genellikle ilk dört modda kütlelerin yaklaşık %90'ı katılım sağlamıştır.

Tablo 4. İlk 5 moda ait periyot ve yüzde katılım oranları

Minare Numarası	Toplam Kütle (t)	Mod numarası Yönü	1.	2.	3.	4.	5
			x	y	x	y	z
1	240	Periyot (s)	2,04	2,04	0,37	0,37	0,16
		Katılım faktörü (%)	32,1	32,1	15,4	15,4	8,4
2	200	Periyot (s)	2,09	2,09	0,38	0,38	0,16
		Katılım faktörü (%)	21,2	21,2	9,01	9,01	6,23
3	207	Periyot (s)	2,04	2,04	0,36	0,36	0,16
		Katılım faktörü (%)	37,6	37,6	16,2	16,2	0,00
4	188	Periyot (s)	1,94	1,94	0,35	0,35	0,15
		Katılım faktörü (%)	42,2	42,2	9,05	9,05	0,00
5	176	Periyot (s)	1,66	1,66	0,30	0,30	0,14
		Katılım faktörü (%)	21,9	21,9	8,71	8,71	0,00
6	163	Periyot (s)	1,59	1,59	0,44	0,44	0,14
		Katılım faktörü (%)	35,2	35,2	13,4	13,4	0,00
7	157	Periyot (s)	1,73	1,73	0,29	0,29	0,15
		Katılım faktörü (%)	24,4	24,4	7,67	7,67	0,00
8	124	Periyot (s)	1,78	1,78	0,31	0,31	0,13
		Katılım faktörü (%)	38,7	38,7	15,9	15,9	0,00

Türkiye'de meydana gelen üç büyük depremden kaydedilen ivme spektrum değerleri bütün minareler için kullanılarak spektral analizler gerçekleştirilmiştir. Türk Deprem Yönetmeliğinde (TDY, 2007) belirtilen koşullar dikkate alınarak modeller üzerinde tasarım spektrumu da uygulanmıştır. Tablo 5'te analiz için kullanılan depremlerin verileri yer almaktadır.

Türk Deprem Yönetmeliği'nde Aksaray şehir merkezi 5. Deprem Bölgesi olarak gösterilmektedir. 5. Derece deprem bölgesi için A_0 , ($A_0 = 0,1$) katsayısı tanımlanmamıştır. Bununla birlikte Tasarım spektrumu oluşturulmasında Z1 zemin sınıfı ve %5 sönümleme oranı kullanılmıştır. Analizlerde kullanılan depremlere ait spektrumlar ve tasarım spektrumu Şekil 4'te verilmektedir. Depremler spektrum verileri AFAD'dan alınmıştır.

Tablo 5. Analizlerde kullanılan deprem kayıtlarının özellikleri

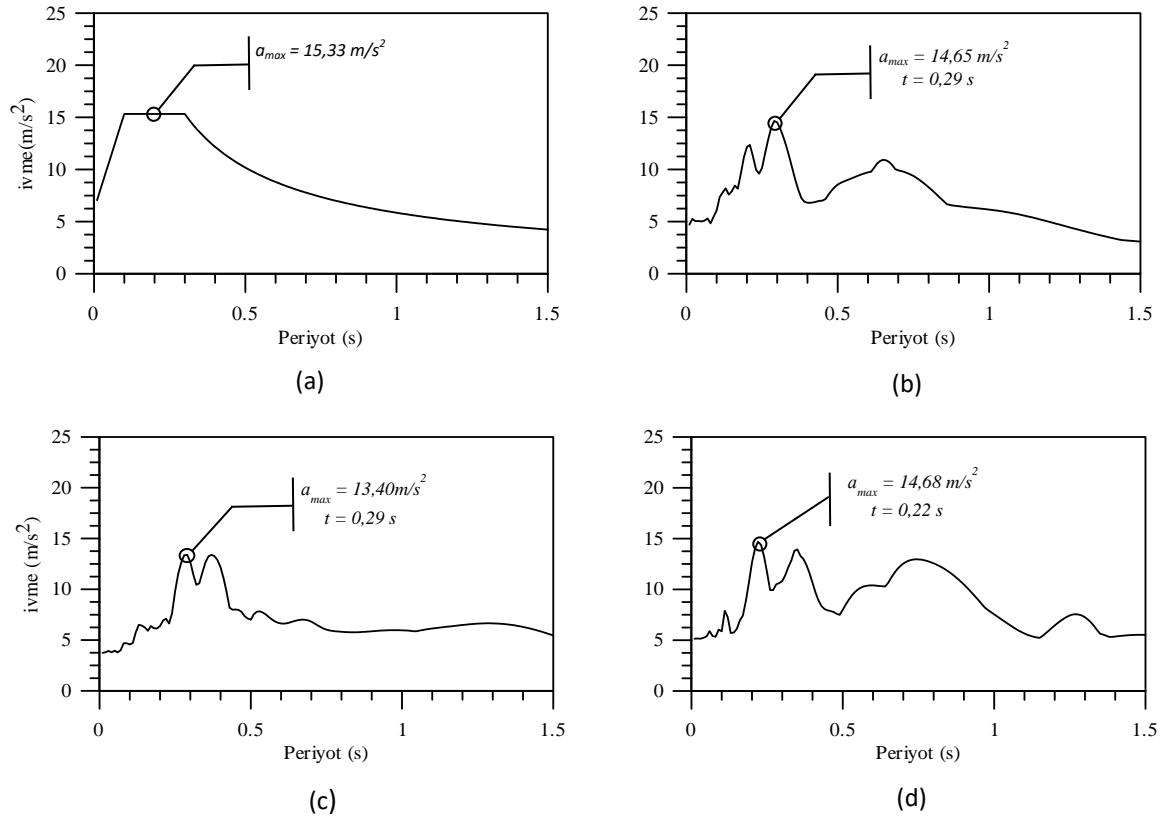
Deprem	Tarih	İstasyon koordinatı	Merkez üssü koordinatı	Büyüklüğü	Maksimum yer ivmesi A_0^*g
Erzincan	13/03/1992	39,75200K-39,48700D	39,72000K-39,63000D	6,1 M_L	0,471-DB
Kocaeli	17/08/1999	40,84364K-31,14888D	40,70000K-29,91000D	7,4 M_D	0,373-DB
Düzce	12/11/1999	40,84364K-31,14888D	40,79000K-31,21000D	7,2 M_D	0,513-DB

Gerçekleştirilen spektral analizlerde minare modelleri birbirinden farklı davranış sergilemektedir. Bunun temel nedeni deprem ivme kayıtlarının benzer özelliklere sahip olmasıdır. Gerçekleştirilen analizlerden elde edilen tepe noktası yer değiştirilmesi ile maksimum çekme, basınç ve kayma gerilme değerleri Tablo 5'te topluca verilmektedir.

En yüksek tepe noktası yer değiştirme değeri genellikle Kocaeli ve Düzce Deprem kayıtlarında görülmüştür. Bununla birlikte maksimum çekme, basınç ve kayma gerilmeleri en yüksek Düzce ve Kocaeli depremlerinde görülmüştür. Bu iki deprem, minarelere en çok hasar veren, en şiddetli depremler diyebiliriz. Ahmet Yesevi, Siteler ve Örnek Sanayi minarelerinin toplam kütleleri, toplam yükseklik ve geometrik özellikler açısından birbirine çok benzerdir. Bu sebeple bu iki minarenin yer değiştirme ve gerilme sonuçları birbirine çok yakın çıkmıştır.

Maksimum kayma gerilmesi Hacılar minaresinde Kocaeli depremi ile olmuştur ve bu minare teorik olarak göçmüştür denebilir. En düşük kayma gerilmesi Nur minaresinde meydana gelmiştir.

Her bir sonlu elemanlar modeli ve her bir spektral analiz sonucunda elde edilen çekme gerilmesi renklendirmeleri Şekil 5'de modellerin deforme olmuş şekilleri üzerinde gösterilmiştir. Ayrıca, çekme gerilme değerleri de her modelin altında verilmiştir. Bütün renklendirme oranları 0 ile 10 MPa arasında değişmektedir. Bundan dolayı her bir modelin çekme gerilmeleri karşılaştırmalı olarak yorumlanabilir. Yatay deplasmanlar minare yüksekliği boyunca artmaktadır ve maksimum yatay deplasmanlar tepe noktasında meydana gelmektedir. Sonlu elemanlar analizlerine göre, eğilme ve eksenel gerilme değerleri minarelerin geçiş bölgelerinin üst kısmında maksimum değere ulaşmaktadır.



Şekil 4. Analizler için spektral veriler, (a) TDY ile oluşturulan tasarım spektrumu, (b) Erzincan 1992, (c) Kocaeli 1999, (d) Düzce 1999 deprem spektrumları

Tablo 5. Sekiz minare modeli üzerinde uygulanan spektrumlar için analiz sonuçları

Minareler	Spektral veri	Tepe noktası yer değiştirme (mm)	Maksimum		Maksimum kayma gerilmesi (MPa)
			çekme gerilmesi (MPa)	basınç gerilmesi (MPa)	
1. Ahmet Yesevi M. Toplam Kütle =240t.	Tasarım Spek.	73,83	3,30	9,96	4,85
	Erzincan Dep.	76,19	3,59	10,13	4,93
	Kocaeli Dep.	81,42	3,59	10,78	5,24
	Düzce Dep.	79,34	3,98	10,62	5,16
2. Ornek Sanayi M. Toplam Kütle =200t.	Tasarım Spek.	74,95	3,24	9,21	4,52
	Erzincan Dep.	79,47	3,54	9,72	4,77
	Kocaeli Dep.	82,31	3,49	10,1	4,94
	Düzce Dep.	84,38	3,98	10,3	5,06
3. Siteler M. Toplam Kütle =207t.	Tasarım Spek.	72,42	3,30	9,65	4,77
	Erzincan Dep.	74,77	3,59	9,85	4,86
	Kocaeli Dep.	79,96	3,59	10,47	5,17
	Düzce Dep.	77,81	3,98	10,32	5,09
4. İmam Azam M. Toplam Kütle =188t.	Tasarım Spek.	66,6,9	3,44	9,07	4,45
	Erzincan Dep.	62,4,6	3,62	8,48	4,16
	Kocaeli Dep.	74,5,7	3,81	10,1	4,96
	Düzce Dep.	76,0,4	3,80	10,3	5,07
5. Nur M. Toplam Kütle =176t.	Tasarım Spek.	56,42	3,90	9,12	4,37
	Erzincan Dep.	40,92	2,93	6,58	3,15
	Kocaeli Dep.	71,97	4,79	11,52	5,52

Tablo 5. Sekiz minare modeli üzerinde uygulanan spektrumlar için analiz sonuçları (devam)

6. Hacilar M. <i>Toplam Kütle =163t.</i>	Düzce Dep.	74,27	5,07	11,89	5,69
	Tasarım Spek.	53,62	4,03	9,65	4,66
	Erzincan Dep.	39,28	2,96	7,00	3,38
	Kocaeli Dep.	72,35	5,10	12,81	6,19
	Düzce Dep.	67,89	5,37	12,02	5,80
7. Ulu M. <i>Toplam Kütle =157t.</i>	Tasarım Spek.	56,7,3	3,77	9,29	4,52
	Erzincan Dep.	41,5,8	3,10	6,75	3,28
	Kocaeli Dep.	71,2,2	4,45	11,45	5,59
	Düzce Dep.	75,1,7	4,66	12,09	5,90
8. Pinar M. <i>Toplam Kütle =124t.</i>	Tasarım Spek.	60,24	3,68	9,65	4,63
	Erzincan Dep.	44,79	3,32	7,13	3,43
	Kocaeli Dep.	74,12	4,22	11,69	5,64
	Düzce Dep.	78,55	4,34	12,4	5,99

3. Sonuçlar

Aksaray il merkezinde bulunan sekiz adet taş yığma minarenin deprem davranışlarını incelemek amacıyla Türk Deprem Yönetmeliğinde belirtilen koşullar dikkate alınarak hazırlanan tasarım spektrumuna göre ve ülkemizde meydana gelen üç büyük depremin ivme kayıtlarına göre analizler yapılmıştır. Yapılan bu çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenmektedir.

Deprem ve rüzgâr gibi yatay etkiler karşısında minarelerde aşırı gerilme değerleri meydana gelmektedir. Bilindiği üzere elastik aşamada enerji tüketmesi beklenmeyen bu tür taş yığma yapılarda en kritik gerilmelerden birisi çekme gerilmeleridir. Yatay etkiler altında çekme gerilmeleri minarelerde genellikle kaidenin hemen üstündeki geçiş bölgesinde oldukça yüksek değerlere çıkabilmektedir. Bu durum bu çalışmada da açıkça ortaya konmaktadır. Çekme gerilmelerinin minare yüksekliğince yayılması için kaide ve silindirik gövdenin geometrisi ve en kesit oranlarının uyumlu olması gerekmektedir.

Gerçekleştirilen analiz sonuçlarına göre; bir yapının periyodu yapının dinamik davranışını doğrudan etkilemektedir. Bunun yanında her bir depremin kendine özgü spektral ivme değerleri olacaktır. Bu yüzden eğer bir yapı büyük bir periyoda sahip ise, depremden zarara görmez ya da yapı periyodu küçükse, depremden zarar görür gibi bir kaniya varılamaz. Her şeye rağmen eğer bir yapının periyodu büyükse, deprem esnasında diğer yapılara göre daha avantajlıdır denebilir.

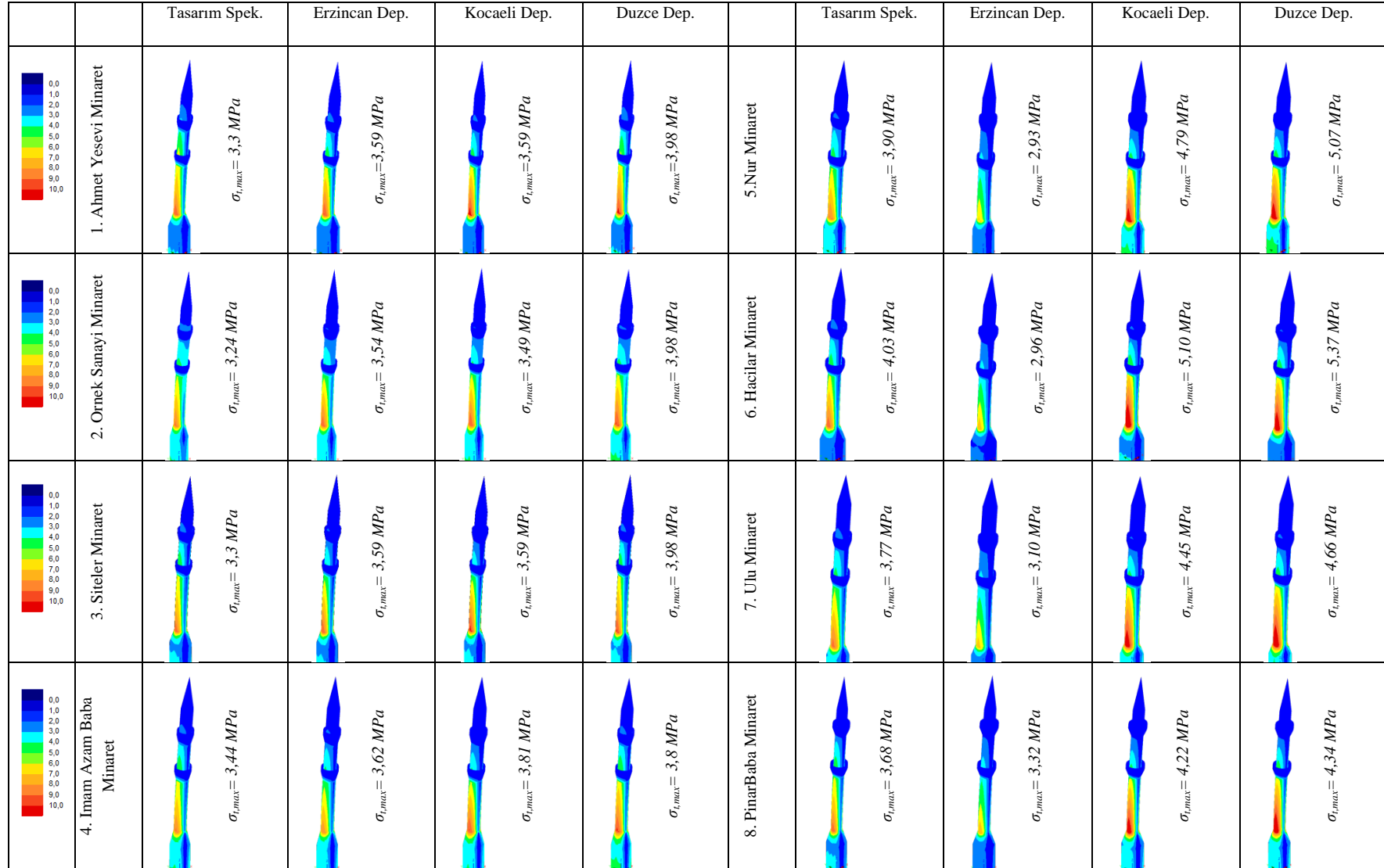
Minarelerin çekme dayanımlarının 0,4 MPa civarında olmalıdır. Ama yapılan analizler sonucunda minarelerin maksimum çekme gerilme değerleri 4 MPa civarında çıkmıştır. Yapılan analizler

sonucunda elde edilen çekme gerilmelerine göre neredeyse tüm minareler göçme sınırındadır. Bunun temel sebebi çekme gerilmelerinin minarenin geçiş bölgesinde yoğunlaşmasıdır. Çünkü bu bölgede kare kesitten dairesel kesite geçişte kesit alanının oldukça azalmasıdır.

Ülkemizde minare yapımı konusunda herhangi bir standart, yönetmelik veya yönerge mevcut değildir. Bu sebepten dolayı yapılan minareler geliş güzel ve hiçbir mühendislik bilgisi olmadan inşa edilmektedir. Bu durumda söz konusu yapıların maruz kaldıkları yatay etkiler sebebiyle ya ağır hasar almakta ya da genellikle yıkılmaktadır. Gerek yerel idarelerin ve gerekse ulusal otoritelerin bu durumu dikkate alıp en kısa süre içerisinde çeşitli önlemler alınması gerekmektedir. Tarihi yapılar için deneysel ve numerik çalışmalar yapılması önerilmektedir.

Geçmişten günümüze kadar ulaşabilmiş mühendislik yapıları incelendiğinde, bu yapıların süneklik özelliklerini artırmak amacıyla bazı metal bağlantı elemanlarının da kullanıldığı bilinmektedir. Bu elemanlar tarihi minarelerde de kullanılmıştır. Günümüzde yapılan minarelerin yapımında bu tür bağlantı elemanlarının kullanımının özendirilmesi gerekmektedir.

Gerek tarihi yığma minareler ve gerekse günümüzde inşa edilmiş yığma minareler üzerinde akademik anlamda çalışmalar daha detaylı bir şekilde yapılmalı, bu yapıların statik ve dinamik davranışları üzerine yapılan araştırmalar deneysel çalışmalarla desteklenmelidir. Yüzyıllar boyunca depremlere ve rüzgârlara karşı dayanımını yitirmemiş olan minarelerin yapım sistemleri araştırılarak günümüzde de bu sistemlerin kullanımının yaygınlaştırılması gerekmektedir.



Şekil 5. Spektral analiz sonuçlarına göre minarelerde oluşan maksimum çekme gerilme renklendirmeleri

Kaynaklar

1. Dogangun, A., Acar, R., Sezen, H., Livaoglu, R., Investigation of dynamic response of masonry minaret structures, *Bull Earthquake Eng.*, 6, 505-517, 2008.
2. Altunişik, A.C., Dynamic response of masonry minarets strengthened with fiber reinforced polymer (FRP) composites, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 11, 2011-2019, 2011.
3. Pekgökgöz, R.K., Gürel, M.A., Mammadov, Z., Çılı, F., Dynamic analysis of vertically post-tensioned masonry minarets, *Journal of Earthquake Engineering*, 17, 560-589, 2013.
4. Ural, A., Doğangün, A., Meraki, Ş., Response evaluation of historical crooked minaret under wind and earthquake loadings, *Wind and Structures*, 17 (3), 345-359, 2013.
5. Oliveira, C.S., Çaktı, E., Stengel, D., Branco, M., Minaret behavior under earthquake loading: The case of historical Istanbul, *Earthquake Engineering & Structural Dynamics*, 41, 19-39, 2012.
6. Hacıfendioğlu, K., Seasonally frozen soil's effect on stochastic response of masonry minaret-soil interaction systems to random seismic excitation, *Cold Regions Science and Technology*, 60, 66-74, 2010.
7. Hacıfendioğlu, K., Birinci, F., Stochastic dynamic response of masonry minarets subjected to random blast and earthquake-induced ground motions, *The Structural Design of Tall and Special Buildings*, 20, 669-678, 2011.
8. Doğangün, A., Sezen, H., Tuluk, Ö.İ., Livaoglu, R., Acar, R., Traditional Turkish masonry monumental structures and their earthquake response, *International Journal of Architectural Heritage*, 1, 251-271, 2007.
9. Güleç, E., Kayseri Minareleri (Cumhuriyet Dönemine Kadar), Yüksek Lisans Tezi, 2006.
10. Ertek, E., Osmanlı Minarelerinin Yapısal Modellenmesi ve Deprem Analizi, Yüksek Lisans Tezi, 2009.
11. Baştürk, M.H., Bursa tarihi yağma minarelerinin dinamik davranışlarının modal analiz yöntemi ile incelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, 2013.
12. Lusas, Finite element analysis software products, Finite Element System FEA Ltd, 2013.
13. TDY, Deprem Bölgelerinde Yapılacak Binalar Hakkında Yönetmelik, T.C. Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Afet İşleri Genel Müdürlüğü, Deprem Araştırma Dairesi, 2007.
14. Ural, A., Uslu, S., Shear tests on stone masonry walls with metal connectors, *European Journal of Environmental and Civil Engineering*, 18 (1), 66-86, 2013.
15. Ural, A., Firat, F.K., Evaluation of masonry minarets collapsed by a strong wind under uncertainty, *Natural Hazards*, 76, 999-1018, 2015.



Bartın Üniversitesi Mühendislik ve Teknoloji Bilimleri Dergisi



Pamuk/Gümüş Elyaf Karışımli Gömleklik Dokuma Kumaşların Reaktif Boyarmadde ile Boyanması ve Renk Analizi

Zehra KAYNAR TAŞÇI*, Sabiha SEZGİN BOZOK

Çukurova Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, Adana / TÜRKİYE

Geliş Tarihi: 21.05.2018 Düzeltme Tarihi: 22.06.2018 Kabul Tarihi: 25.06.2018

Özet

Gümüş elyaf antibakteriyel özelliği sayesinde tekstilde geniş bir kullanım alanı bulmuştur. Bu lifler kolaylıkla eğrilip iplik haline getirilerek dokuma ve örme teknolojisinde kullanılabilir. Yapılan çalışmada, farklı oranlarda pamuk/gümüş elyaf içeren antibakteriyel özellikli gömleklik dokuma kumaşlar farklı konsantrasyon ve renklerde reaktif boyarmadde ile renklendirilmiştir. Gümüş elyaf içerikli kumaşlara ve referans olan % 100 pamuklu kumaşlara hidrofilite testi uygulanmış ardından kumaşlar çektirme yöntemine göre boyanmıştır. Tüm numunelerin renk ölçümleri gerçekleştirilmiş ve RealColor 1.3® yazılımı aracılığı ile sonuçlar incelenmiştir. Sonuçlar incelendiğinde; kumaşlardaki gümüş elyaf oranı arttıkça gümüşün ışığı yansıtma özelliğinden dolayı spektrofotometre ile rengin daha açık algılandığı ve renk farkı değerlerinin de doğru orantılı olarak arttığı tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Pamuk, Gümüş Elyaf, Dokuma Kumaş, Reaktif Boyama, Renk Ölçümü

Dyeing of the Cotton/Silver Fiber Blended Shirting Woven Fabrics with Reactive Dyes at Its Colour Analysis

Abstract

Silver fiber has been used in textile by means of its antibacterial property widely. These fibers can be easily spun into yarn and used in weaving and knitting technology. In this study, antibacterial shirting woven fabrics that contain cotton/silver fibers in different ratio were dyed with reactive dyes in different concentrations and colours. The silver fibre-containing fabrics and the 100% cotton reference fabrics were subjected to a hydrophilicity test and dyed according to exhaust dyeing method. Colour measurement of all fabrics were performed by spectrophotometer and the results were examined by using RealColor 1.3® software. Eventually, as the silver fiber ratio increased in the fabrics, the color was detected lighter by the spectrophotometer because of reflection characteristic of silver and also the color difference values are increased linearly.

Keywords: Cotton, Silver Fibre, Woven Fabric, Reactive Dyeing Colour Measurement

1. Giriş

Günümüz şartlarında insan odaklı tekstil ürünlerinin üretimi oldukça önem kazanmıştır. Özellikle katma değeri yüksek fonksiyonel ürünler rağbet görmektedir. Yapılan tasarımlar insan hayatını koruma ve kolaylaştırma yönünde ilerlemektedir. Bu doğrultuda antibakteriyel özelliği ile öne çıkan gümüş elyafın tekstilde kullanımı giderek artmıştır. Toksik etkisi düşük olduğu için de tekstilde kullanıma uygundur. Gümüş elyaf/gümüş iyonları hem eğirme/elektroeğirme prosesleri esnasında hem de terbiye maddesi olarak life, ipliğe, kumaşa ve dokusuz yüzeylere uygulanabilmektedir.

Tekstil materyallerini renklendirmek amacıyla, hammadde ve oluşturulacak tekstil yüzeyinin özellikleri göz önünde bulundurularak farklı kimyasal yapıya sahip boyarmaddeler kullanılabilir. Bu bağlamda reaktif boyarmaddeler en çok kullanılanlardır. Reaktif boyarmaddeler suda çözünen, anyonik karakterli; materyallere parlak renkler ve mükemmel haslık özellikleri verebilen, genellikle pamuk, keten, rayon, naylon, yün, ipek, farklı elyaf karışımlarını boyamada kullanılan bir boyarmadde türüdür [1]. Kovalent bağ ile life bağlanan reaktif boyarmaddelerin yapısındaki kimyasal gruplar boyarmaddenin reaktifliğini belirlemektedir [2].

Gümüş iyonu içeren veya gümüş iyonu ile etkileşime giren tekstil yüzeylerinin renklendirilme özellikleriyle ilgili bazı çalışmalar şu şekilde özetlenmiştir: Gorenssek ve Recel reaktif boyalı pamuklu kumaşların nanogümüş ile etkileşimi sonucu renk değişimlerini incelemişlerdir. Sonuçlarda nanogümüş ile işlem görmüş ve görmemiş boyalı kumaşlar arasında çok büyük renk

farklılıklarının olduğunu tespit etmişlerdir [3]. Ilic ve arkadaşları (2009) yaptıkları çalışmada gümüş nanoparçacıklarıyla işlem gören direkt boyarmadde ile boyanmış pamuklu kumaşlardaki gümüş miktarının antimikrobiyal aktiviteye ve pamuklu kumaşların rengine olan etkisini incelemişlerdir. Direkt boyalı pamuklu kumaşların gümüş nanopartikül çözeltisi ile işlem gördükten sonra renklerinin önemli derecede değişime uğradığı tespit edilmiştir [4]. Başka bir çalışmada Tang ve arkadaşları (2012) pamuğun renklendirilmesi için pamuk liflerine anizotropik gümüş nanopartikülleri uygulamışlardır. İşlem sırasında bağlayıcı olarak poly(diallyldimethylammonium chloride) (PDDA) kullanmışlardır. Boyamadan sonra pamuğa uygulanan gümüş nanoparçacıkların morfolojisinin değişmeden kaldığı ve gümüş nanoparçacıklarla muamele edilen pamuğun boyamadan sonra parlak renkler gösterdiği gözlemlenmiştir [5].

Literatürde, gümüş iyonlarının tekstil yüzeylerine genellikle bitim işlemleriyle aktarıldığı görülmüştür [6, 7, 8]. Bu çalışmada, gümüş elyafı ile pamuk lifleri harmanlanarak karışım iplikler oluşturulmuştur. Ring eğirme sistemiyle üretilen iplikler ile gömleklik kumaşlar dokunmuştur. Gümüşün terbiye uygulamalarına göre daha pahalı olan bu uygulamanın amacı gümüşün etkilerini daha kalıcı kılmaktır. Çalışmada kullanılan gümüş elyaf koku hapsedici ve antibakteriyel özelliğe sahiptir. Bu özelliği göz önünde bulundurularak günlük kullanımı yaygın olan gömleklik kumaşlarda bu liflere yer verilmiştir. Literatürde bu özellikteki kumaşların boyanması ve renk analizleri ile ilgili yapılmış bir çalışmaya rastlanmamıştır. Literatürdeki bu boşluğun giderilmesi ve benzer gömleklik kumaş üretimi yapacak olan işletmelere yol göstermesi amacıyla bu çalışma gerçekleştirilmiştir.

Deneyel çalışmada, farklı miktarlarda gümüş elyaf içeren pamuklu kumaşlar, çektirme yöntemi ile farklı konsantrasyon ve farklı renklerde reaktif boyarmaddeler ile renklendirilmiştir. Yapılan boyama işlemi sıradan pamuklu bir kumaşın çektirme yöntemine göre boyanması ile benzer olup boyarmaddenin uygulanmasında boyanın gümüş elyafı ipliklere nüfuzu için ekstra bir bağlayıcı kullanılmamıştır. Daha sonra renk analizi için fiziksel olarak renk ölçümü (spektrofotometrik ölçümler) gerçekleştirilmiştir.

2. Materyal ve Metot

Çalışmada, tüm kumaşlarda Ne 40/1 kompakt penye (%100 pamuk) ipliği çözgü ipliği olarak kullanılmıştır. Atkı ipliği olarak ise pamuk ve pamuk / gümüş elyaf (X-static®) karışımı Ne 40/1 numarada 4 farklı tip ring ipliği kullanılmıştır. Tablo 1'de elyaf karışım oranlarına göre atkı iplik türleri kodlandırılarak verilmiştir. Atkı iplikleri, Çukurova Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından desteklenen MMF2012YL14 numaralı proje kapsamında SANKO Tekstil İşletmelerinde üretilmiştir. Kumaşlar, Adana'da bulunan BOSSA T.A.Ş. Ar-Ge merkezinde dokunmuş ve terbiye işlemleri yapılmıştır.

Dokumada kullanılan %100 pamuktan üretilmiş ve hiç gümüş elyaf içermeyen atkı iplikleri G0 şeklinde kodlandırılmıştır. Diğer atkı iplikleri de içermiş oldukları gümüş elyaf yüzdelere (sırasıyla %5, 10, 15) göre G5, G10 ve G15 olarak kodlanmıştır (Tablo 1).

Tüm kumaşlar 4/1 "S" yönlü, 3 atlamalı saten dokuda üretilmiştir. Bu kumaşlar içerdikleri atkı ipliklerine göre; G0 ipliği ile dokunan kumaş K0 (referans kumaş), G5 ipliği ile dokunan K5 kumaşı, G10 ipliği ile dokunan K10 kumaşı, G15 ipliği ile dokunan K15 kumaşı olarak isimlendirilmiştir [9].

Tablo 1. Atkı iplikleri ve elyaf karışım oranları

Atkı iplik kodları	Pamuk/ gümüş elyafı oranları (%)
G ₀	100/0
G ₅	95/5
G ₁₀	90/10
G ₁₅	85/15

Çalışma kapsamında referans kumaş ve gümüş elyaf içeren kumaşlar ön terbiye işleminin ardından çektirme yöntemine göre reaktif boyarmaddeler ile boyanmıştır. Ön terbiye işlemleri için sırasıyla haşıl sökme, kasar (ağartma), yıkama-kurutma, yakma, merserizasyon ve tekrar yıkama-kurutma işlemleri uygulanmıştır. Boyarmadde özellikleri Tablo 2'de verilmiştir. Renk analizi sonuçlarını kıyaslama yapabilmek amacıyla tüm numunelerin boyama reçeteleri aynı şekilde uygulanmıştır. Reaktif grubu boyama reçetesi Tablo 3'teki gibidir. Numunelerin boya çözeltisini kullanarak hidrofilite derecelerini tespit etmek için TS 866 "Kasarlı Pamuklu Tekstil Mamullerinin Su Emme Özelliğinin Tayini" standardı esas alınarak "Damla Testi" uygulanmıştır [10].

Tablo 2. Kumaşları Renklendirmede Kullanılan Boyarmaddelerin Özellikleri

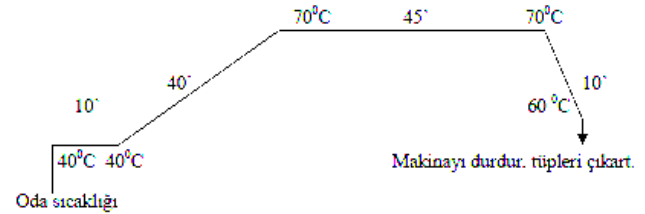
Kullanılan Boyarmaddeler	Color Index	Yapısı
BEZAKTIV TURQUOISE S-BF 150	RB231	MCT/Vinilsülfon
BEZAKTIV YELLOW S-8GN	RY	MCT/Vinilsülfon

Tablo 3. Boyama Reçetesi

Kimyasal	Miktar
Kırık Önleyici	0,6 g/lit
Soda	20 g/lit
Tuz	65 g/lit
Islatıcı	0,8 g/lit
İyon Tutucu	0,6 g/lit

Kumaşlar iki farklı renkte (turkuaz ve sarı) ve iki farklı boyarmadde konsantrasyonunda (%1 ve %3) boyama işlemine tabi

tutulmuştur. Numuneler, Ç.Ü. Tekstil Mühendisliği Laboratuvarında bulunan, yüksek sıcaklık ve basınçta boyama da yapabilen A&T 303-A model cihazda renklendirilmiştir. Gerçekleştirilen renklendirme işlemi için çektirme yöntemine göre boyama programı Şekil 1'deki gibidir. Boyamadan sonra fikse olmayıp yüzeyde kalan fazla boyayı ve kimyasalları uzaklaştırmak için reaktif yıkama uygulanmıştır. Yıkama için 80°C sıcaklıkta, 10 g/lit reaktif yıkama maddesi (sabun) içinde, 15 dk süre boyunca bekletilen numuneler daha sonra su ile durulanmış ve serbest halde kurutulmuştur. Çalışma kapsamında tüm boyamalar iki tekrarlı olarak yapılmıştır.



Şekil 1. Reaktif grubu boyarmadde ile çektirme boyama programı

Çalışmada boyanmamış pamuk ve pamuk-gümüş lifleri karışımı kumaşların L* (açıklık-koyuluk) ve W CIE değerleri (beyazlık indeksi) ile renklendirilmiş numunelerin renk değerlerinin ölçümü Ç.Ü. Tekstil Mühendisliği Bölümü Laboratuvarında bulunan Minolta CM 3600 D marka spektrofotometre ile gerçekleştirilmiştir. Renk değerleri ölçümleri RealColor 1.3® yazılımı kullanılarak hesaplanmış ve bu yazılım aracılığıyla boyanmış numunelerin referans kumaşlara göre renk değerlerinin farklılığı incelenmiştir. Bu sistemde, X, Y ve Z değerleri rengi sayısal olarak ifade edebilmektedir. Bu değerler ile hesaplanan L*, a* ve b* şeklinde üç koordinatı bulunmaktadır. Bu sistem ile renk, L*, a* ve b* koordinatları yoluyla tanımlanmaya uygundur. L*, rengin açıklık/koyuluğunu; a* kırmızılık-yeşillik; b* sarı-mavilik; C, doygunluğu belirtmektedir [11]. Bu değerlerin hesaplanması aşağıdaki gibidir.

$$L^* = 116 (Y/Y_n)^{1/3} - 16 \text{ (Açıklık-koyuluk)} \quad (1)$$

$$a^* = 500 [(X/X_n)^{1/3} - (Y/Y_n)^{1/3}] \text{ (Kırmızı-Yeşillik)} \quad (2)$$

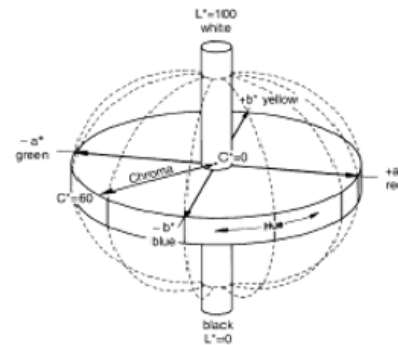
$$b^* = 200 [(Y/Y_n)^{1/3} - (Z/Z_n)^{1/3}] \text{ (Sarı-Mavilik)} \quad (3)$$

$$C^* = (a^2 + b^2)^{1/2} \text{ (Parlaklık)} \quad (4)$$

$$h = \arctan(b/a) \text{ (Açı cinsinden renk değeri)} \quad (5)$$

Bu denklemlerde X, Y, Z rengin tristimulus değerlerini; X_n, Y_n ve Z_n ise ölçümde kullanılan ışık kaynağının tristimulus değerlerini ifade etmektedir [12]. CIELab sisteminde, numune renkleri arasındaki renk farklılığı ise Euclid renk düzlemindeki koordinatlar olan X, Y ve Z değerleri ile hesaplanabilmektedir.

$$\Delta E = \sqrt{(\Delta X)^2 + (\Delta Y)^2 + (\Delta Z)^2} \quad (6)$$



Şekil 2. Üç boyutlu renk uzayı

Formülde Δ farklılığı ifade etmektedir [13]. Çalışmada referans numune olarak gümüş elyaf içerikli kumaşlarla aynı şartlarda üretilmiş olan % 100 pamuk içerikli reaktif boyarmadde ile

renklendirilmiş numuneler kullanılmıştır. CIELab sistemi kullanılarak bütün numunelerin renk analizi yapılmış, daha sonra özel yazılım aracılığıyla gümüş elyaf içerikli numunelerin referans pamuklu numuneler ile renk farklılığı hesaplanmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Çalışma kapsamında, çektirme yöntemine göre renklendirilen pamuk ve pamuk-gümüş lifleri karışımı kumaşların renk analizleri gerçekleştirilip incelenmiştir. Öncelikle kumaşların su emiciliğini tespit etmek amacıyla hidrofilite (damla metodu) uygulanmıştır. Hidrofilite tayini ölçümlerine ait ortalama değerler Tablo 4'te verilmiştir. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde sırasıyla %5, %10 ve %15 gümüş elyaf içeren pamuklu kumaşların damlayı emme sürelerinin giderek arttığı yani kumaşların hidrofilitesinin gümüş elyaf oranı arttıkça kötüleştiği tespit edilmiştir. Bu sonuç boyanın kumaşlara nüfuz etmesi açısından numuneler arasındaki farklılığı ortaya koymuştur.

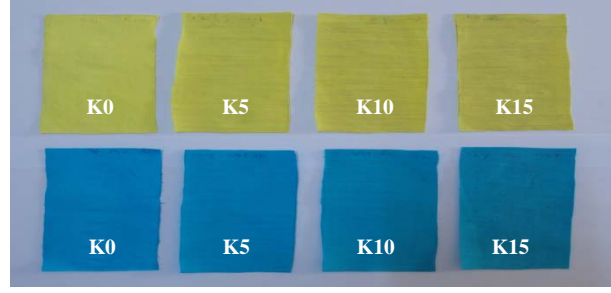
Tablo 4. Numunelerin hidrofilite (damla testi) sonuçları

	K ₀	K ₅	K ₁₀	K ₁₅
Ort. Hidrofilite (sn)	7,72	14,09	15,09	19,7

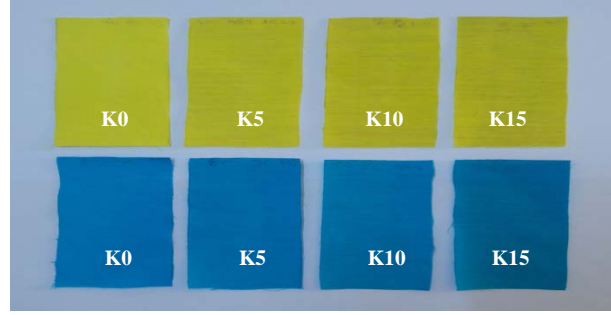
Boyanmamış pamuk ve pamuk-gümüş lifi karışımı numunelerin açıklık-koyuluk (L*) ve beyazlık indeksi (W CIE) değerleri Tablo 5'te verilmiştir. L* değerleri incelendiğinde kumaşlardaki gümüş elyaf miktarı arttıkça rengin daha açık olduğu gözlemlenmiştir. Çalışmada kullanılan ipliklerde % 99,9 saf gümüş metali ile kaplanmış lifler (X-Static®) bulunduğundan bu ipliklerin yansıtma özellikleri vardır. Field (1999), çalışmasında ışık yansımalarının tekstil malzemesinin yüzeyine bağlı olduğundan bahsetmiştir [14]. Gümüşün ışığı yansıtma özelliğinden dolayı spektrofotometrede algılanan L* değeri daha düşük çıkmıştır. Tablo 5 incelendiğinde W CIE (beyazlık indeksi) değerinin gümüş elyaf oranı arttıkça azaldığı görülmektedir. Beyazlık indeksi ürünün nihai renginin hassas bir şekilde beyaz ve beyaz haricindeki renklerde olması durumunda oldukça önem kazanmaktadır. W CIE değeri arttıkça numunenin beyazlığı da artmaktadır [15]. Gümüş liflerinin ürünün beyazlık indeksini kötüleştirdiği tespit edilmiştir. Renklendirilmiş gümüş elyaf içerikli pamuklu numuneler (Şekil 3 ve Şekil 4) ile referans kumaş arasındaki renk analiz sonuçları Tablo 6'da verilmiştir. Tabloda bulunan ifadelerde L* değeri arttıkça koyuluk, azaldıkça açıklık artmakta; a* değeri arttıkça kırmızılık, azaldıkça yeşillik artmakta; b* değeri arttıkça sarılık, azaldıkça mavilik artmakta; C* değeri arttıkça rengin doygunluğu artmakta; ΔE değeri arttıkça kıyaslanan numuneler arasındaki renk farkı artmaktadır. Bu bilgiler doğrultusunda D65 ışığı altında yapılan değerlendirmelerde; beklenildiği gibi numunelerdeki gümüş elyaf miktarı arttıkça referans kumaşa göre renk farkı değerleri giderek artmıştır (Şekil 5). Konsantrasyondaki ve renkteki değişimin renk farklılığına düzenli bir etkisinin olmadığı görülmektedir. Numunelerin diğer renk değerleri incelendiğinde; hem %1 hem de %3 konsantrasyonda turkuaz ve sarı renkte boyarmadde ile boyanan numunelerin renk değerlerinin referans kumaşlara göre daha açık, daha kırmızı, daha sarı ve daha zayıf renkte olduğu tespit edilmiştir. Kumaşlardaki gümüş elyaf oranının artışıyla renk değerlerinin değişimi arasında doğrusal bir ilişki görülmektedir. Boyanmamış numunelerde olduğu gibi renklendirilmiş kumaşlarda da gümüşün yansıtıcı özelliğinden dolayı kumaştaki gümüş elyaf oranı arttıkça rengin daha açık algılandığı ortaya koyulmuştur.

Tablo 5. Boyanmamış numunenin açıklık-koyuluk ve beyazlık indeksi değerleri

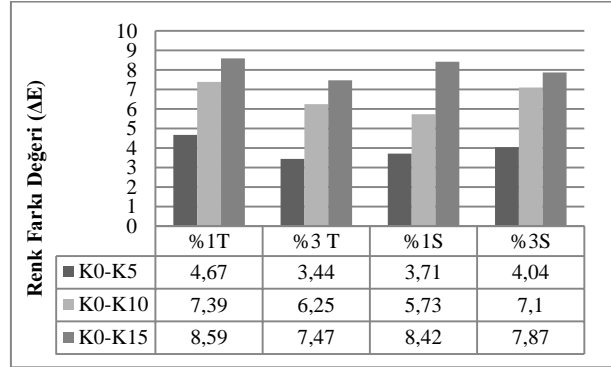
Numune	L* (açıklık-koyuluk)	W CIE (beyazlık indeksi)
K0	87,75	60,03
K5	83,73	43,14
K10	81,0	29,05
K15	79,26	28,68



Şekil 3. %1 boyarmadde konsantrasyonu ile boyanan kumaşlar



Şekil 4. %3 boyarmadde konsantrasyonu ile boyanan kumaşlar



Şekil 5. Numunelerin renk farkı (ΔE) değerleri

4. Sonuç ve Öneriler

Endüstriyel olarak üretilebilecek gümüş elyaf içerikli gömleklik kumaşların reaktif boyama işlemi ile renklendirilmesi durumunda renk değeri çıktılarının üreticiye ve kullanıcıya yol göstermesi amacıyla bu deneysel çalışma gerçekleştirilmiştir. Damla testi ile yapılan testlerin sonucunda % 100 pamuklu kumaşın hidrofilitesinin daha iyi olduğu; kumaşlardaki gümüş elyaf miktarının artışıyla hidrofilite derecelerinin azaldığı tespit edilmiştir. Boyanmamış kumaşların açıklık-koyuluk dereceleri incelendiğinde kumaşlardaki gümüş lifi miktarı arttıkça yansımının daha fazla olduğu böylece L* değerinin düştüğü gözlemlenmiştir. Bunun sebebinin de gümüşün ışığı yansıtma özelliğinin pamuk lifine göre daha fazla olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Boyanmamış kumaşların beyazlık indeksleri değerlendirildiğinde gümüş elyaf oranının artışının numunelerin beyazlık derecelerini düşürdüğü tespit edilmiştir. Daha önce yapılmış bir çalışmada özlü iplikteki metal oranının artışıyla kumaşlardaki beyazlığın ve renk kuvvetinin giderek düştüğü sonucuna varılmıştır [15]. Bu da yapılan çalışma ile paralel bir sonuç elde edildiğini ortaya koymaktadır.

Boyalı referans ve pamuk-gümüş elyaf içerikli numunelerin renk analizleri incelendiğinde boyanmamış kumaşlarda olduğu gibi gümüş liflerinin oranı arttıkça spektrofotometrede algılanan L* değerinin düştüğü, hem sarı hem turkuaz renkte renk doygunluğunun (C*) azaldığı tespit edilmiştir. Farklı boyarmadde konsantrasyonunda ve farklı renkte boyanan numunelerin renk değerlerinin kumaşlardaki gümüş elyaf miktarı arttıkça daha kırmızı, daha sarı ve daha zayıf renkte olduğu tespit edilmiştir. Bu

değişimlerin konsantrasyon ve renk farklılığı ile doğrusal bir ilişkisinin olmadığı görülmüştür.

Tablo 6. Boyaması gerçekleştirilen numunelerin ölçülen renk değerleri

Numune	Renk	Bm. Kons.	L*	a*	b*	C*	h
K0	T	% 1	64,63	-32,21	24,68	40,58	217,46
K5			62,55	-30,72	-20,77	37,09	214,06
K10			62,3	-29,39	-18,26	34,6	211,85
K15			61,65	-28,59	-17,49	33,51	211,46
K0	T	% 3	60,66	-34,42	-26,18	43,24	217,25
K5			58,1	-33,17	-24,25	41,09	216,16
K10			58,56	-32,13	-20,76	38,25	212,87
K15			55,5	-31,850	-21,43	38,39	213,93
K0	S	% 1	84,27	-7,58	49,04	49,63	98,78
K5			81,13	-6,24	47,59	48,0	97,47
K10			79,42	-5,29	47,02	47,31	96,42
K15			77,71	-4,69	44,62	44,86	96,0
K0	S	% 3	83,4	-7,11	63,15	63,55	96,43
K5			80,08	-5,28	61,76	61,98	94,89
K10			78,37	-4,61	58,81	58,99	94,48
K15			76,85	-4,93	59,38	59,58	94,74

Daha sonra yapılacak çalışmalarda farklı boyama metotları uygulanarak ve farklı boyarmadde tipleri kullanarak kumaşlardaki gümüş elyaf içeriğinin boyamaya olan etkisi incelenebilir ve sonuçlar desteklenebilir. Ayrıca gümüş elyaf kumaşların boyama özelliklerini iyileştirmek amacıyla gümüşle uyumlu bağlayıcı maddeler kullanılarak renklendirme işlemlerinin yapılması da öngörülmektedir.

Kaynaklar

1. Jackman, D., Dickson, M., Condra J., The Guide to Textiles for Interiors, Portage&Main Press, 1983, Canada.
2. Bulut, M. O., Akar, E., Reaktif Boyarmaddelerde Alım ve Fiksaj Sorunları, Gaziantep Sanayi Odası Akıllı Tekstil Teknolojileri Ar-Ge Proje Pazarı, 2010, Gaziantep.
3. Gorenšek, M., and Recelj, P., 2009. Reactive Dyes and Nano-Silver on PA6 Micro Knitted Goods, Textile Research Journal, 79 (2), 138–146
4. Ilic', V., Šaponjic', Z., Vodnik, V., Potkonjak, B., Jovanc'ic', P., Nedeljkovic', J., Radetic', M., The influence of silver content on antimicrobial activity and color of cotton fabrics functionalized with Ag nanoparticles, Carbohydrate Polymers, 78 (2009), 564–569.
5. Tang, B., Zhang, M., Hou, X., Li, J., Sun, L., Wang, X., Coloration of Cotton Fibers with Anisotropic Silver Nanoparticles, Industrial & Engineering Chemistry Research, 2012, 51, 12807–12813
6. Üreyen, M. ve ark., "Yeni Geliştirilen Gümüş Katkılı Antimikrobiyal Tekstil Kimyasal Ve Bu Kimyasal İle İşlem

Görmüş Kumaşların Antibakteriyel Performansları", Tekstil ve Mühendis 2008, Yıl 15, Sayı 69.

7. Filipowska, B. et al., "New Method for the Antibacterial and Antifungal Modification of Silver Finished Textiles", Fibres & Textiles in Eastern Europe 2011, Vol. 19, No. 4 (87) pp. 124-128.
8. Ursache, M. Et al., "Investigation on the Effects of Antibacterial Finishes on Dyed Cotton Knitted Fabrics", Tekstil ve Konfeksiyon, 3/2011.
9. Taşçı, Z., K., "Gümüş Katkılı Gömleklik Dokuma Kumaş Tasarımı, Endüstriyel Şartlarda Üretilmesi ve İncelenmesi", Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekstil Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, 2013, Adana
10. TS 866 "Kasarlı Pamuklu Tekstil Mamullerinin Su Emme Özelliğinin Tayini" standardı
11. HunterLab, Colorimeters Versus Spectrophotometers, HunterLab Applications Note, 1995, 6 (5), 1-2.
12. Öner, E., Tekstil Endüstrisinde Renk Ölçümü, Seminer Notları, 2006, Adana.
13. Öner, E., Tekstil Endüstrisinde Renk Ölçümü, Marmara Üniversitesi Yayın No: 672, Teknik Eğitim Fakültesi Yayın No: 17, 2001, İstanbul.
14. Field, G., G., Color and Its Reproduction (2nd Edition), 1999, GAFT Press, Pitsburg
15. Örtlek H.G., Kılıç G., Yolaçan G., Tutak M., "Color And Whiteness Properties Of Fabrics Knitted From Different Hybrid Core-Spun Yarns Containing Metal Wire ", Fibers and Polymers, 2010, vol.11, pp.1067-1074



Bartın Üniversitesi Mühendislik ve Teknoloji Bilimleri Dergisi



APS Yöntemi ile Yüzeysel Kaplanmış AA 7075 Alaşımının Balistik Dayanımının İncelenmesi

Ahmet Berkan GÜNAY*, Erdem AKTAŞ, Mustafa ÖZCAN, Harun CAMCI

Bartın Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Bartın / TÜRKİYE

Geliş Tarihi: 25.05.2018 Düzeltme Tarihi: 12.06.2018 Kabul Tarihi: 25.06.2018

Özet

Bu çalışmada, AA 7075 alaşımının yüzeyi Atmosferik Plazma (APS) yöntemi kullanılarak krom oksit (Cr_2O_3), alüminyum oksit Al_2O_3 , zirkonyum oksit (ZrO_2) ve $Al_2O_3+Cr_2O_3$ tozları ile kaplanmıştır. Kaplama işlemi sonrasında numunelere standartlar dahilinde balistik deneyler uygulanarak, malzeme yüzeyindeki deformasyonlar incelenmiştir. Hem kaplama işleminden sonra hem de deneyler sonucunda numunelere geleneksel karakterizasyon işlemleri (sertlik, SEM kesit yüzey incelemesi, EDS analizi) uygulanmıştır.

APS yöntemi kullanılarak AA7075 alaşımının yüzeyi Cr_2O_3 , Al_2O_3 , ZrO_2 ve $Al_2O_3+Cr_2O_3$ tozları ile başarılı bir şekilde kaplanmıştır. Kaplama tabakası kalınlığı 200-400 μm olarak ölçülmüştür. Atışlar 25 m uzaklıktan 300 m/sn hızındaki kurşun ile gerçekleştirilmiştir. Gerçekleştirilen deneyler sonrasında en yüksek balistik zırh dayanımına sahip kaplamalar sırasıyla, Al_2O_3 , ZrO_2 , $Al_2O_3+Cr_2O_3$, Cr_2O_3 olarak belirlenmiştir. Kaplama sertliğinin zırhlamada önemli parametre olduğu görülürken, sertliğin düşmesi ile zırh malzemesi olarak kullanılan malzemelerin alt yüzeyde daha iyi tutunarak dökülmeye başladığı görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: APS (Atmosferik Plazma Sprey), Balistik Dayanım, Kaplama, Kompozit Malzeme

Evaluation of Ballistic Strength of APS-Coated AA 7075 Alloy

Abstract

In this research, chromium oxide (Cr_2O_3), aluminum oxide Al_2O_3 , zirconium oxide (ZrO_2) and $Al_2O_3+Cr_2O_3$ powders were deposited on the surface of AA 7075 alloy using Atmospheric Plasma Spraying (APS) method. Following the deposition process, the coated samples were subjected to ballistic tests within the frame of related standards to examine the resulting deformations on sample surfaces. Conventional characterization methods (hardness measurement, SEM cross-sectional analysis, EDS analysis) were applied before and after the ballistic tests.

As a result, Cr_2O_3 , Al_2O_3 , ZrO_2 ve $Al_2O_3+Cr_2O_3$ powders were successfully deposited on AA7075 surface with APS method. The coating layer thickness was measured as 200-400 μm . Ballistic shots were performed from 25 m distance with 300m/s bullet speed. Following the tests, the ballistic shielding strength of the coatings were determined as Al_2O_3 , ZrO_2 , $Al_2O_3+Cr_2O_3$, Cr_2O_3 in the descending order. Coating hardness was found to be an effective parameter for shielding, while shielding materials displayed better adhesion to the lower surface with decreasing hardness values, thus displaying lower levels of disintegration.

Keywords: APS (Atmospheric Plasma Spray), Ballistic Strength, Coating, Composite Material

1. Giriş

Günümüzün en önemli gereçlerinden birisi olan zırh, kullanım açısından eski çağlardan beri her geçen gün önemini artıran bir savunma aracıdır. İnsanlık tarihi boyunca, savunma konusunda da araştırmalar yapılmış, böylelikle modern zırh tasarımı alanında hızlı adımlar atılmıştır. Askeri amaçlarla kullanılan zırh sistemleri günümüzde gelişmekte olan silah sanayi ile birlikte modern silahlara karşı koruma sağlamak zorundadır. Bu nedenle, zırhın yapısal olarak mühimmatın çarpmasından kaynaklanan yükler altında işlevini etkin olarak yerine getirip getiremeyeceği, yaygın bir araştırma konusu olmuştur [1].

Alüminyum parçalar uçak sanayi, gemi parçaları, çelik konstrüksiyon gibi çok çeşitli üretim sahalarının yanında, hareketli parçaların hafif korunma sistemlerinde de kullanım alanı bulmaktadır. Çarpma veya yüksek hızlı yüklenme şartları, zırh sistemleri ile ilgili uygulama alanlarının önemli bir parçasını oluşturmaktadır. Bu tür çalışmalarda, ağırlık önemli bir ölçüttür. Bu nedenle, yüksek ağırlığa sahip çelik ya da beton gibi malzemeler yerine, daha hafif olan alüminyum alaşımların tercih edildikleri bilinmektedir [2].

Araştırmış olduğumuz çalışmamızda; alüminyum levhaların yüzeye dik gelen yüksek hızlı çarpma yüklenme şartları altındaki dayanımlarına mermi hızı, levha kalınlığı gibi girdilerle birlikte, çeşitli performans artırıcı yöntemlerin (yüzey kaplama) etkileri

deneysel olarak incelenmiştir. Araştırmada, levhaların ön yüzlerine, ısı püskürtme yöntemiyle uygulanan kaplamaların balistik dayanıma etkilerinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen atışlardan sonra, levhaların ön ve arka yüzlerinde oluşan deformasyon miktarları ölçülmüştür.

Bugünlere kadar gelen teknolojik ilerlemeler ile birlikte zırh kullanımının gelişimi incelendiğinde, şahıs korunumu ile helikopterler, vb. uygulama alanlarının zırhlandırılması ile devam eden bir yol izlediği görülmektedir. Yaşanan gelişmeler izlendiğinde silah sanayi ile birlikte her geçen gün zırh kullanımının da önemi artmıştır. Bu yüzden, zırh üretiminde hammadde olarak kullanılan malzemeler tekrar değerlendirilmiştir. Bu alanda, enerji emiş özelliği geliştirilmiş geleneksel malzemelerin ya da bunlara, gelişmiş üretim teknolojileri ile yeni malzemeler eklenerek oluşturulan entegre zırh sistemlerinin kullanımı önem kazanmıştır [3].

Koruyucu zırhın etki alanı bir değer altına indiğinde, aynı tehdide karşı koyabilmek için yeni ve gelişmiş koruyucu malzemelerin bulunması gerekmektedir [4]. Yapılan çalışmalarda, düşük ağırlıklı alüminyum metallerin kullanıldığı zırh sistemlerinden, geleneksel ürünlere oranla daha iyi sonuçlar alınmıştır.

4.75 mm kalınlığında, farklı içeriğe sahip alüminyum alaşımları (AA 6061-T6 ve AA 7075-T6) kullanarak Sierra 165 mermilerle

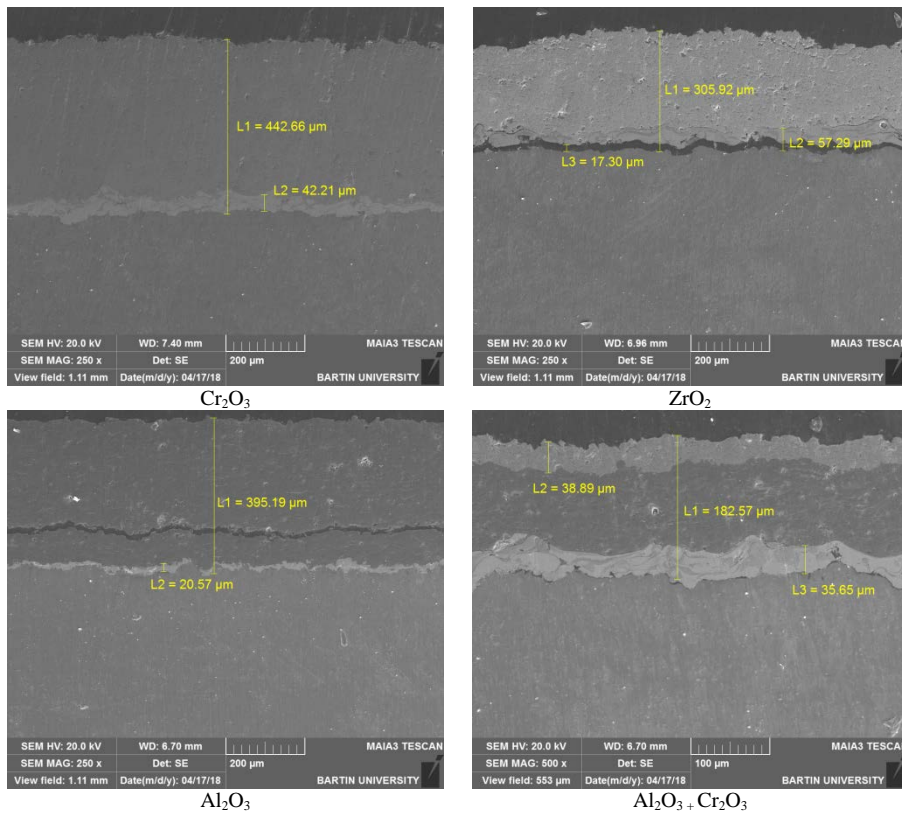
gerçekleştirdikleri atış testleri ile balistik davranışlarını incelemiştir. Çalışmalarda, mermi hızları 260~370 m/s arasındadır. Yapılan çalışmalar, sıcaklığın ve birim şekil değiştirme hızının malzeme davranışını ve hasar türünü etkilediğini göstermektedir. Ek olarak, merminin başlangıçta sahip olduğu kinetik enerjinin hangi enerji biçimlerine dönüşerek sönümlendiğinin bilinmesi, malzemenin balistik davranışının belirlenmesinde önemli bilgi sağlayacaktır [5].

Diğer bir çalışmada 15~30 mm kalınlıklarda alüminyum (AA 5083-H 116) levhaların konik uçlu, sertleştirilmiş çelik delicilerin çarpmaları karşısında delinmelerini deneysel olarak incelemiştir. Yapılan testlerde, delicilere ait ilk ve son hızlar yüksek hızlı kamera ile ölçülerek levhaların balistik sınırları belirlenmiştir. Literatürden araştırmasında elde edilen balistik sınır verileri ile deney sonuçlarının birbirine benzer oldukları gözlenmiştir [6].

Bir başka çalışmada, 7.62mm zırh delici mermi çarpmasına karşı değişik konfigürasyonlardaki koruyucu sistemlerin etkinliği incelenmiştir. Bu sistemler AA 2024 T4 malzemesinden oluşan

bir bloğun tek başına ve alümina seramikön katman ile beraber kullanıldığı değişik çarpma açıları durumları bulundurmaktadır. Balistik etkinlik hem analitik yöntemle hem de bilgisayar destekli eksplisit sonlu elemanlar yöntemiyle araştırılmıştır. Ek olarak veriler literatürde bulunan veriler ile de onaylanmıştır [7].

İnsanlık tarihinde günlük hayatta ve savaş anında korunma ihtiyacı duymuşlardır. Bu ihtiyaçlar ile daha iyi korumayı sağlayacak malzemeleri elde etmek için sürekli olarak yeni arayışlar içerisine girmişlerdir. Balistik araştırmaların ortaya çıkması ile çalışmalar hız kazanmış ve üretilen ürünlerin beklenen ihtiyaçları karşılayıp karşılamadıklarının kontrolü önem taşımaktadır. Balistik koruyuculuğun etkinliğinin test edilmesi için uluslararası çalışmalarda kullanılan çeşitli standartlar vardır. Bu standartlar kapsamında balistik koruyucu araçların ve giysilerin balistik performans testleri gerçekleştirilmiş olup sonuçları belirlenmektedir. Araştırma da balistik koruma amaçlı tekstil materyalleri ve bunların balistik performanslarının tespitinde kullanılan test yöntemleri ile ilgili veriler verilmiştir [8].



Şekil 1. APS yöntemi ile yüzeyi kaplanan kaplanan numunelerin SEM kesit yüzey görüntüsü.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada alt yüzey olarak AA 7075 alaşımı, kaplama tozu olarak ticari 50 µm boyutlarında ticari Cr₂O₃, ZrO₂, ve Al₂O₃ tozları kullanılmıştır. Ayrıca alt yüzey ve kaplama tozları arasında adhezyon kuvvetini arttırmak için ara yüzey Y₂O₃ tozu ile kaplanmıştır. Çalışmada kullanılan AA 7075 alaşımının kimyasal bileşimi Tablo 1 mekanik özellikleri ise Tablo 2 'de sırası ile verilmiştir.

Tablo 1. Kaplanacak AA 7075 alaşımının karakterizasyonu (%).

Al	87.1-91.4
Cr	0.18-0.28
Cu	1.2-2
Fe	0.5
Mg	2.1-2.9
Mn	0.3
Si	0.4
Ti	0.2
Zn	5.5-6.1

Tablo 2. Kaplanacak AA 7075 malzemesinin mekanik özellikleri.

Yoğunluk (kg/m ³)	2810
Akma mukavemeti (Mpa)	503
Kopma mukavemeti (Mpa)	572
Kopma uzaması (%)	11
Elastisite Modülü (Gpa)	71.7
Poisson oranı	0.33
Kayma Mukavemeti (Mpa)	331
Özgül ısı (J/g.°C)	0.96

Atmosferik Plazma (APS) yöntemi kullanılarak Al₂O₃, ZrO₂, Cr₂O₃ ve Al₂O₃ + Cr₂O₃ ticari tozları ile kaplanmıştır. Al₂O₃ + Cr₂O₃ kaplama işleminde altlık malzeme üzerine önce Al₂O₃ tozları sonra Cr₂O₃ tozları atılarak sandviç bir yapı oluşturulmuştur.

Tablo 3. Kaplama parametreleri.

Ark akış oranı	80–100 l/min
Ark basıncı	0.689 Mpa
Yardımcı gaz akış oranı	19 l/min
Yardımcı gaz basıncı	0.345 Mpa
Sprey oranı	2.7–6.8 kg/h
Ark voltajı	61–68 V
Ark akımı	400–650 A
Sprey mesafesi	120 mm

Kaplama işlemi sonrasında numunelerin kaplama kalınlıklarını belirleyebilmek için uygun boyutlarda parçalar kesilerek bakalite alınmış ve 80 mesh'den 1200 mesh'e e kadar zımparalanmış ve 6 µm'lik elmaspasta ile parlatılmıştır. Numunelerin kaplama kalınlıkları Tarayıcı Elektron Mikroskobu (SEM) kullanılarak ölçülmüştür. Sertlik ölçümleri 20 g yük altında 15 sn yüklenme süresi ile HV cinsinden belirlenmiştir.

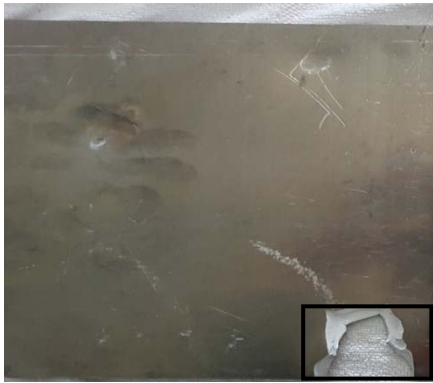
3. Bulgular ve Tartışma

Bu araştırmada Cr_2O_3 , ZrO_2 , Al_2O_3 ve $Al_2O_3 + Cr_2O_3$ (karışım oranı) tozları APS yöntemi ile yukarıda belirtilen parametreler altında AA 7075 alaşımı üzerine kaplanmıştır. Kaplama işleminden sonra numunelerin yüksek hızda çarpışma sonucunda balistik dayanımları incelenmiştir.

Şekil 1. a-d de sırası ile yüzeyi Cr_2O_3 , ZrO_2 , Al_2O_3 ve $Al_2O_3 + Cr_2O_3$ ve tozları ile APS yöntemi kullanılarak kaplanmış numunelerin kesit yüzey SEM mikroskop görüntüleri verilmiştir. Numunelerin yüzeylerinde oluşan kaplama tabaka kalınlığı sırasıyla Cr_2O_3 için 440 µm, ZrO_2 için 300 µm, Al_2O_3 için 400 µm ve $Al_2O_3 + Cr_2O_3$ için 200 µm olarak belirlenmiştir. Kaplama tabakasından alınan HV cinsinden sertlik değerleri sırası ile Al_2O_3 1600, Cr_2O_3 1200, ZrO_2 800 HV olarak belirlenmiştir.

3.1. Balistik Deney Sonrasında Malzemelerdeki Şekil Değişikliklerinin Görüntüleri ve Deney Şartları

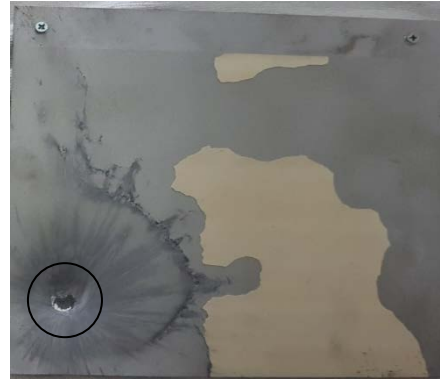
Şekil 2'de kaplanmamış AA 7075 alaşımı üzerine 25 m mesafeden tek kurşunla 300 m/s hızla gerçekleştirilen atış işleminden sonra malzemede meydana gelen deformasyon fotoğrafı verilmiştir. Kurşunun meydana getirdiği göçüğün çapı 2 cm genişliğinde bir parçanın koştığı görülmektedir.

**Şekil 2.** Boş plakanın balistik deney sonrasındaki görüntüsü.

Şekil 3'de Cr_2O_3 kaplanmış AA 7075 alaşımı üzerine yine 25 m mesafeden tek kurşunla 300 m/s hızla gerçekleştirilen atış işleminden sonra malzemede meydana gelen deformasyon fotoğrafı verilmiştir. Merminin isabet ettiği ve fotoğraf üzerinde daire içerisine alınmıştır. Kurşunun meydana getirdiği göçüğün çapı 2 cm derinliği ise 0.7 cm olarak belirlenmiştir. Atış işleminden sonra plaka üzerindeki Cr_2O_3 tabakasının büyük bir kısmının döküldüğü görülmüştür.

Şekil 7'de ZrO_2 kaplanmış AA 7075 alaşımı üzerine yine 25 m mesafeden tek kurşunla 300 m/s hızla gerçekleştirilen atış işleminden sonra malzemede meydana gelen deformasyon fotoğrafı

verilmiştir. Sol alt kısma isabet eden kurşun plaka yüzeyinde 0,6 cm derinliğinde bir krater oluştururken plaka yüzeyinde 1,85 cm çapında bir delik açmıştır. Kaplama malzemesinin plaka yüzeyinden daha az döküldüğü dikkat çekmektedir.

**Şekil 3.** Cr_2O_3 kaplı plakanın balistik deney sonrasındaki görüntüsü**Şekil 4.** ZrO_2 kaplı plakanın balistik deney sonrasındaki görüntüsü

Şekil 5'te Al_2O_3 kaplı malzemenin yüksek hızda çarpışma sonrasında malzemede meydana gelen şekil değişiklikleri gözlemlenmiştir. Al_2O_3 kaplamalı malzeme derinlik 0,4 cm boyutunda çap ise 1,7 cm boyutundadır. Yine deney sonucunda kaplama tabakasının tamamen döküldüğünü söylemek ancak kurşunun malzemeyi delemediğini söylemek mümkündür.

**Şekil 5.** Al_2O_3 kaplı plakanın balistik deney sonrasındaki görüntüsü

Şekil 6'da $Al_2O_3 + Cr_2O_3$ kaplı malzemenin atış işleminden sonra numunede meydana gelen değişimleri gösteren fotoğrafı verilmiştir. Görüleceği üzere kaplama tabakasının tamamen dökülmediği sadece kurşunun isabet ettiği bölgede çember içerisine alınan ve çapı 5 cm olan bir bölgede dairesel döküntü ve bu noktadan çevresinde meydana gelen çatlaklar bulunmaktadır. Bu bölgede 2,3 cm derinliğinde bir göçük oluşmuştur.



Şekil 9. $Al_2O_3 + Cr_2O_3$ kaplı plakanın balistik deney sonrasındaki görüntüsü.

4. Sonuçlar

Bu çalışmada AA 7075 alaşımının yüzeyi Atmosferik Plazma yöntemi kullanılarak krom oksit, alüminyum oksit, zirkonyum oksit tozları ile kaplanmıştır. Kaplama işlemi sonrasında iki adet numune bir araya getirilerek yüksek hızda malzeme yüzeyine atış yapılmıştır. Yapılan çalışmalar sonucunda aşağıdaki sonuçlar bulunmuştur.

- APS yöntemi kullanılarak AA7075 alaşımının yüzeyi Cr_2O_3 , Al_2O_3 ve ZrO_2 ve $Al_2O_3 + Cr_2O_3$ tozları ile başarılı bir şekilde kaplanmıştır. Kaplama kalınlıkları 200 μm ile 400 μm olarak belirlenmiştir.
- Yapılan atışlar sonrasında balistik dayanımı en yüksek olandan en düşük olana doğru sırasıyla Al_2O_3 , ZrO_2 , $Al_2O_3 + Cr_2O_3$, Cr_2O_3 ve kaplamasız plakadır.
- Deneyler sonucunda merminin durdurulmasında sertliğin en önemli parametrelerden birisi olduğu anlaşılmıştır.
- Sertliği düşük olan kaplamaların ise yüzeyden tamamen dökülmediği gözlemlenmiştir.

- Kaplamaların hepsi kaplamasız malzemeye göre daha iyi performans göstermiştir.
- Sandviç şeklinde kaplaması gerçekleştirilen numunenin deneye tabi tutulduktan sonra yüzeyindeki kaplama tabakasının daha az hasar gördüğü tespit edilmiştir.

Kaynaklar

- Vural, M., 2000. Ballistic performance and impact behavior of alumina armor ceramics, Ph.D. Thesis, Istanbul Technical University, Institute of Science and Technology, İstanbul.
- Børvik, T., Clausen, A.H., Eriksson, M., Berstad, T., Hopperstad, O.S. and Langseth, M., 2005. Experimental and numerical study on the perforation of AA6005-T6 panels, Int. J. Impact Engineering, 32, 35-64.
- Candan, C., Akdemir, A. ve Şahin, Ö., 2005. Hafif silah tehdidine karşı UHMW-PE ve Seramik zırhların balistik koruma performanslarının incelenmesi, 7. Uluslararası Kırılma Konferansı, Kocaeli Üniversitesi, Kocaeli, 19-21 Ekim, s. 891-900.
- Gama, B.A., Bogetti, T.A., Fink, B.K., Yu, C., Claar, T.D., Eifert, H.H. and Gillespie, J.W., 2001. Aluminium foam integral armor: a new dimension in armor design, Composite Structures, 52, 381-395.
- Andersen, C and Dannemann, K., 2001. Deformation and damage of two aluminium alloys from ballistic impact, Proceedings of the 12th Biennial International Conference of the APS Topical Group on Shock Compression of Condensed Matter, Atlanta, June 24–29.
- Børvik, T., Clausen, A.H., Hopperstad, O.S. and Langseth, M., 2004. Perforation of AA5083-H116 aluminium plates with conical-nose steel projectiles-experimental study, Int. J. Impact Engineering, 30, 367-384.
- Evcim, M., Yıldırım R. O. 2008. Alümina Seramik/ Alüminyum AA 2024 T4 Kompozit Zırh Sistemlerinin Balistik Etkilerinin Analizleri.
- Bozdoğan, F., Üngün, S., Temel, E., Mengüç Süpüren, G., 2015. Balistik Koruma Amaçlı Kullanılan Tekstil Materyalleri, Özellikleri ve Balistik Performans Testleri



Bartın Üniversitesi Mühendislik ve Teknoloji Bilimleri Dergisi



Engelsiz Erişim Açısından Karabük İlinde Bulunan İlk ve Orta Öğretim Okul Binalarının İncelenmesi

Şenol GÜRSOY^{1*}, Cem Cüneyt CEYLAN², Yüksel TURCAN³

¹Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, İnşaat Mühendisliği Bölümü, Karabük / TÜRKİYE

²Karabük Üniversitesi, Safranbolu MYO, Mimari Restorasyon Programı, Karabük / TÜRKİYE

³Karabük Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Mimarlık Bölümü, Karabük / TÜRKİYE

Geliş Tarihi: 31.05.2018 Düzeltme Tarihi: 12.06.2018 Kabul Tarihi: 21.06.2018

Özet

Dünyada tüm insanlar gibi engelli bireylerin topluma katılabilmesi için sosyal alanlarda iyileştirmeler yapılmaktadır. Ancak bu iyileştirmelerin çoğu maalesef yasal zorunlulukları yerine getirmek amacıyla yapıldığı görülmektedir. Bunun sonucunda da engelli bireyler toplumsal yaşam içinde birtakım sorunlarla karşılaşmaktadırlar. Bu nedenle, engelli bireylerin özellikle eğitim ve sağlık gibi toplumsal yaşama katılım süreçlerinin sorunsuz bir şekilde sağlanmasında bazı önlemlerin alınmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada Karabük ilinde bulunan Milli Eğitim Bakanlığı'na bağlı okul binalarının bedensel engelli bireyler için ulaşılabilirlik durumları incelemektedir. Bu incelemeler elde edilen sonuçlar, Milli Eğitime bağlı Karabük il merkezindeki ilk ve orta öğretim okul binalarının çoğunluğunun engelli bireylerin ulaşılabilirliği bakımından uygun olmadığını göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Bedensel engellilik, Engelli ulaşılabilirliği, Engelli yönetmeliği, Karabük ili eğitim binaları

Investigation of the Primary and Secondary School Buildings Located in Karabük in terms of Barrier-Free Access

Abstract

In the world, improvements are made in social areas to enable people with disabilities, like all people, to participate in the gathering. However, many of these improvements seen to have been made to fulfill legal obligations. Accordingly, disabled people face some problems in social life. Therefore, it is necessary to take some precautions for ensuring the process of disabled peoples' participation in social life such as especially education and health without any problem. This study examines the accessibility conditions of the school buildings affiliated to the Ministry of National Education located in Karabük in terms of the physically handicapped individuals. The obtained results in the research show that the majority of the primary and secondary school buildings in the Karabük provincial center of affiliated to the National Education are not suitable for the accessibility of the disabled individuals.

Keywords: Motor disability, Disables accessibility, Disability regulation, Karabük province education buildings

1. Giriş

Engellilik kavramının tanımlanmasında literatürde pek çok tanımla karşılaşılmaktadır. Bu terminolojideki bu farklı tanımlamaların sebepleri, engelliğin toplumun geniş bir kesimini ilgilendiren bir olgu olmasıdır. Engellilik; özürlü, sakat, malul ve engelli gibi terimlerle farklı kurum ve kuruluşlar tarafından çeşitli şekillerde tanımlanmaktadır. Bu tanımlamalardan bazılarını aşağıda gibi özetlemek mümkündür:

Türk Dil Kurumu büyük Türkçe sözlüğüne göre engelli; vücudunda eksik veya kusuru olan birey engelli olarak tanımlanmıştır [1].

Türk Standartları Enstitüsü (TSE)'ne göre engellilik; özründen dolayı yaş, cinsiyet, sosyal ve kültürel faktörler açısından kişinin toplumsal rollerini yerine getirmesinin kısıtlanması, yani engellenmesi durumu olarak tanımlanmaktadır [2].

Engelliler Kanununa göre engellilik; doğuştan veya sonradan herhangi bir nedenle bedensel, zihinsel, ruhsal, duyuşsal ve sosyal yeteneklerini çeşitli derecelerde kaybetmesi nedeniyle toplumsal yaşama uyum sağlama ve günlük gereksinimlerini karşılama güçlükleri olan ve korunma, bakım, rehabilitasyon, danışmanlık ve destek hizmetlerine ihtiyaç duyan kişi olarak tanımlanmaktadır [3].

Milli Eğitim Bakanlığına göre ise engellilik; bireyin yetersizliği nedeniyle yaşadığı sürece, yaş, cins, sosyal ve kültürel farklılıklara

bağlı olarak oynaması gereken rolleri gereği gibi oynayamaması durumu olarak tanımlanmaktadır [4].

Yukarıdaki tanımlamalardan da anlaşılacağı üzere engelliğin doğuştan ve/veya sonradan oluşabileceği; bu durumun bireyde bedensel, ruhsal, duyuşsal ve sosyal olmak üzere dört farklı engel grubu oluşturabileceği belirtilmiştir. Diğer taraftan, engelli bireye günlük ihtiyaçlarını karşılama bakım, korunma, rehabilitasyon, danışmanlık ve destek hizmetlerinin sunulması gerektiği vurgulanmıştır.

Ülke geneline bakıldığında, Türkiye'de engelli bireylerin oranı engelsiz bireylere göre daha düşük olduğundan fiziksel mekânların tasarımı genellikle engelsiz bireyler dikkate alınarak yapılmaktadır. Ayrıca ülkemizde engelli bireyler için mevcut fiziksel mekânlara ulaşılabilirlik noktasında uygulanan tasarımların çoğu maalesef sadece yasal zorunlulukları yerine getirmek amacıyla sağlıklı bir şekilde yapılmadığı görülmektedir [5]. Ancak bu durumun ulaşılabilirlik ve/veya işlevsellik açısından bakıldığında maalesef yetersiz kaldığı görülmektedir. Bununla beraber engelli bireyler de engelsiz bireyler gibi sosyal hayatın her alanında (aynı konutta, aynı kamusal alanlarda, aynı okullarda, aynı sağlık birimlerinde, aynı spor tesislerinde, aynı iş yerlerinde, aynı marketlerde, aynı alışveriş merkezlerinde, aynı sinemalarda, aynı tiyatrolarda, aynı sergi salonlarında vb.) yer almaktadır. Bu durum engelli bireylerin de bu toplumun ayrılmaz bir parçası olduğunu ve engelsiz bireyler gibi sosyal yaşama katıldığını göstermektedir. Diğer taraftan örneğin tekerlekli sandalyeli engelli bir birey kamu binaları da dahil olmak üzere maalesef birçok binanın sadece zemin katına girebilmektedir.

Diğer bir ifadeyle, çoğu kamu binalarının; adliyelerin, valiliklerin, kaymakamlıkların, belediyelerin, hastanelerin, nüfus müdürlüklerinin, vergi dairelerinin, kütüphanelerin, okulların ve üniversitelerin çoğunda engelli rampası ve asansörü dahi bulunmamaktadır.

Türkiye’de yasalarla her bireyin eğitim alma hakkı eşit olmasına rağmen, engelli bireylerin diğer bireylere göre bu konuda büyük sorunlarla karşılaştığı görülmektedir [6]. Bunun temel nedenlerinin başında eğitim yapılarının engelli kullanıcıların ihtiyaçlarına göre tasarlanmaması gelmektedir. Sadece bu sebeple birçok engelli bireyin maalesef eğitim hakkından mahrum kalmak zorunda kaldığı görülmektedir. Ancak eğitim yapıları hem engelli bireyleri hem de engelsiz bireylerin ortak kullanmak durumunda oldukları mekanlardan birisidir. Durum böyle olunca engelli bireylerin eğitim olanaklarından maksimum derecede faydalanabilecekleri biçimde, yeni yapılacak eğitim yapılarının belirli tasarım prensipleri ışığında tasarlanmaları ve mevcut eğitim yapılarında ise birtakım mimari düzenlemeler yapılarak, bu yapıların elverişli duruma getirilmeleri gerekmektedir. Diğer taraftan bu tür düzenlemelerle aynı zamanda, engelli olmayan bireyler için de daha kaliteli ve daha düzenli mekanların oluşturulmasına da katkı sağlanacaktır.

Bu çalışmada, Karabük İl Millî Eğitim Müdürlüğüne bağlı ilk ve orta öğretim okul binalarının bedensel (özellikle ortopedik) engelliler için ulaşılabilirliği incelenmektedir. Bu amaçla bu çalışma kapsamında dikkate alınan okul binalarının mevcut durumlarının kroki (planları) çıkarılmakta ve oluşturulan tip projelerden söz konusu okul binalarına engelli bireylerin ulaşılabilirliği için çözüm önerileri sunulmaktadır. Böylelikle bu çalışmanın sonuç ve önerileriyle özellikle bedensel engelli bireylerin eğitim almaları kolaylaşacak ve eğitim yapılarının oluşturulması ve/veya mevcut eğitim yapılarının asgari ölçüde uygun hale getirilmesine yönelik bir kaynak oluşturacağı düşünülmektedir.

2. Engelliliğin Sınıflandırılması

Engellilik kavramı, genellikle kaynağına ve oluşum nedenlerine göre değişik şekillerde sınıflandırılmaktadır. Türkiye’de 16.07.2006 tarih ve 26230 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren *Özürlülük Ölçütü, Sınıflandırması ve Özürlülere Verilecek Sağlık Kurulu Raporları Hakkındaki Yönetmeliğine* göre, engellilere ilişkin sınıflandırma sistemi olarak; Dünya Sağlık Örgütü tarafından sağlıkla ilgili durumların tanımlanması için ortak bir dil ve çerçeve oluşturmak amacıyla geliştirilen ve insanın işlevselliği ve kısıtlılıklarla ilgili durumlarının tanımlanmasını sağlayan çok kapsamlı uluslararası bir sınıflandırma sistemi esas alınmaktadır [7]. Buna göre engelliliğin sınıflandırılmasını aşağıdaki şekilde yapmak mümkündür:

- 1) Bedensel Engelliler
 - Ortopedik (Fiziksel) Engelliler
 - ❖ Kas bozuklukları ve/veya yetersizlikleri,
 - ❖ İskelet sistemindeki yetersizlik ve/veya eksiklikler,
 - ❖ İskelet bozuklukları,
 - ❖ Eklem bozuklukları ve hastalıkları,
 - ❖ Sinir sistemindeki bozukluklar ve/veya yetersizlikleri,
 - ❖ Hareketsel bozukluklar ve/veya yetersizlikleri,
 - Beyin ve omurilik engelliler
 - İç organ engelliler
 - Herhangi bir maddeye karşı duyarlı engelliler
- 2) Görme Engelliler
- 3) İşitme Engelliler
- 4) Dil ve Konuşma Engelliler
- 5) Zihinsel Engelliler
- 6) Kronik Hastalığı Olanlar
- 7) Diğer Engelliler
 - Kalıcı rahatsızlıkları nedeniyle sürekli bakım ve tedaviye ihtiyaç duyanlar,
 - Yaşlılar,
 - Hamileler,
 - Geçici engelliler,

Yukarıda yapılan bu sınıflandırmada da görüldüğü gibi, kronik ve/veya geçici hastalıklar sonucu hareketleri yetenekleri azalmış olan bireyler de engelli olarak tanımlanmaktadır. Kısacası bedensel

veya ruhsal bütünlüğünü, geçici veya sürekli olarak doğuştan ve/veya yaşlılık gibi nedenlerle azalmış olan ve yaşadığı ortamın gerekleriyle uyşamayan bireyler “engelli” olarak ifade edilebilir.

Türkiye’de ortopedik engelliler ile ilgili ilk resmi tanım 1962 yılında Özel Eğitime Muhtaç Çocuklar yönetmeliğinde yapılmıştır. Bu yönetmelikteki tanıma göre ortopedik engelli; kemik ve mafsalların şekil ve yapısında özür bulunan veya adale (kas) gücü gelişim ve koordinasyonu ya da kontrolünde inhiraflar gösteren birey olarak tanımlanmıştır [8].

Ülkemizde Millî Eğitim Bakanlığı tarafından da kabul edilen Dünya Sağlık Örgütüne göre ortopedik engelli çocuk; iskelet, sinir sistemi, kas ve eklemlerindeki bozukluk ve sakatlık nedeniyle eğitim ve öğretim çalışmalarından yeterli ölçüde yararlanamayan olarak tanımlanmaktadır [9].

Daha kapsamlı olarak ortopedik engelliliği; doğuştan veya doğum sırasında ve doğum sonrasında herhangi bir kaza ya da hastalık sonucu iskelet, kas, eklem ve sinir sisteminde özür (arıza) meydana gelmesi sonucu normal yaşam faaliyetlerini gerçekleştiremeyecek ölçüde fiziksel yetersizliğe veya eksikliğe sahip olan bireyler şeklinde tanımlamak mümkündür.

Bu çalışmada incelenen bedensel engellilere, “*özellikle ortopedik engellilere*” yönelik mekan tasarımında dikkat edilmesi gereken başlıca tasarım ilkelerini aşağıdaki gibi özetlemek mümkündür:

- Rahat ve emniyetli ulaşılabilirlik,
- İşlevsellik,
- Kolay ve konforlu hareket edebilirlik,
- Güvenlik,
- Mekânsal donanımların yoğunluğu, konumu ve boyutları,
- Doğal ve mimari çevreye uyum,
- Mekânsal yönlendirmeler,
- Kullanılacak malzemelerin renk ve doku özellikleri,
- Yörenin iklimine uygunluktur.

3. Ulaşılabilirlik

Ulaşılabilirlik, farklı mekânlara ve binalara nasıl ve hangi şartlar altında erişebileceği ifade etmektedir. Bu nedenle kurum ve kuruluşların mimari tasarımı ulaşılabilirlik açısından engelli bireyleri de kapsayacak şekilde düzenlenmesi gerekmektedir. Özellikle fiziksel engelli bireylerin farklı boyuttaki hareket kabiliyetlerindeki kısıtlılıklarından dolayı ortaya çıkabilecek ulaşılabilirlik problemlerine karşı, mimarlar, iç mimarlar, şehir planlamacıları ve inşaat mühendislerinin uygun projeler yapmaları gerekmektedir.

4. Karabük İli Kent Merkezindeki Millî Eğitime Bağlı İlk Ve Orta Öğretim Okul Binalarının Durumları

5378 sayılı Özürlüler ve bazı kanun ve kanun hükmünde karamelerde değişiklik yapılması hakkındaki kanunda eğitim hakkı düzenlemiş ve engelli olmayanlarla eşit eğitim imkanı sağlanması gerektiği belirtilmiştir. Böylelikle engelli bireylerin kendi yaşlarıyla birlikte eğitim alması hedeflenmiştir [5].

Temel eğitimin bir hak olduğu dolayısıyla da bu haktan bütün bireylerin (eğitim çağındaki çocukların) faydalanması gerektiği düşüncesi bu çalışmasının ana temasını oluşturmaktadır. Bu nedenle, özellikle bedensel, engelli çocukların engelli olmayan çocuklarla birlikte eğitim binalarında herhangi bir engelle karşılaşmadan temel eğitimlerinin alınmasını sağlanması gerekmektedir. Bu çalışmasıyla bedensel engelli çocukların erişilecek ve/veya yapılacak tasarımlarla diğer çocuklarla birlikte eşit şartlarda eğitim görmesi sağlamak ve okul binaları ile ilgili gerekli bilgileri toplayarak bazı hususlara dikkat çekmek hedeflenmektedir. Böylelikle bedensel engelli çocukların toplumsal yaşama tam ve eşit katılımı desteklenmiş olacaktır. Bu amaçla araştırma alanındaki okul binalarındaki özellikle bedensel engelli çocukların ulaşılabilirliği noktasındaki sorunlar tasarım ilkeleri ve engelli bireylerin kullanımına yönelik standartlar bakımından irdelenerek uygun çözüm önerileri getirilmeye çalışılmıştır.

Bu bölümde öncelikle Karabük İli kent merkezindeki Milli Eğitime bağlı ilk ve orta öğretim okul binalarının mevcut durumlarının krokileri çizilmiştir. Daha sonra inceleme alanındaki söz konusu okul binalarındaki bedensel engelli bireylerin ihtiyaçlarına cevap verebilecek fiziksel mekân ve elemanları başta "TS 9111 Özürlü İnsanların İkamet Edeceği Binaların Düzenlenmesi Kuralları" standardı olmak üzere çeşitli kurum ve

kuruluşlar tarafından yayımlanmış olan standartlar göz önünde alınarak değerlendirilmiştir. Bu şekilde söz konusu eğitim binalarının erişebilirlik düzeyleri belirlenmeye çalışılmıştır. Aşağıda Karabük İli kent merkezindeki Milli Eğitime Bağlı İlk ve Orta Öğretim okul binalarının mevcut durumunun krokileri çizelgeler şeklinde verilmektedir.

Çizelge 1. Aydınlıkver İlkokulu ve Şehit Alican Öztürk İmam Hatip Ortaokulu Kat Planları

4. Kat		Asansörler
3. Kat		Koridorlar İç merdivenler
2. Kat		Dış merdivenler
1. Kat		Rampalar
Zemin Kat		İdari mekanlar Islak mekanlar
Bodrum Kat		İdari mekanlar

Çizelge 2. Beşbinevler Ömer Lütfü Özyataç ilkokulu kat planları

3. Kat		Asansörler Koridorlar
2. Kat		İç merdivenler
1. Kat		İdari mekanlar Islak mekanlar
Zemin Kat		İdari mekanlar Islak mekanlar

Çizelge 3. Demir Çelik ilkokulu kat planları

Zemin Kat		Koridorlar Dış merdivenler
		İdari mekanlar

Çizelge 4. Demir Çelik 50.Yıl ilkokulu kat planları

1. Kat		
Zemin Kat		

Çizelge 5. Fevzi Çakmak, Kurtuluş ve Şehit Adem Yavru ilkokullar ve Fazlı Yeşilyurt ortaokulu kat planları

3. Kat		
2. Kat		
1. Kat		
Zemin Kat		
Bodrum Kat		

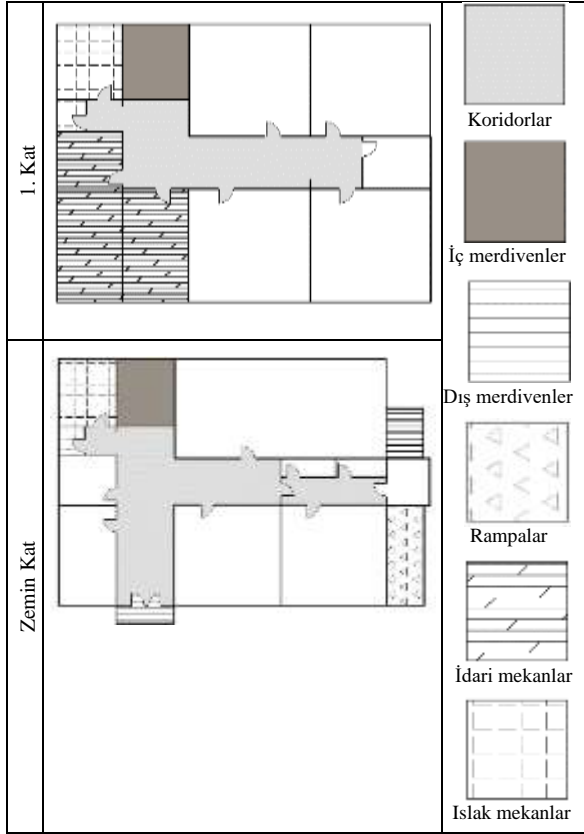
Çizelge 6. Gazi Mustafa Kemal ilkokulu kat planları

3. Kat		
2. Kat		
1. Kat		
Zemin Kat		

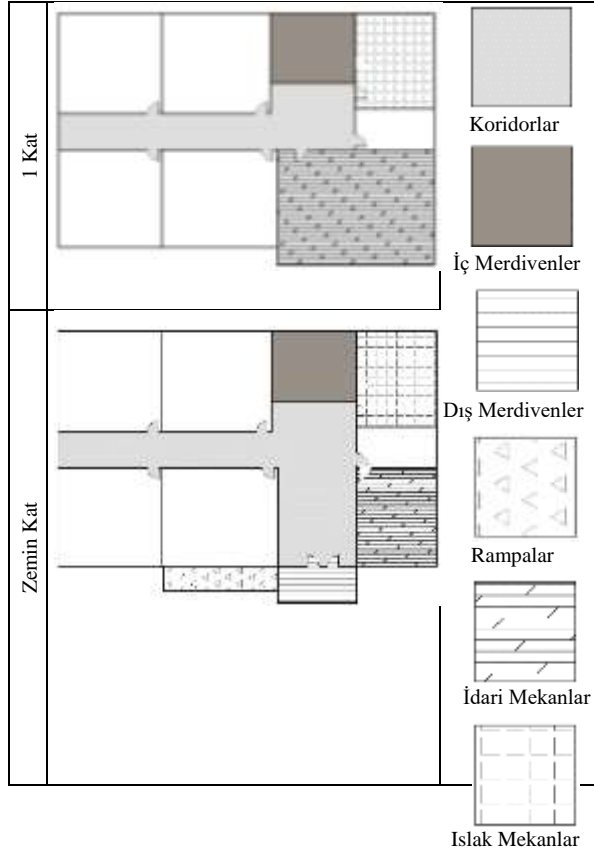
Çizelge 7. Mehmet Akif ilkokulu, Beşbin Evler Şehit Cevdet Çay ve Çelik İş ortaokulları ve Öğlebeli Şehit Nazif Topsakal ilkokulu/Öğlebeli Osman Gazi ortaokulu kat planları

1. Kat		
Zemin Kat		

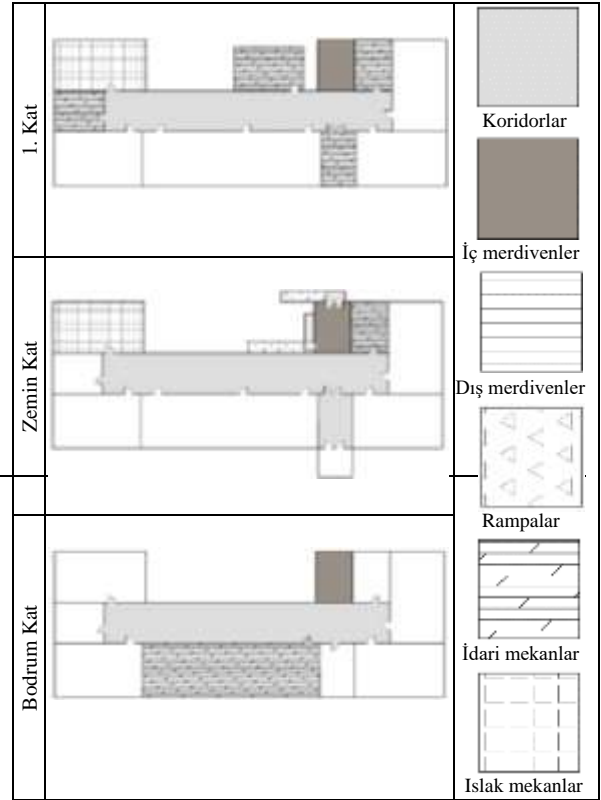
Çizelge 8. Namık Kemal ilkokulu ve Kurtuluş İmam Hatip ortaokulu kat planları



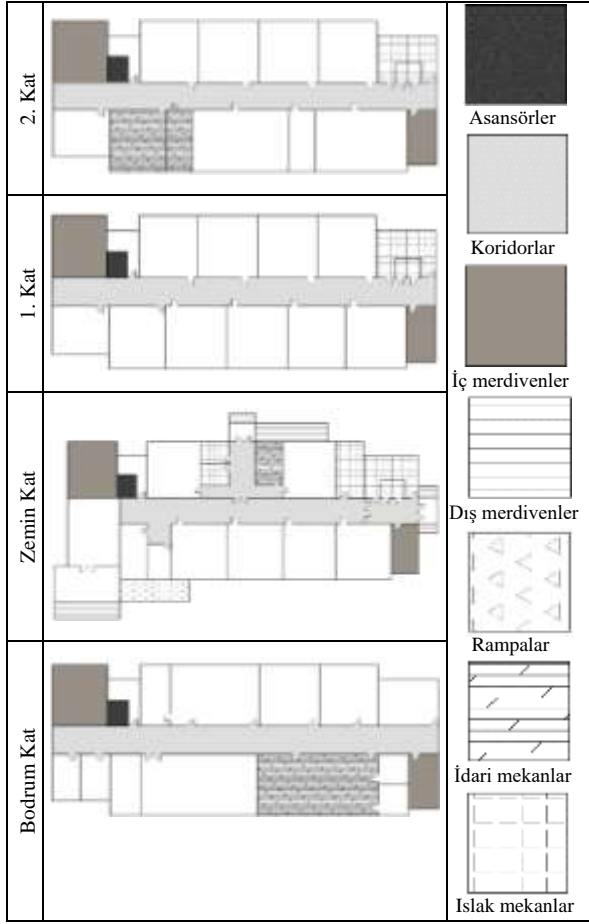
Çizelge 9. Şehit Mehmet Dinçel ilkokulu kat planları.



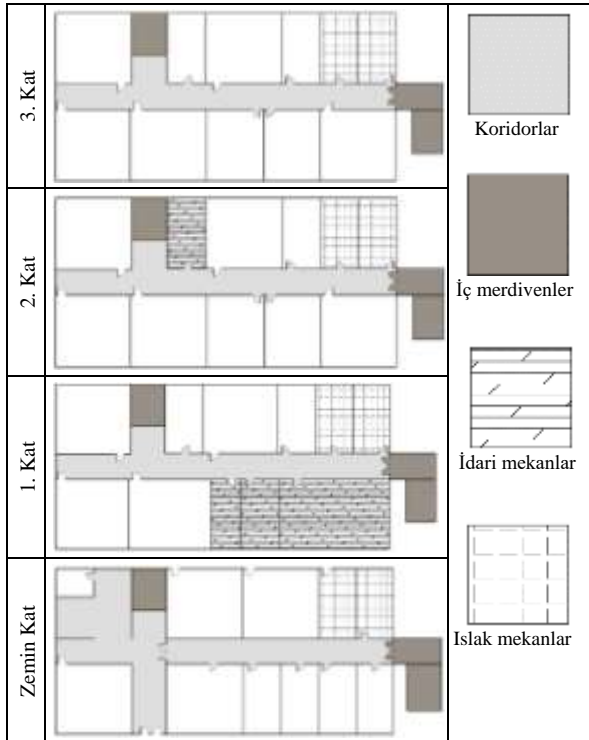
Çizelge 10. Şehit Metin Arslan ilkokulu kat planları



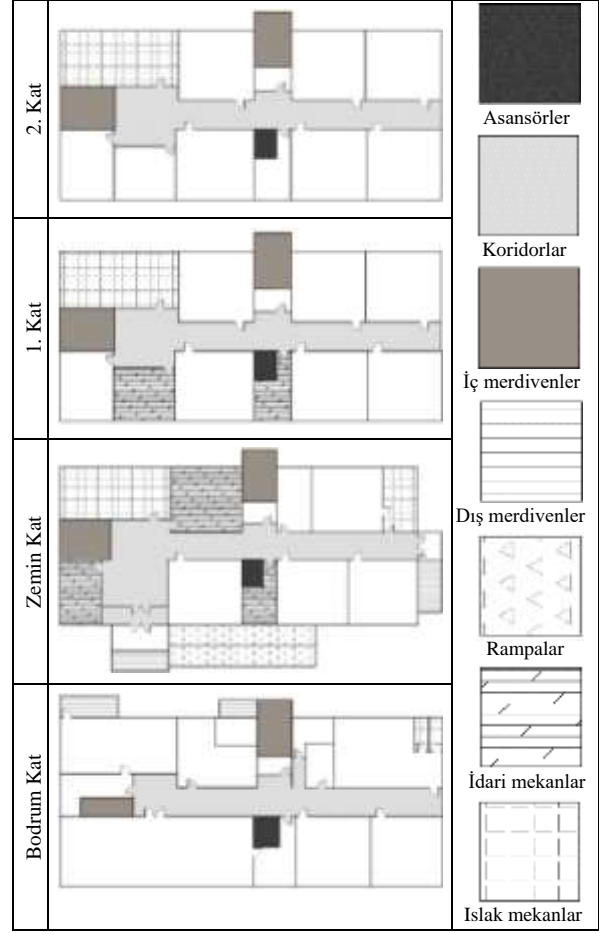
Çizelge 11. Şehit Nurettin Seki ilkokulu, Mimar Sinan ve Yavuz Sultan Selim ortaokulları ve Anayasa ilk / orta okulu kat planları



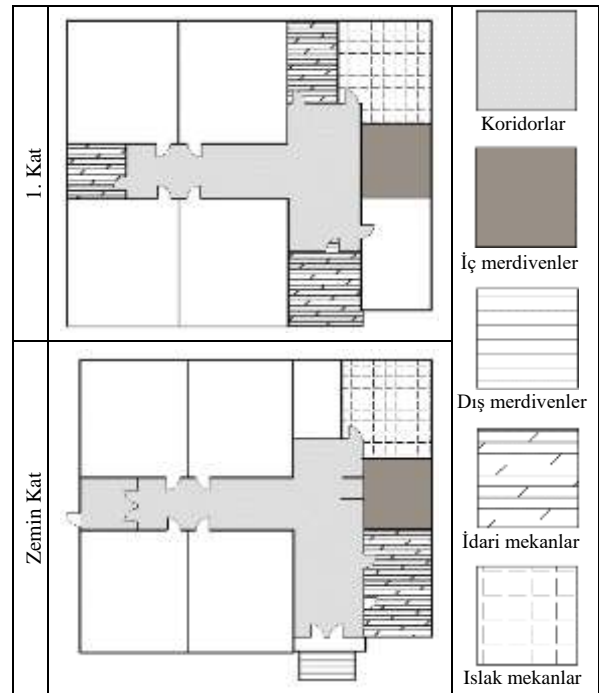
Çizelge 12. Şehit Şendoğan Topçu ilkokulu ve Esentepe ortaokulu kat planları



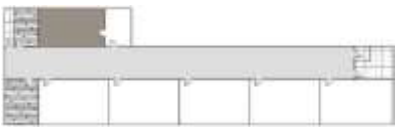

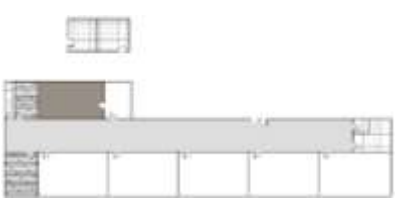



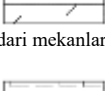

Çizelge 13. Şirinevler ilkokulu kat planları



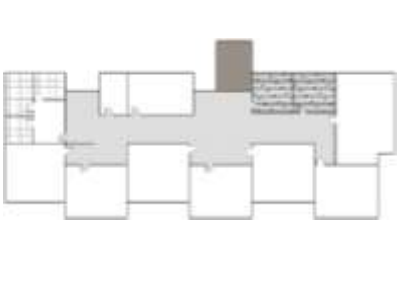
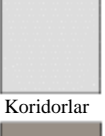

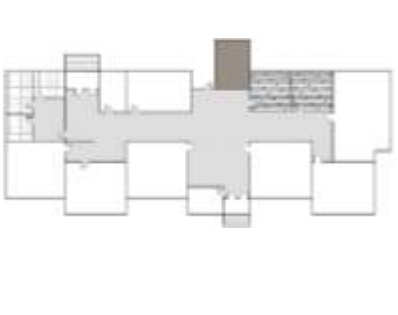
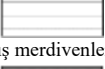


Çizelge 14. Aydınlık Evler ortaokulu kat planları



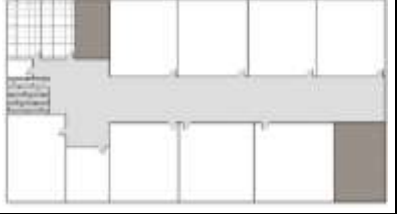

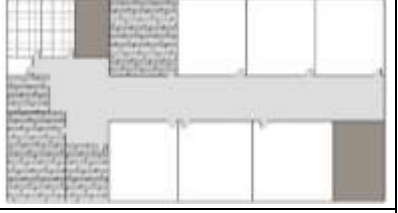
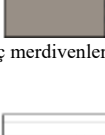


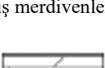
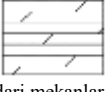


Çizelge 15. Cumhuriyet ortaokulu kat planları

1. Kat		
Zemin Kat		 
Bodrum Kat		 

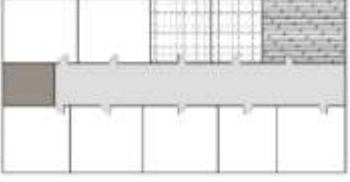

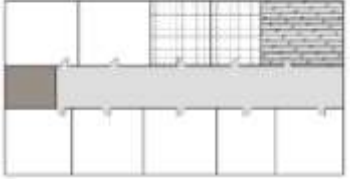

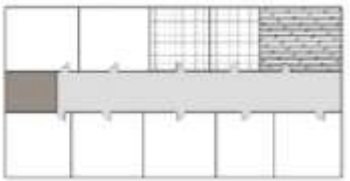

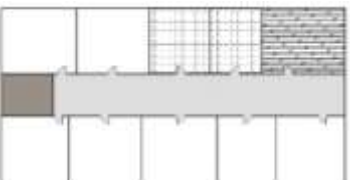

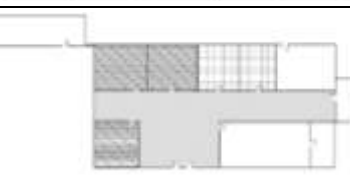
Çizelge 16. Fevzi Çakmak ortaokulu / Fevzi Çakmak İmam Hatip ortaokulu kat planları

1. Kat		 
Zemin Kat		  



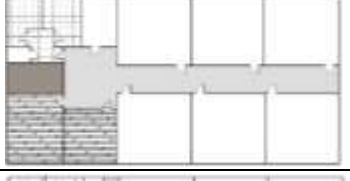
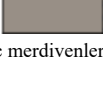

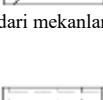

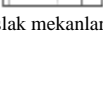
Çizelge 17. Kazım Karabekir İmam Hatip ortaokulu kat planları

3. Kat		
2. Kat		 
1. Kat		 
Zemin Kat		









Çizelge 18. Mevlana İmam Hatip ortaokulu kat planları

4. Kat		 Koridorlar
3. Kat		 İç merdivenler
2. Kat		 İdari mekanlar
1. Kat		 Islak mekanlar
Zemin Kat		






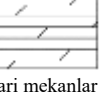



Çizelge 19. Şehit Ercan Hırçın ortaokulu ve Kıymet ve Mustafa Yazıcı Anadolu lisesinin kat planları.

2. Kat		 Koridorlar
1. Kat		 İç merdivenler
Zemin Kat		 İdari mekanlar
Bodrum Kat		 Islak mekanlar

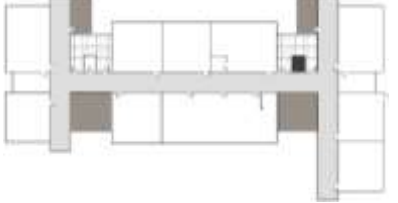

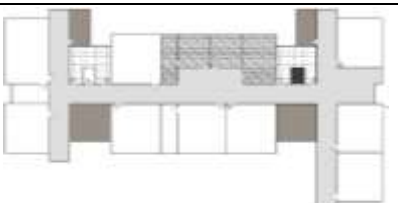
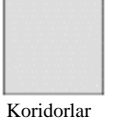
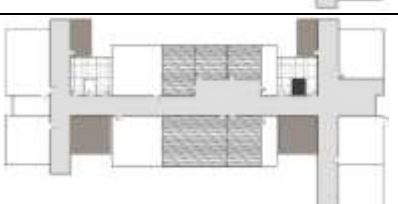
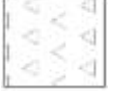
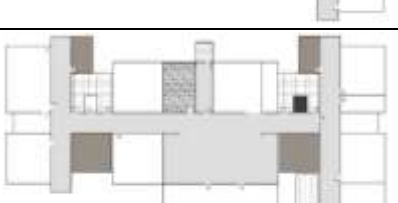

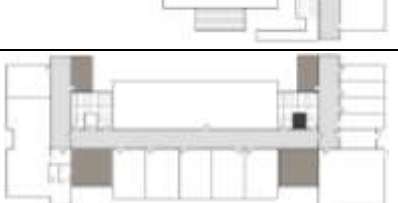
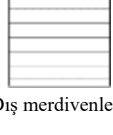


Çizelge 20. Soğuksu ortaokulu kat planları.

1. Kat		 Koridorlar
Zemin Kat		 İç merdivenler
		 İdari mekanlar
		 Islak mekanlar

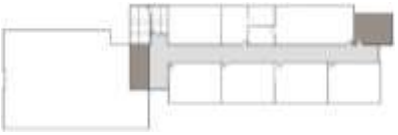
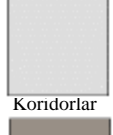
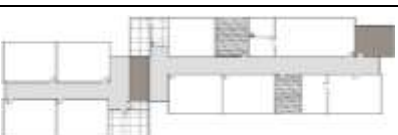
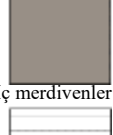
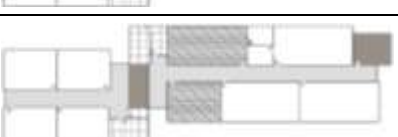

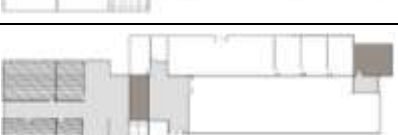


Çizelge 21. 75. Yıl Karabük Anadolu, Karabük Anadolu İmam Hatip, Karabük Mesleki ve Teknik Anadolu ve Prof. Dr. Süheyl Ünver Mesleki ve Teknik Anadolu liselerinin kat planları

3. Kat		 Koridorlar
2. Kat		 İç merdivenler
1. Kat		 İdari mekanlar
Zemin Kat		 Islak mekanlar
Bodrum Kat		

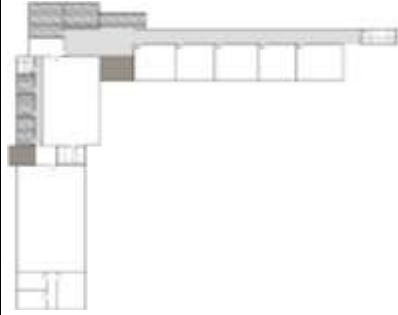

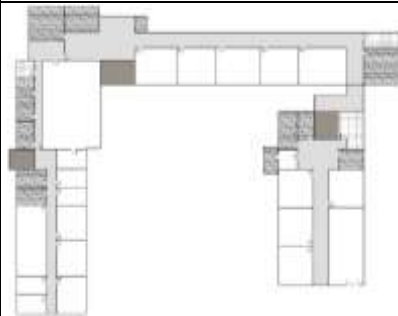

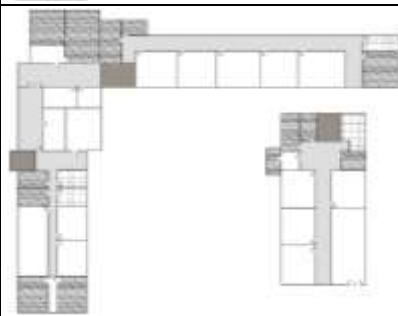


Çizelge 22. Alparslan Gazi Anadolu lisesinin kat planları

3. Kat			Asansörler
2. Kat			Koridorlar
1. Kat			Rampalar
Zemin Kat			İç merdivenler
Bodrum Kat			Dış merdivenler
			İdari mekanlar
			Islak mekanlar

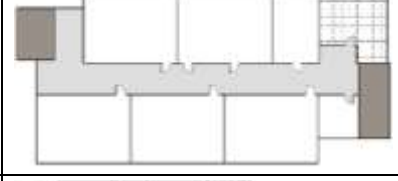

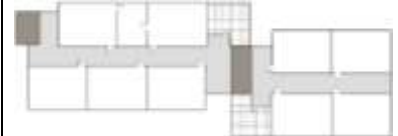

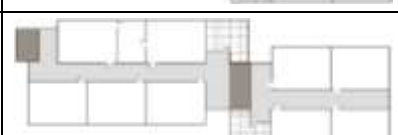
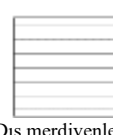
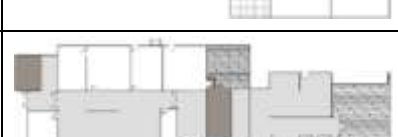

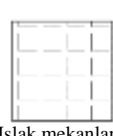
Çizelge 23. Cumhuriyet Anadolu lisesi ve Kapullu Vali Nafiz Kayalı ilkökulu / Kapullu Ertuğrul Gazi ortaokulunun kat planları

3. Kat			Koridorlar
2. Kat			İç merdivenler
1. Kat			Dış merdivenler
Zemin Kat			İdari mekanlar
			Islak mekanlar

Çizelge 24. Demir Çelik Anadolu lisesinin kat planları

2. Kat			Koridorlar
1. Kat			İç merdivenler
Zemin Kat			İdari mekanlar
			Islak mekanlar

Çizelge 25. Fevzi Çakmak Anadolu lisesinin kat planları

3. Kat			Koridorlar
2. Kat			İç merdivenler
1. Kat			Dış merdivenler
Zemin Kat			İdari mekanlar
			Islak mekanlar

Çizelge 26. Karabük Mehmet Vergili Fen lisesinin kat planları

3. Kat		Asansörler
2. Kat		Koridorlar İç merdivenler
1. Kat		Dış merdivenler Rampalar
Zemin Kat		İdari mekanlar Islak mekanlar
Bodrum Kat		Islak mekanlar

Çizelge 27. Necip Fazıl Kısakürek Mesleki ve Teknik Anadolu lisesinin kat planları

3. Kat		Koridorlar
2. Kat		İç merdivenler
1. Kat		İdari mekanlar
Zemin Kat		Islak mekanlar

Çizelge 28. Vakıfbank Zübeyde Hanım Anadolu lisesinin kat planları

3. Kat		Asansörler
2. Kat		Koridorlar İç merdivenler
1. Kat		Dış merdivenler Rampalar
Zemin Kat		İdari mekanlar Islak mekanlar
Bodrum Kat		Islak mekanlar

Çizelge 29. Yahya Kemal Beyatlı Mesleki ve Teknik Anadolu lisesinin kat planları

3. Kat		
2. Kat		
1. Kat		
Zemin Kat		

Çizelge 30. Cumayanı ilk / Yıldırım Beyazıt orta / İmam Hatip ortaokulları kat planları

2. Kat		
1. Kat		
Zemin Kat		
Bodrum Kat		

Çizelge 31. Fatih Sultan Mehmet ilk/orta/İmam Hatip orta okulları kat planları

3. Kat		Asansörler
2. Kat		Koridorlar
1. Kat		İç merdivenler
Zemin Kat		Dış merdivenler
Bodrum Kat		Rampalar
		İdari mekanlar
		Islak mekanlar

Çizelge 32. Kartaltepe ilkokulu / ortaokulu kat planları

2. Kat		Koridorlar
1. Kat		İç merdivenler
Zemin Kat		Dış merdivenler
Bodrum Kat		Rampalar
		İdari mekanlar
		Islak mekanlar

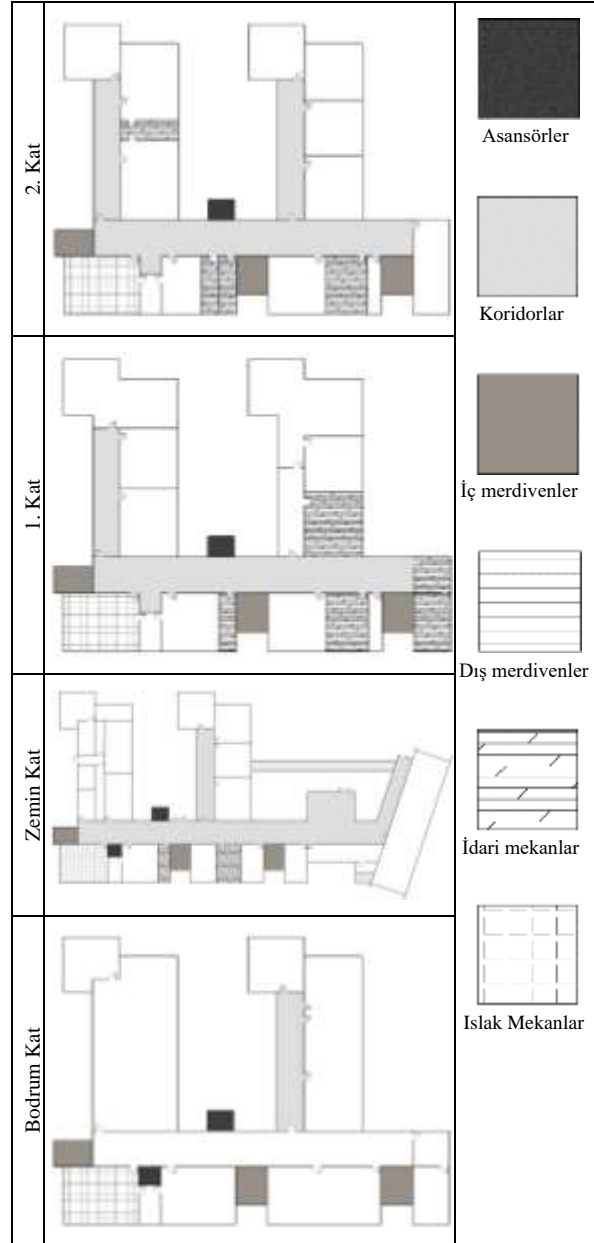
Çizelge 33. Kayabaşı ilkokulu / ortaokulu kat planları

3. Kat		
2. Kat		
1. Kat		
Zemin Kat		
Bodrum Kat		

Çizelge 34. Toki Cevizkent Bahaddin Gazi ilkokulu / ortaokulu kat planları

3. Kat		
2. Kat		
1. Kat		
Zemin Kat		
B1. Kat		
B2. Kat		
B3. Kat		

Çizelge 35. Yunus Emre ilkokulu / ortaokulu kat planları



Bu krokilerden çıkan sonuçlara göre, engelsiz erişim açısından, okul binalarındaki yapı elemanlarının durumu ve TSE-9111 Standardına göre mevcut yapı öğelerinin uygunluğu Çizelge 36'da özetlenmektedir. Bu çizelgede de görüldüğü gibi, çalışma alanındaki okul binalarının çoğunda engellilerin kullanabileceği asansör bulunmamaktadır. Diğer ifadeyle okul binalarının çoğunda engelli bireylerin erişebilirliği bakımından önemli problemlerin

olduğu ve çoğu okul binasının ekonomik ömrünü tamamladığı görülmektedir.

Burada Çizelge 36'daki TSE-9111 Standardı'na göre okul binalarındaki merdiven genişliğinin çift yönlü, okul binalarının ana girişlerindeki rampa genişliğinin tek yönlü ve asansörlerin boyutlarının ise net genişlik olarak dikkate alındığını belirtmek uygun olacaktır.

Çizelge 36. Engelli bireylerin ulaşılabilirliği için Karabük merkezindeki okul binalarındaki yapı öğelerinin durumu ve TSE-9111 standardına göre mevcut yapı öğelerinin uygunluğu

Okul Tipi	Okul Binaları	Yapım Yılı	Bina girişleri için rampa	Binadaki merdivenler	Binadaki asansörler	Bina girişleri için rampa	Binadaki merdivenler	Binadaki asansörler
						Standartı 90cm	Standartı 180cm	Standartı 110x140cm
Tip 1	Aydınlıkevler ilkokulu Şehit Alican Öztürk İmam Hatip ortaokulu	2008 2016	✓	✓	✓	130	150	185x235
Tip 2	Beşbinevler Ömer Lütfü Özyataç ilkokulu	1976	X	✓	✓	Yok	180	170x225
Tip 3	Demir Çelik ilkokulu	1955	X	X	X	Yok	Yok	Yok
Tip 4	Demir Çelik 50. Yıl ilkokulu	1973	X	X	X	Yok	145	Yok

Çizelge 36. Engelli bireylerin ulaşılabilirliği için Karabük merkezindeki okul binalarındaki yapı öğelerinin durumu ve TSE-9111 standardına göre mevcut yapı öğelerinin uygunluğu (Devam)

Tip 5	Fevzi Çakmak ilkokulu Kurtuluş ilkokulu Şehit Adem Yavru ilkokulu Fazlı Yeşilyurt ortaokulu	2006 2009 2007 2009	✓	✓	✓	100	200	140x180
Tip 6	Gazi Mustafa Kemal ilkokulu	2010	✓	✓	✓	80	150	230x150
Tip 7	Mehmet Akif ilkokulu Beşbin Evler Şehit Cevdet Çay ortaokulu Çelik İş ortaokulu Öğlebeli Şehit Nazif Topsakal ilk / Osman Gazi orta okulları	1977 1976 1976 2002	X	✓	X	Yok	155	Yok
Tip 8	Namık Kemal ilkokulu Kurtuluş İmam Hatip ortaokulu	2010 2015	✓	✓	X	200	180	Yok
Tip 9	Şehit Mehmet Dinçel ilkokulu	2002	✓	✓	X	120	155	Yok
Tip 10	Şehit Metin Arslan ilkokulu	1957	✓	✓	X	100	180	Yok
Tip 11	Şehit Nurettin Seki ilkokulu Mimar Sinan ortaokulu Yavuz Sultan Selim ortaokulu Anayasa ilk / orta okulları	2005 2007 2005 2005	✓	✓	✓	150	290	200x210
Tip 12	Şehit Şendoğan Topçu ilkokulu Esentepe ortaokulu	1984 1984	X	✓	X	Yok	175	Yok
Tip 13	Şirinevler ilkokulu	2000	✓	✓	✓	140	185	185x200
Tip 14	Aydınlık Evler ortaokulu	1993	X	✓	X	Yok	150	Yok
Tip 15	Cumhuriyet ortaokulu	1953	X	✓	X	Yok	170	Yok
Tip 16	Fevzi Çakmak ortaokulu / İmam Hatip ortaokulu	1966	X	✓	X	100	180	Yok
Tip 17	Kazım Karabekir İmam Hatip ortaokulu	1995	X	✓	X	Yok	155	Yok
Tip 18	Mevlana İmam Hatip ortaokulu	1994	X	✓	X	Yok	180	Yok
Tip 19	Şehit Ercan Hırçın ortaokulu Kıymet ve Mustafa Yazıcı Anadolu lisesi	1992 2006	X	✓	X	Yok	125	Yok
Tip 20	Soğuksu ortaokulu	1964	X	✓	X	Yok	250	Yok
Tip 21	75. Yıl Karabük Anadolu lisesi Karabük Anadolu İmam Hatip lisesi Karabük Mesleki ve Teknik Anadolu lisesi Prof. Dr. Süheyl Ünver Mesleki Teknik Anadolu lisesi	1999 1979 1975 1992	X	✓	X	Yok	325	Yok
Tip 22	Alparslan Gazi Anadolu lisesi	2008	✓	✓	✓	150	270	180x230
Tip 23	Cumhuriyet Anadolu lisesi Kapullu Vali Nafiz Kayalı ilk / Kapullu Ertuğrul Gazi orta okulları	1990 2002	X	✓	X	Yok	280	Yok
Tip 24	Demir Çelik Anadolu lisesi	2000	X	✓	X	Yok	175	Yok
Tip 25	Fevzi Çakmak Anadolu lisesi	1969	X	✓	X	Yok	270	Yok
Tip 26	Karabük Mehmet Vergili Fen lisesi	2008	✓	✓	✓	150	275	180x230
Tip 27	Necip Fazıl Kısakürek Mesleki-Teknik Anadolu lisesi	1975	X	✓	X	Yok	340	Yok
Tip 28	Vakıfbank Zübeyde Hanım Anadolu lisesi	2007	✓	✓	✓	150	290	200x210
Tip 29	Yahya Kemal Beyatlı Mesleki-Teknik Anadolu lisesi	1975	X	✓	X	Yok	140	Yok
Tip 30	Cumayanı ilk / orta / İmam Hatip orta okulları	2006	✓	✓	✓	140	190	185x200
Tip 31	Fatih Sultan Mehmet ilk / orta / İmam Hatip orta okulları	2007	✓	✓	✓	110	200	260x255
Tip 32	Kartaltepe ilkokulu / ortaokulu	1988	✓	✓	X	100	150	Yok
Tip 33	Kayabaşı ilkokulu / ortaokulu	2016	✓	✓	✓	120	195	165x175
Tip 34	Toki Cevizkent Bahaddin Gazi ilk / orta okulları	2010	✓	✓	✓	170	185	210x230
Tip 35	Yunus Emre ilkokulu / ortaokulu	1999	X	✓	✓	Yok	150	160x185

5. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada engellilere yönelik tasarım prensipleri ve gerekli mekânsal ölçüleri dikkate alınarak bedensel engelli bireyler için Karabük İl Millî Eğitim Müdürlüğüne bağlı ilk ve orta öğretim okul binalarının engelliler için ulaşılabilirliği incelenmiştir. Çalışma alanındaki bedensel engelli bireylerin söz konusu okul binalarına ulaşılabilirliği konusunda çözüm önerileri sunduğumuz bu

çalışmadan elde edilebilen başlıca sonuç ve öneriler aşağıda özetlenmektedir:

- Karabük İl Millî Eğitim Müdürlüğü'ne bağlı ilk ve orta öğretim okul binalarının birçoğunda, ana girişlerindeki kapılar ve merdivenlerin engelli bireylere uygun olarak düzenlenmediği görülmektedir. Bu durum uygun rampalar ve/veya mekanik

düzenlemelerle ortadan kaldırılabılır. Ayrıca merdivenli olan tüm ana girişlere uygun rampalar yapılmalı ve okullardaki mevcut merdivenlerin uygun olmayanlar rıht ve basamak ölçüleri düzeltilmelidir.

- Düşey sirkülasyonda engelli asansörleri ve/veya rampalara ilave olarak merdiven yanı taşıma platformları gibi teknolojik araçlar kullanmak mümkündür. Karabük merkezindeki bazı okul binalarında asansör ve rampa bulunmakla beraber engellilerin ulaşılabilirliği için güncel teknolojik araçlardan alternatif çözümlerin dikkate alınmasının yararlı olacağı düşünülmektedir.
- Son dönemlerde bazı yeni düzenlemeler yapılmakla beraber yerel yönetimlerin tasarım aşamasında engelli bireylere yönelik bazı tasarım ilkelerinin projelere dahil ettirilmesi zorunluluğunu getirmesi, aksi halde yapı yapma izni (ruhsat) verilmemesi şeklinde bir kontrol mekanizmasının geliştirilmesinin yararlı olacağı düşünülmektedir.
- Engelli bireylerin hareketlerinin rahatlıkla/kolayca sağlandığı binalar ve/veya tasarımların ödüllendirilmesinin daha konforlu mekânların oluşturulmasına katkı sağlayacağı düşünülmektedir.
- Özellikle bedensel engelliler için gerçekleştirilen tasarım ilkelerinin çoğu engelli olmayan bireylerin de yaşlandıkça oluşabilecek fiziksel yetersizliklerden dolayı ihtiyaçlarını kapsayacağı unutulmamalıdır. Özetle, engelli bireylere yönelik yapılan bu tasarımların, sadece engelli bireylerin değil aynı zamanda daha geniş bir kesimin ihtiyaçlarını karşılamak için fayda sağlayacağı açıktır.

Teşekkür

Bu çalışma Karabük Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimince desteklenmiştir. Proje Kod No: KBU-BAP-14/1-YL-021.

Kaynaklar

1. TDK, Türk Dil Kurumu, <http://www.tdk.gov.tr>, 2016.
2. TS-9111, “Özürülüler ve hareket kısıtlılığı bulunan kişiler için binalarda ulaşılabilirlik gerekleri”, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara, 2011.
3. 5378 Sayılı kanun, “Engelliler hakkında kanun”, 25868 Sayılı Resmi Gazete, 2005.
4. MEB, Özel Eğitim Hizmetleri Tanıtım El Kitabı, Özel Eğitim Rehberlik ve Danışma Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Milli Eğitim Bakanlığı, 2003.
5. Ceylan, C. C., Engelsiz erişim açısından Karabük ilinde bulunan ilk ve orta öğretim okul binalarının incelenmesi, Karabük Üniversite, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Karabük, 2017.
6. Gürsoy, Ş. Ceylan, C.C. ve Turcan, Y. Accessibility Condition of Primary and Secondary School Buildings for Disabled People in the City of Karabük, J. Int. Environmental Application & Science, 12 (3): 238-243, 2017.
7. Yönetmelik, Özürülülük ölçütü, sınıflandırması ve özürülülere verilecek sağlık kurulu raporları hakkında yönetmelik, 28603 Sayılı Resmi Gazete, 2013.
8. Çağlar, D., Ortopedik özürülü çocuklar ve eğitimleri, Ankara Üniversitesi Eğitim Bilimleri Fakültesi Yayınları, 2. Baskı, No: 115, Ankara, 1982.
9. Erkan, G., Ortopedik özürülü çocukların kendini kabul düzeyi, Sakatları Koruma Milli Koordinasyon Kurulu, 1990.



Bartın Üniversitesi Mühendislik ve Teknoloji Bilimleri Dergisi



Truncation Effect on Thermal Uniformity of a Novel Compound Parabolic Involute Concentrator

Abid USTAOĞLU^{1*}, Junnosuke OKAJIMA², Umut OZBEY³, Xin-Rong(Ron.) ZHANG⁴, Shigenao MARUYAMA²

¹Department of Mechanical Engineering, Bartın University, Bartın/TURKEY

²Institute of Fluid Science, Tohoku University, Sendai/JAPAN

³Institute of Science and Technology, Bartın University, Bartın/TURKEY

⁴Department of Energy and Resources Engineering, College of Engineering, Peking University, Beijing/CHINA

Received: 20.06.2018 Revised: 26.06.2018 Accepted: 29.06.2018

Abstract

Solar concentrators have taken a significant relevance for more effective utilization of solar energy due to considerably low density of solar irradiation. Non-imaging concentrators have important advantages among solar concentrators including wider acceptance angle and no need for sun tracking system. In this study, a novel non-imaging concentrator have been evaluated for its uniform illumination on the receiving area. The uniform illumination is significantly important for a concentrator using photovoltaic system in which the non-uniform illumination decreases the power generation as non-uniform illumination may cause the undesirable temperature distribution. The novel concentrator includes a compound parabolic and involute reflector. The reflectors are covered by vacuumed tube of glass for low heat loss arrangement and protection of the surface of reflector. The concentrator was truncated for obtaining more uniform illumination on the receiver area. The system was evaluated with different incident angles for full size CPC and 20%, 37% and 50% truncated ones. 50% truncated concentrator provides a substantial reduction on material cost and eliminates the hot spots without any important reduction on performance of system.

Keywords: Solar power, Non-imaging, Compound Parabolic Concentrator, Involute Reflector, Thermal Performance, Ray Tracing; Uniformity, Truncation

Yeni bir Birleşik Parabolik İnvölüt Yoğunlaştırıcının Termal Ünlformluğunda Kesme Etkisi

Özet

Güneş yoğunlaştırıcıları, güneş ışınımının oldukça düşük yoğunlukta olmasından dolayı güneş enerjisinin daha etkin kullanımı için önemli bir yer tutmaktadır. Görüntüsüz yoğunlaştırıcılar, daha geniş kabul açısına ve güneş takip sistemine ihtiyaç duyulmayan güneş yoğunlaştırıcıları arasında önemli avantajlara sahiptir. Bu çalışmada, yeni bir görüntüsüz yoğunlaştırıcının alıcı bölgesindeki üniform aydınlatması değerlendirilmiştir. Üniform olmayan aydınlatma, istenmeyen ısı dağılımına neden olarak güç üretimini azalttığından dolayı, fotovoltaik sistemlerde kullanılan bir yoğunlaştırıcı için üniform aydınlatma çok büyük derecede önemlidir. Bu yeni yoğunlaştırıcı birleşik parabolik ve involüt bir reflektör içermektedir. Reflektörler düşük ısı kaybı düzenlemesini yapmak ve reflektör yüzeyini korumak için vakumlu cam tüp ile kaplanmıştır. Yoğunlaştırıcı, alıcı bölgesinde daha fazla üniform aydınlatma elde etmek için kesilmiştir. Sistem, tam boyutlu ve 20%, 37% ve 50% kesme oranlarına sahip CPC'ler için farklı geliş açıları ile değerlendirilmiştir. 50% kesme oranına sahip yoğunlaştırıcı, sistem performansında önemli herhangi bir azalma olmaksızın sıcaklık bölgelerinin en aza indirgenmesini ve malzeme maliyetinin büyük bir ölçüde azaltılmasını sağlamaktadır.

Anahtar Kelimeler: Güneş Enerjisi, Görüntüsüz, Birleşik Parabolik Yoğunlaştırıcı, İnvölüt Reflektör, Işın İzleme, Isıl Performans, Üniform Dağılım, Kesme

1. Introduction

Solar energy is one of the main renewable energy sources that have no negative impacts to environment. Solar energy has been used in many technologies for power generation such as photovoltaics and solar collector applications. Photovoltaics and solar collectors are absolutely promising approaches to solve energy problems in so far. Photovoltaics, as known solar cells are directly convert energy which comes from sun to electricity by means of semiconductors device and solar collectors are used for heating or generating electricity. Interest in solar concentrators at low density solar radiation have increased in recent years because of their effective utilization and applicability for higher temperature applications. The sun tracking system is required to focus all incident radiation at single-line or single point for solar concentrating collectors. Non-imaging concentrator is one of the alternative way for eliminating sun tracking system requirement. They concentrate incident radiation into a smaller area. The basis principle of the non-imaging concentrators is to reduce the necessity of point to point transfer occurs in imaging optics. Compound

parabolic concentrator (CPC) is a prototype of non-imaging concentrators which close to ideal concentrator. They can achieve highest possible concentration.

Many studies have been carried out on CPC. It was designed for collecting sun-light from Cerenkov counters by Hinterberger and Winston [1]. Non-uniform temperature distribution on receiving area may cause to very intense radiation and causes hot spots. The hot spots on the receiving area may not be desired in solar collectors [2,3]. Hot spots mostly occur for the case of incident rays that is close the acceptance angle in CPCs [4]. Moreover, it a significant problem for a non-imaging concentrator adapted to PV module. Uniformity is especially important for a hybrid CPC-photovoltaic system. Non-uniform distribution on the PV decreases the efficiency and electrical output. Brogren et al. [5] have analyzed hybrid module (CPC-PV) with respect to optical efficiency at high latitude, Alvarleby, Sweden, (60.5° N, 17.4° E). It has been indicated that non-uniform distribution on PV cell reduces the electric output.

Research has shown that specular reflectors can be used for long periods of time, but bring about the problem of non-uniform illumination [6]. Proell et al. [7] have condensed sunlight with CPC reflectors in their work to increase the thermal efficiency of PVs by achieving a high amount of solar heat temperature. As a result of the analysis, it was found that the PV efficiency decreased from 15% to 9% - 11 % in STC due to the influence of the solar concentration factor and that the main cause of the productivity losses of standard-CPC for high incident angles was non-uniform illumination of PV. S. Goma et al. [8] investigated the effect of the filling factor and non-uniform illumination on the series resistance of solar cells in 2D and 3D lenses. In PV thermal hybrids, solving the problem of non-uniform illumination has an important role in reducing the overall cost by Brogren et al. [9]. Upon light weight and uniform illumination lighting advantages, lens-walled CPCs can be used in PV and PV / T systems [10]. Li et al. [11] examined the flux distribution for a lens-walled CPC prototype, evaluated the PV performance, and performed a comparative analysis with the reflective CPC. The results of the analysis show that the lens-walled CPC has a uniform flow distribution with respect to PV, thus providing higher efficiency. Baig et al. [12] tested the performance of a CCP full of 3D dielectrics using 1 cm x 1 cm solar cells at the base. Optical efficiency and power ratio at maximum reached 73.4% and 2.67%, respectively, and that the non-uniform heat distribution for the solar batteries caused a decrease in power output. The studies show the importance of the uniform illumination on the receiving area.

The thermal efficiency of the proposed design for different truncation level was evaluated in a previous study [13]. The concentrator having a truncation of 50% performs a better performance with only 1% decrease in thermal efficiency as well as a substantial decrease the material need. In this study, the compound parabolic and involute concentrator was analyzed for various truncation level to specify optimum size for the most uniform illumination on the receiver. The uniform distribution was decided according to consideration of the temperature and distribution of heat flux on the receiver. The main objective of this study that is to obtain as much uniform illumination as around the absorber. Additionally, it helps to decide the reflector optimum size without any significant reduction on the system performance and reduce the cost of components.

2. Analysis Model

2.1. Non-Imaging Concentrator

The concentrator is compound of two parabolic and two involute reflectors. The parabolic reflectors are placed on the focus point of each other and involute reflectors having an acceptance angle of 90° are placed at the end of parabolic concentrator. The design was covered with an evacuated glass tube in order to elimination of heat losses which is convective, to protect the absorber and reflector surface from the environmental conditions and to increase the effective life cycle of the system. The involute reflector was used to improve the uniformity. The compound parabolic reflector was used to achieve maximum possible concentration. Figure 1 shows the proposed design and the truncated one.

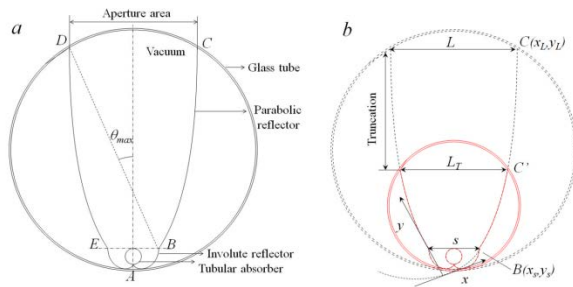


Fig. 1. Cross-sectional geometry of Evacuated Compound Parabolic-Involute (ECPI) concentrator (a) and truncated ECPI concentrator (b) [14]

The coordinates of the parabolic part of the proposed design is obtained by using the followings [15]

$$x_{CPC} = (s + \varphi) \cos^2 \theta_{max} - \frac{x^2 \sin \theta_{max}}{2s(1 + \sin \theta_{max})} \tag{1}$$

$$y_{CPC} = 0.5(s + \varphi) \sin 2\theta_{max} + \frac{x^2 \cos \theta_{max}}{2s(1 + \sin \theta_{max})}$$

where s represents the area of the parabolic reflector and involute reflector aperture area. θ_{max} is the maximum acceptance angle compound parabolic reflectors. As aperture reflector length alters from s to L value through the parabolic reflector, its x component differs with $L \cdot \cos \theta$. The involute part consist of the full reflector length of 16%. The coordinates of the involute part can be obtained by

$$x_{inv} = r \left(\frac{\phi \pi \cos \phi}{180} - \sin \phi \right) \tag{2}$$

$$y_{inv} = -r \left(\frac{\phi \pi \sin \phi}{180} + \cos \phi + 1 \right)$$

where r is the diameter of the concentrator and ϕ is the acceptance angle of involute reflector. These two reflectors compound the proposed design. In order to change the length of the reflector , φ value in Eq.2 can be varied from 0 to L value for truncation.

2.2. Thermal Uniformity on Absorber

Non-imaging concentrators show significant advantages with wider acceptance angle and highest possible concentration. However, non-uniform illumination of the receiver area causes the presence of hot spots with very intense radiation and unilluminated part. Importance of non-uniformity grows depending on the application area. By designing of the proposed concentrator is also aimed to obtain uniform illumination and reduce the hot spots existence. In order to obtain more uniform illumination; different truncation levels of the proposed concentrator were considered. The solar uniformity insolation around the absorber was evaluated by exploring divisions of the heat flux and temperature around the absorber.

Principally, an energy balance between the absorber and its adjacent mediums is derived. The incident solar radiation reaches the absorber directly or after several reflections from the reflectors and its energy is absorbed depends on the optical constituent properties; and then the absorbed energy transfers through absorber wall in radial and orthogonal ways by conduction. Due to vacuum medium around the absorber, the convective heat transfer does not occur. Due to the selective coating surface, radiative heat loss is minimized. The energy transfer is formed from the absorber to the working fluid by convection. Hereby, concentrator heat generation can be equivalent to total of the convective heat transfer which is from the cylinder surface to fluid in motion, the heat flux of solar and the conducted heat inside of absorber. Absorber wall was considered one-dimensional shape due to its small enough thickness. Thereby, heat transfer equation has been obtained for 1-D polar coordinates [15,16]

Finite volume method has been considered heat conduction equation discretization which is one-dimensional for cylindrical absorber. Gauss Seidel point-by-point method was used on the discretized equation for a 1-D cylinder. In a cylindrical coordinate, a heat conduction equation for case of unsteady can be written as following:

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\frac{k}{r} \frac{\partial T_a}{\partial \theta} \right) + q_s + h(T_f - T_a) + \sigma \varepsilon (T_a^4 - T_{sky}^4) = \rho c_p \frac{\partial T_a}{\partial t} \tag{3}$$

where solar irradiance is q_s , h is the coefficient of the convective heat transfer which from the absorber to the working fluid, T_a and T_f are absorber temperature and the temperature of fluid inside the absorber, respectively.

2.3. Convective Heat Transfer Coefficient

Coefficient of the convective heat transfer h_a inside the absorber tube can be obtained by the following equation

$$h_a = k_{fl} Nu / D_{in} \tag{4}$$

where k_{fl} is fluid thermal conductivity, and D_{in} is the absorber tube inner diameter. Number of Reynolds Re has been calculated to specify the Nusselt number Nu by the following equation:

$$Re = \dot{m} D_{in} / (\mu A) \tag{5}$$

where \dot{m} is the mass flow rate, A is the cross-section of absorber area, μ is fluid dynamic viscosity.

The following assumptions were addressed:

- (1) The conductivities for absorber and fluid were considered as constant.
- (2) Water was considered for being heat transfer fluid. Outlet flow temperature of fluid on absorber tube was considered 373 K and 239 K has been considered for ambient temperature.
- (3) It was considered that liquid could not to be compressed, and dissipations which formed from viscous was neglected.
- (4) The steady state condition at the outlet of tube was fully developed.

The mass flow rate in the absorber \dot{m} has been considered to be 0.1 kg/s The absorber tube thickness, diameter, and length were considered to be 0.02 m, 0.002 m, and 1 m, respectively. The stainless steel absorber was used on the calculations.

Reynolds number has been calculated as 28522. Thus, the flow was turbulent. Moreover, the absorber length ratio to the diameter

(L/D_{in}) was greater than 10, and the Prandtl number was 1.76. From between developed conditions, the correlation of proper heat transfer can be Dittus–Boelter [17],

$$Nu = 0.0243 Re^{4/5} Pr^{0.4}$$

3. Results and Discussion

The concentrator runs at an efficiency of 48.4% without truncation. The optical efficiency slightly rises on truncation of 20%, therefore thermal efficiency has been observed that is slightly increases to 48.8%. This section, the ratio of concentration reduction does not influence the efficiency. In that case, the efficiency value remains nearly constant up to the reflector length of about 63%. The thermal efficiency decreases only around 1% for the reflector length of 50%. The required diameter of glass tube has been reduced when the significant reduction applied on the length of reflector. Hereby, concentrator cost may be reduced substantially by making convenient reduction on the performance. Thus, concentrators performance possess truncation levels of 20%, 37%, 50% and full concentrator can be utilized in terms of absorber temperature and incident angle [13].

In order to ease the assessment, some assumption was adopted as follow. The thickness and radius of absorber are assumed to be 2 mm and 10 mm, respectively. Absorber cylinder was divided into 360 elements. As a boundary condition, it was assumed that the temperature of first element $T(0)$ was to be equal to the temperature of the last element $T(2\pi)$. The fluid temperature T_f was 373 K. The initial temperature T_{in} has been assumed to be equal the ambient temperature, 293 K. Each element conductivity was constant and was not depending of the temperature difference. Stainless steel was considered to be used for absorber that is to make the temperature distribution more apparent with the density of 7900 kg/m³, the specific heat of 499.75 J/kgK and thermal conductivity of 16.06 W/mK. The coefficient of heat transfers from pipe to working fluid was calculated from Eq. (3.10) as 4746.23 W/(m²K).

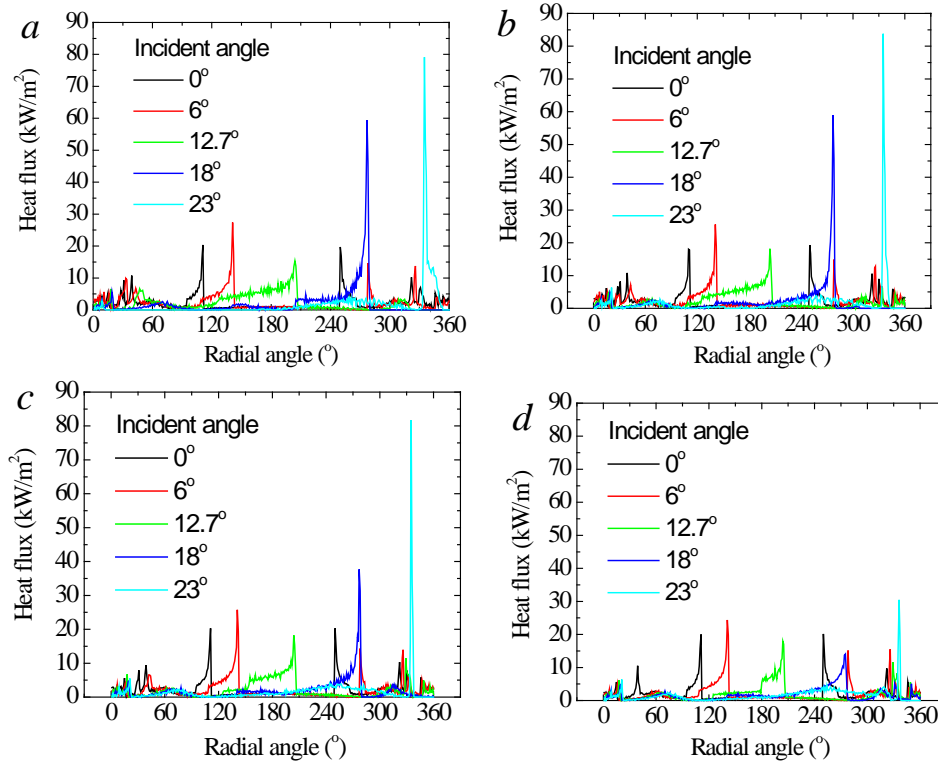


Figure 2. Heat flux distribution on the absorber for the size of 100% (a), 80% (b), 63% (c) and 50% (d)

Figure 2 illustrates distribution of the heat flux absorber around at different transverse angles as. The transverse angles were considered as normal incident (0°), the maximum efficiency angle (12.7°), in which the reflector shows best performance [15], an angle near limit of acceptance angle (23°), and intermediary angles ($6^\circ; 18^\circ$). The truncation levels were considered for full size (100%), the best performance size (80%), the truncation level of 63% in which the performance reduction begin, and the optimum size (50%), in which only slightly reduction on the performance occurs.

The absorber is illuminated from all side for normal incident and almost all transverse angles. Non-illuminated areas are slightly seen for full size of the concentrator and these areas are diminished as the concentrator length decreases. The intense heat fluxes are seen generally for the incident angles those are near to the maximum acceptance angle. The highest heat flux takes place for the incident angle of 23° . The presence of the intense radiation decreases as the truncation level increases. In Fig. 2b, this peak heat flux slightly increases, but the distribution is quite similar for the other incident angles. In Fig. 2c, the intensity of solar heat flux region caused by the incident angle of 18° decreases. Uneven distribution effect and intense radiation regions are significantly

minimized for the optimum truncation level of 50% as seen in Fig. 2.

In reference to the heat flux calculation, the discretized energy equation is applied to determine distribution of temperature on the absorber. In previous study, heat flux distribution depend on temperature of difference truncation ratio has been analyzed for cylindrical CPC[18]. Figure 3 illustrates the temperature distribution around the absorber for the different incidence angles ($0^\circ, 6^\circ, 12.7^\circ, 18^\circ, \text{ and } 23^\circ$) and the different size of reflector (100%; 80%; 63% and 50%). Although the highest heat flux takes place for the incident angle of 23° , the incident angle of 18° shows the most intense radiation as seen in Fig. 3. Therefore, the hotter regions on the absorber are larger for 18° compare to 23° . The minimizing of the temperature difference with truncation is more significant for 23° incident angle. In Fig. 3a, the maximum temperature difference is seen for the incidence angle of 18° and 23° with about 2°C . This difference is getting lower as the reflector length decreases. The effect of hot spots is almost diminished for the reflector size of 63%. The temperature distribution of the absorber gets slightly more uniform and the effect of the incidence angle nearby acceptance angle is almost minimized for the optimum size of the concentrator as shown in Fig. 3d.

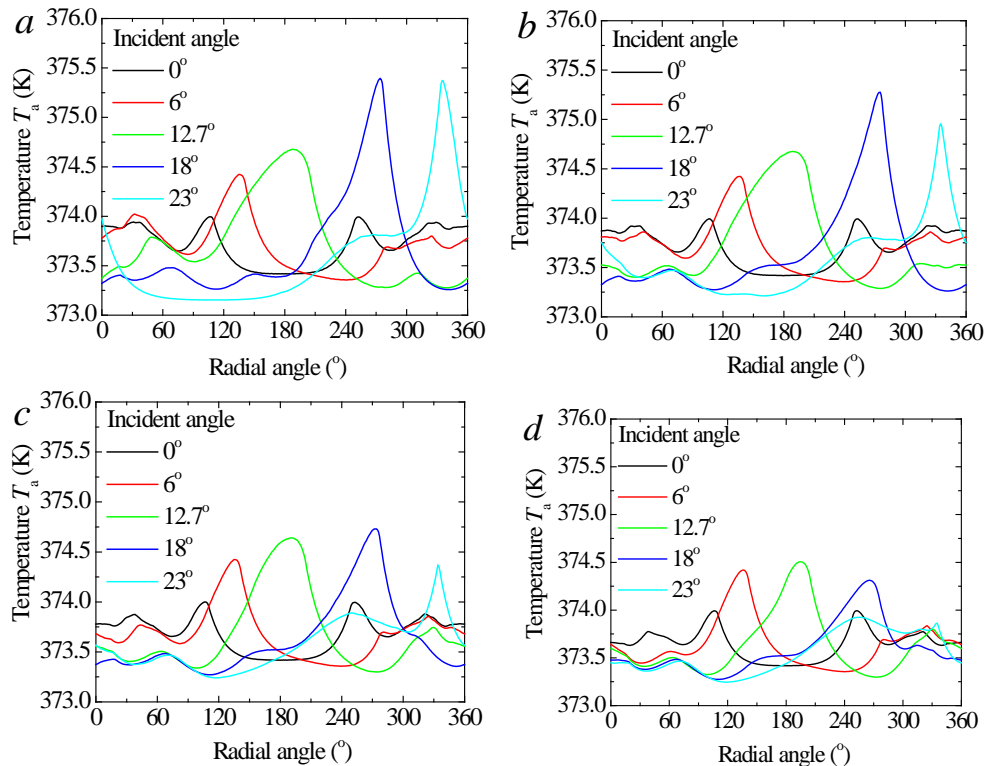


Figure 3. Distribution of temperature on the absorber for truncation 100% (a), 80% (b), 63% (c) and 50% (d)

4. Conclusions

The novel concentrator includes a compound parabolic and involute reflector. The reflectors are covered by vacuumed glass tube for low heat loss configuration and protection of the surface of reflector. The concentrator was truncated for more uniform illumination on the receiver area. The system was evaluated with different incident angles for full size CPC and 20%, 37% and 50% truncated ones. The following points summarize the results of the study.

1. The absorber is illuminated from all side for normal incident and almost all transverse angles. Non-illuminated areas are slightly seen for full size of the concentrator and these areas are diminished as the concentrator length decreases.
2. The intense heat fluxes are seen generally for the incident angles those are near to the maximum acceptance angle. The highest heat flux takes place for the incident angle of 23° . The presence of

the intense radiation decreases as the truncation level increases.

3. Uneven distribution effect and intense radiation regions are significantly minimized for the optimum truncation level of 50%

4. The hot regions on the absorber are larger for 18° compare to 23° . The minimizing of the temperature difference with truncation is more significant for 23° incident angle.

5. The maximum temperature difference is seen for the incidence angle of 18° and 23° with about 2°C . This difference is getting lower as the reflector length decreases. The effect of hot spots is almost diminished for the reflector size of 63%.

6. The temperature distribution of the absorber gets slightly more uniform and the effect of the incidence angle nearby acceptance angle is almost minimized for the optimum size (50%) of the concentrator.

Nomenclature			
s	parabolic reflector area (m ²)	c _p	specific heat of stainless steel (J/kgK)
θ	acceptance angle of CPC	T _a	absorber temperature (K)
θ_{\max}	maximum acceptance angle of CPC	T _f	temperature of fluid (K)
L	reflector length (m)	T _{in}	initial temperature (K)
R	diameter of concentrator (m)	k _{flu}	thermal conductivity of fluid (W/mK)
ϕ	acceptance angle of involute reflector	D _{in}	inner diameter of absorber tube (m)
q _s	solar irradiance	h	convective heat transfer coefficient (W/(m ² K))
ρ	density of stainless steel (kg/m ³)	Re	reynolds number
N _u	nusselt number	\dot{m}	mass flow rate (kg/s)
A	cross-section of absorber area (m ²)	μ	dynamic viscosity of fluid (Pa.s)
Pr	prandtl number		
h _a	convective heat transfer coefficient inside absorber (W/(m ² K))		

References

- Hinterberger, H., Winston, R., 1966a. Efficient light coupler for threshold Cerenkov counters. Rev. Sci. Instrum. 37, 1094–1095.
- Winston, R., Min˘ano, J.C., Benitez, P., 2005. Nonimaging Optics. Elsevier Academic Press, Burlington, London, San Diego.
- Welford, W.T., Winston, R., 1978. The Optics of Nonimaging Concentrators, Light and Solar Energy. Academic Press, London, New York.
- Tabor, H., 1984. Comment – The CPC concept, theory and practice. Sol. Energy 33, 629–630.
- Brogren, M., Nostell, P., Karlsson, B., 2001. Optical efficiency of a pvthermal hybrid CPC module for high latitudes. Sol. Energy 69, 173–185.
- M. Ronnelid, B. Perers, B. Karlsson, Construction and testing of a large-area CPC collector and comparison with a flat-plate collector, Solar Energy 57 (1996) 177.
- Proell M, Karrer H, Brabec C J, Hauer A. The influence of CPC reflectors on the electrical incidence angle modifier of c-Si cells in a PVT hybrid collector. Solar energy 2016; 126, 220-230.
- S. Goma, K. Yoshioka, T. Saitoh, Effect of concentration distribution on cell performance for low-concentrators with a three dimensional lens, Solar Energy Mater. Solar Cells 47 (1997) 339.
- M. Brogren, B. Karlsson, H. Hakansson, Design and modeling of lowconcentrating solar energy systems and investigation of irradiation distribution on modules in such systems, in 17th EUPVSEC. Munich, Germany, 2001a.
- Meng Tiana, Yuehong Sua, Hongfei Zheng, Gang Pei, Guiqiang Li, Saffa Riffat, A review on the recent research progress in the compound parabolic concentrator (CPC) for solar energy applications. Renewable and Sustainable Energy Reviews 2018;82:1272–1296.
- Guiqiang L, et al. Experiment and simulation study on the flux distribution of lens walled compound parabolic concentrator compared with mirror compound parabolic concentrator. Energy 2013;58:398–403.
- Baig H, et al. Performance analysis of a dielectric based 3D building integrated concentrating photovoltaic system. Sol Energy 2014;103:525–40.
- Ustaoglu, A., Okajima, J., Zhang, X.R., Maruyama, S., 2018a. Truncation effects in an evacuated compound parabolic and involute concentrator with experimental and analytical investigations. Applied Thermal Engineering, 138-25, 433-445
- Ustaoglu, A., Okajima, J., Zhang, X.R., Maruyama, S., 2018b. Assessment of a Solar Energy Powered Regenerative Organic Rankine Cycle Using Compound Parabolic Involute Concentrator. Applied Thermal Engineering, 138-25, 433-445.
- Ustaoglu A., Okajima J., Zhang X.R., Maruyama S., 2016a. Performance Evaluation of a Proposed Solar Concentrator in Terms of Optical and Thermal Characteristics, Environmental Progress & Sustainable Energy. 35-2, 553-564
- Ustaoglu A., Okajima J., Zhang X.R., Maruyama S., 2016b. Evaluation of the Efficiency of Dual Compound Parabolic and Involute Concentrator. Energy for Sustainable Development, 32, 1-13.
- Incropera, F.P., Dewitt, D.P., Bergman, T.L. & Lavine, A.S. (2007). Fundamentals of Heat and Mass Transfer, sixth ed., (Wiley, New Jersey,).
- Ustaoglu, A., Okajima, J., Zhang, X.R., Maruyama, S., 2016. Evaluation of uniformity of solar illumination on the receiver of compound parabolic concentrator (CPC). Solar Energy. (132, 150-164).



Bartın Üniversitesi Mühendislik ve Teknoloji Bilimleri Dergisi



Parmak İzi ile Cinsiyet Arasındaki İlişki: Bir İnceleme

Eyüp Burak CEYHAN^{1*}, Şeref SAĞIROĞLU²

¹Bartın Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Bartın / TÜRKİYE

²Gazi Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Ankara / TÜRKİYE

Geliş Tarihi: 12.10.2017 Düzeltme Tarihi: 06.02.2018 Kabul Tarihi: 19.02.2018

Özet

Literatürde parmak izi ile cinsiyet arasındaki ilişkinin varlığını araştıran analiz çalışmaları mevcuttur. Bu çalışmalarda parmak izi ile cinsiyet arasındaki ilişki parmak izinin bazı vektörel kısımları baz alınarak incelenmektedir. Bu çalışmalarda temel sorunlar, veri azlığı,ırka veya ülkeye bağımlı olması ve sınıflandırma başarısı sonuçlarının olmamasıdır. Farklı cinsiyetlerdeki parmak izi özelliklerinin farklı olduğu bilinmektedir. Bayanların parmak izi çizgi detayları ince, bayların parmak izi çizgi detayları kalındır. Bu çalışmada literatürdeki parmak izi ile cinsiyet arasındaki ilişkiyi inceleyen makaleler derlenmiştir. Ayrıca, bu makalede parmak izi ile cinsiyet arasındaki ilişkiyi ispatlamak için kullanılabilir bazı makine öğrenmesi algoritmaları hakkında bilgiler de verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Parmak izi, Cinsiyet, Sınıflandırma, Biyometri

Relationship Between Fingerprint and Gender: A Review

Abstract

There are analysis studies in literature exploring if there is a relationship between fingerprint and gender. The relationship between fingerprint and gender is examined based on some vectoral parts of fingerprint in these studies. The main problems in these studies are the lack of data, dependence on race or country and not to have classification success results. It is known that characteristics of fingerprints are different between different genders. Fingerprint line details of women are thin, fingerprint line details of men are thick. The papers in literature that examine relationship between fingerprint and gender are reviewed in this study. Also, information about some machine learning algorithms that can be used to prove the relationship between fingerprint and gender are given in this paper.

Keywords: Fingerprint, Gender, Classification, Biometry

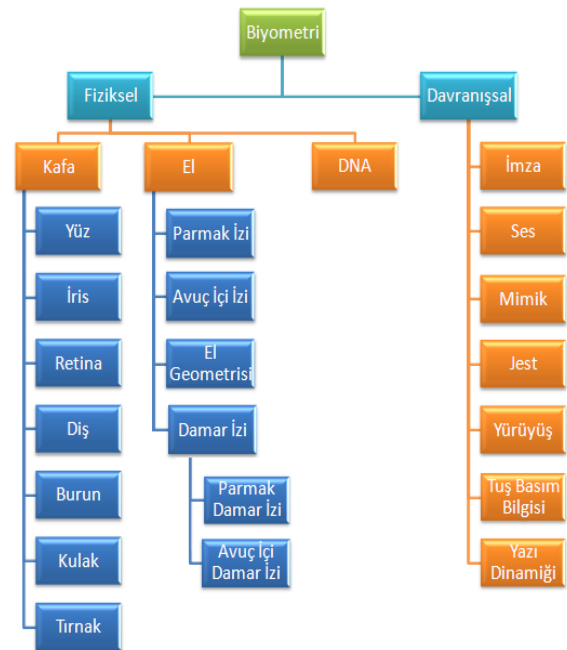
1. Giriş

Günümüzde bilginin ekonomik ve stratejik değeri her geçen yıl daha da artmaktadır. Bu bilgilerin; özellikle ulusal, kişisel ve kurumsal alanlarda güvenliğinin sağlanması çok büyük önem taşımaktadır. Ayrıca bilginin güvenliğinin sağlanması kolay olmamakta; bilgiyi saklamak, kullanmak, geliştirmek ve korumak için büyük çabalar harcanmaktadır. Güvenliği sağlamada geleneksel olarak kullanılan anahtarlar, şifreler ve tanıtm kartları çalınabilir, paylaşılabilir, kaybedilebilir ve unutulabilir olduğu için yetersizdir. Bu yüzden güvenliği artırmak için parmak izi, imza, yüz, ses, DNA ve retina gibi biyometrik özellikler kullanılmaktadır. Bireylerin bu biyometrik özellikleri kaybedilmediği, çalınmadığı ve unutulmadığı için tercih edilerek güvenle kullanılmaktadır [1].

Biyometri, sosyal hayatımızdaki uygulamalarda karşımıza oldukça sık çıkan, hızlı gelişen ve güvenilir bir teknoloji türüdür. Yüksek güvenlik sağlayan biyometrik sistemler, pasaport kontrollerinde, bankacılıkta, giriş-çıkışlarda kimlik kontrolünün gerektiği kontrol sistemlerinde, yüksek seviyede güvenlik gerektiren yerlerde ve daha birçok yerde mükemmel bir çözüm olmakta, ayrıca araştırmacıların da ilgisini fazlasıyla çekmektedir [2]. Şekil 1'de biyometrik sistem çeşitleri sunulmuştur.

Biyometrik sistemler kişiye ait bilgileri kullandığından çok fazla ilgi görmüş ve araştırmacılar tarafından verimliliğinin artırılması amacıyla birçok algoritma geliştirilmiştir. Biyometrik verilerin kendi aralarında da bir ilgisi olabileceği üzerine de son zamanlarda yoğunlaşmıştır. Parmak iziyle yüz arasındaki ilişkiyi doğrular şekilde yapılan deneysel çalışmalar da başarılı olmuştur [3]. İşte bu noktadan hareketle bu çalışmada da biyometrik özelliklerden olan parmak izi ve cinsiyet arasında var olması muhtemel olan bir ilişki üzerinde durulmuştur. Bu çalışma kapsamında literatürde varlığı deneysel olarak ispatlanmış parmak

izi öznitelik vektörleri ve cinsiyet arasındaki ilişkinin varlığı araştırılmıştır.



Şekil 1. Biyometrik sistemler

İkinci bölümde biyometrik sistemler hakkında bilgi verilerek bir bölümü incelenmiş ve bu kapsamda bir literatür araştırması yapılmıştır. Literatür araştırması; parmak izi, DNA, yüz ve avuç içi biyometrik özelliklerini kapsamaktadır. Bu biyometrik özelliklerin gelişimleri, kullanım alanları ve şekilleri hakkında bilgiler yer almaktadır.

Üçüncü bölümde parmak izi ile cinsiyet arasındaki ilişkiyi ispatlamak için kullanılacak Naive Bayes, KNN, SVM ve Karar Ağaçları sınıflandırma algoritmaları hakkında bilgiler verilmiştir.

Dördüncü bölümde biyolojik ve istatistiksel deneylerle kanıtlanmış olan parmak izi ile cinsiyet arasındaki ilişkiyi inceleyen literatür taraması yapılmıştır. Çalışmalarda bayanlarla bayların parmak izlerinin bazı ayırt edici özelliklere sahip oldukları ortaya konulmuştur. Çalışmalarda kullanılan parmak izlerinin ortalama tepe sayılarının cinsiyetlere ve ırklara göre karşılaştırması ve çalışmalarda kullanılan örnek sayısı, görüntü boyutu ve veritabanı özellikleri tablo olarak sunulmuştur.

Beşinci bölümde ise bu çalışmadan elde edilen sonuçlar ve kazanımlar aktarılmıştır.

2. Biyometrik Sistemler

Biyometrik sistemler basit halleriyle binlerce yıldır kullanılmaktadır. Biyometri uygulayıcıları bu sistemleri kişilerin kimliklerini doğrulayabilmeleri için, akıllarında tutmaları gereken bilgi veya yanlarında taşımaları gereken kart, anahtar gibi araçların yerine; kopyalanması veya taklit edilmesi zor olan kişisel özelliklerini kullanmalarını sağlamaktadır [4]. Tablo 1’de biyometrik sistemlerin kullanıldığı yerlere örnekler verilmiştir.

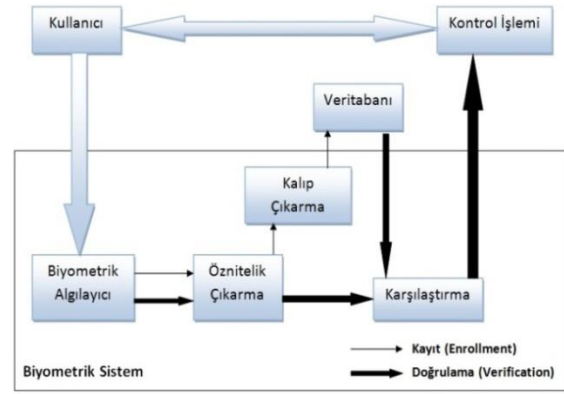
Tablo 1. Biyometrik sistemlerin kullanım alanları [5]

Adli Kurumlar	Vatandaşlık Uygulamaları	Ticari Uygulamalar
Suçlu Tespiti	Kimlik Kartı	Bilgisayar Ağ Güvenliği
Kadavra Tespiti	Sürücü Belgesi	Elektronik Veri Güvenliği
Terörist Tanımlama	Sosyal Güvenlik	E-Ticaret
Akrabalık Tespiti	Pasaport Kontrol	İnternet Erişimi
Kayıp Çocuk Tespiti		ATM, Kredi Kartı
		Cep Telefonları
		PDA
		Medikal Kayıt Yönetimi

Biyometrik sistemlerin işleyişine baktığımızda, bireylerden alınan parmak izi, retina vs. gibi özelliklerin o kişiye has olan karakteristiklerinin sayısal değerlere çevrilerek sisteme kaydedildiği görülür. Sisteme kaydedilen kullanıcı tekrar sisteme giriş yapmak istediğinde, o andaki karakteristik özellikleri ile daha önce kaydedilen özellikleri karşılaştırılarak birbirine uygunluğu kontrol edilir. Sistemin güvenilirliğini belirleyen en önemli etken, referans noktalarının fazla olmasıdır. Referans noktalarının olması gereken en yüksek değerinden daha da çok olması ise tercih edilen bir durum değildir. Çünkü sistemin yükünü artıracaktır. Şekil 2’de genel bir biyometrik sisteme ait blok diyagram verilmiştir [5].

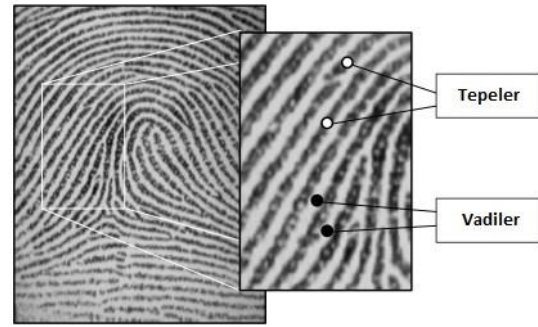
2.1. Parmak İzi Tanıma

Otomatik kimlik tanımda en sık kullanılan biyometrik tekniklerden biri parmak izi tabanlı tanıma sistemleridir. 1960’lı yıllardan itibaren parmak izi tanıma sistemlerindeki yazılımsal ve donanımsal gelişmelerden dolayı artan performans ile, parmak izi tanıma sistemleri sadece suçlu tanımda değil aynı zamanda erişim denetimi, kullanıcının bilgisayara girişi, yoklama ve benzeri uygulamalarda da rahatlıkla kullanılmaya başlanmıştır. Her insanın parmak izi farklıdır. İki izlerin bile parmak izleri aynı değildir. Ayrıca insan yaşlansa bile parmak izleri değişmediği için parmak izleri kimlik belirlemede sıkça kullanılmaktadır. Parmak izlerinin kimlik belirlemede kullanılması yüz yılı aşkın süredir devam etmektedir [3].



Şekil 2. Biyometrik sistemin kayıt ve doğrulama aşamaları

Parmak izi görüntüsü, parmak izinin taranarak veya resmi çekilerek elde edilen görüntüsü olarak tanımlanmaktadır. Parmak izinin görüntüsüne baktığımızda, tümsekteki bölgeler siyaha yakın, çukurda kalan bölgeler ise beyaza yakın renklerle ifade edilmektedir. Tümsekteki siyaha yakın bölgeler “tepe çizgileri”, çukurdaki beyaza yakın bölgeler “vadi çizgileri” olarak isimlendirilmektedir. Şekil 3’de parmak izinde bulunan tepeler ve vadilere örnekler gösterilmiştir.



Şekil 3. Parmak izine ait tepeler ve vadiler [6]

Galton karakteristikleri parmak izinde bulunan tepe çizgilerindeki detay özelliklerdir. Bir eğri parçası tepeyi oluşturur. Birkaç tepenin farklı kombinasyonları ile parmak izi oluşur. Bu tepe çizgilerinin sonlanması ve kesişmesiyle ise öznelikler oluşur. Galton, tepe uç noktaları, çatallar, adalar ve kapalı çevrimler gibi bazı karakteristikleri tanımlamıştır. Parmak izi veritabanında tanımlanırken yeterli sayıda karakteristik özellik benzer ise tanıma gerçekleşir [7].

2.2. DNA Tanıma

DNA tanıma sistemlerinde kişinin saç, tırnak, kan, sperm, deri parçası veya herhangi bir biyolojik materyali alınarak hücredeki DNA moleküllerinin dizilimi incelenir. Emniyet güçlerinin, suçlunun suç mahallinde bıraktığı biyolojik kalıntıları inceleyerek suçlulara ulaşması veya babalık davalarının sonuçlanması için bu sistem kullanılabilir. DNA tanıma işleminde öncelikle DNA’daki değişken kısımların uzunlukları belirlenir, sonrasında bunlar farklı kişilerininkiyle karşılaştırılır. Bu yöntemle suçluların belirlenmesi kolaylaşır ve bu yöntem yüksek doğruluk oranı sağlar [4].

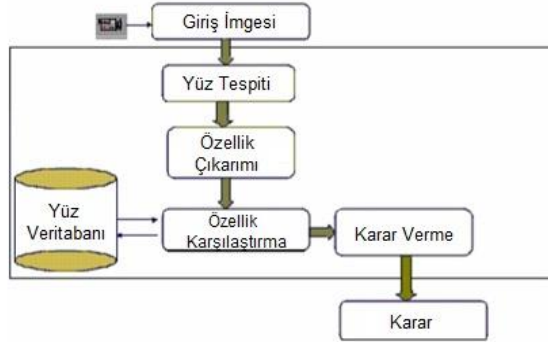
DNA tanıma sistemlerinde aşağıdaki işlemler sırasıyla gerçekleştirilir [8]:

- DNA örneği alınır,
- DNA izole edilir,
- Enzimatik sınırlama ve yükseltme yapılır,
- Parçalar ayrılır,
- Tekrar yapısı, tekrar sayısı ve tekrarlar bulunur,
- Çıkan sonuçlar analiz edilir.

Bu yöntemin doğruluk yüzdesi çok yüksek olmasına karşın birçok dezavantajı da vardır. DNA'nın elde edileceği biyolojik kalıntının kirlenmesi gibi durumlarda örüntü kalitesi düşeceği için analiz de zorlaşır. Ayrıca kalıntının 24 saat içinde analiz edilmesi gerekliliği ve yapılan işlemin yüksek maliyetli oluşu gibi dezavantajları da vardır [4].

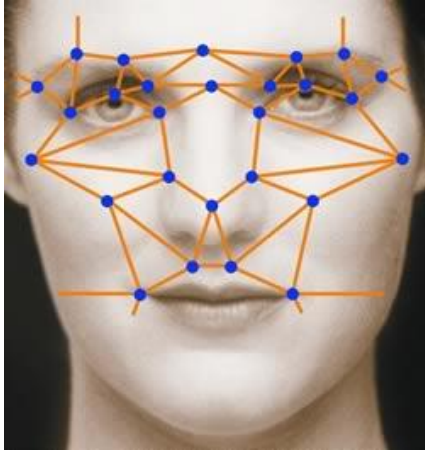
2.3. Yüz Tanıma

Günümüzde kullanım alanı yaygın olan bir biyometrik sistemdir. Üzerinde basit bir kamera sistemi bulunan bilgisayarların tümünde, kullanıcı girişi yapmak için yüz tanıma sistemi kullanılabilir. Şekil 4'de yüz tanıma sisteminin karar verme işleminde kullandığı aşamalar gösterilmiştir.



Şekil 4. Yüz tanıma sisteminin aşamaları [9]

Yüz tarama sisteminde, yüz bölgesindeki belirli referanslar alınıp kaydedilir ve kullanıcı sisteme girmek istediğinde kaydedilen veriler ile o anki veriler eşleştirilerek kullanıcının sisteme girmesi kabul edilir ya da reddedilir. Şekil 5'de yüz bölgesindeki referans noktalarına örnekler gösterilmiştir.



Şekil 5. Yüz tanıma özellik noktaları [10]

Yüz tanıma sistemleri ilk olarak orduda kullanılmıştır. Amerika'da yüksek teknoloji silahlarının yönetimi için kullanılan bu sistemler ayrıca caddelere yerleştirilen güvenlik kameraları ile güvenliğin sağlanması ve aranan kişinin bu şekilde yakalanması gibi uygulamalarda da kullanılır. Son yıllarda yüzün otomatik olarak tanınması önemli bir çalışma konusu olmuştur [4].

2.4. Avuç İçi Tanıma

Avuç içi tanıma sistemleri, el geometrisi üzerine yapılmış olan çalışmalardan elde edilmiştir. Parmak izi eşleme algoritmaları ile avuç izi tanıma birbirlerini desteklemektedirler. Bu iki sistem de çizgilerin üzerinde oluşan karakteristiklerle ve bireye özel bilgiler ile ölçülür. Yapılan araştırmalar ve analizler sonucunda, avuç izi tanımının, çok sık kullanılan parmak izi tanımayı tamamlayan bir biyometrik sistem olduğu ortaya çıkmıştır. Bu sonuçlarda ayrıca, suç işlenen yerde suçluların arkasında bıraktıkları izlerin %70'inin

parmak izi, %30'unun ise avuç izinden oluştuğu gözlemlenmiştir [11].

Avuç izi de parmak izleri gibi her kişide farklıdır ve kişiye özgüdür. Avuç içi tanıma sistemlerinin uygulama alanları arasında, otomatik kilitler, oy verme sistemleri ve akıllı silahlar sayılabilir. Avuç içi, istenilen platforma doğru bir şekilde yerleştirildiği için avuç içi uygulamalarında çok küçük bir hatalı kayıt oranı beklenir. Bu sebeple de basit kullanıcı-sistem etkileşimi ile bir sisteme sahip olmak mümkündür. Umut verici bir biyometrik teknoloji olan avuç içi taramada, avuç içi parmak izine benzer bir deriyle kaplı olduğu için yüksek bir kesinliğe sahiptir. Bu nedenle avuç içi tarama teknolojisi genel olarak kabul görmüştür. Avuç içi tanımının avantajları arasında kolay ve maliyeti düşük teknolojilerle gerçekleştirilmesi ve kolay uygulanması yer almaktadır. Kullanıcı-bilgisayar etkileşimi basit olduğundan sifıra yakın hatalı kayıt oranı vardır [12].

3. Sınıflandırma Algoritmaları

Verinin önceden belirlenmiş sınıf etiketlerine uygun olarak ayrıştırılmasını sağlayan yöntemlere sınıflandırma yöntemleri denir. Bu bölümde parmak izi ile cinsiyet arasındaki ilişkiyi ispatlamak için kullanılacak Naive Bayes, KNN, SVM ve Karar Ağaçları sınıflandırma algoritmaları hakkında bilgiler verilmiştir.

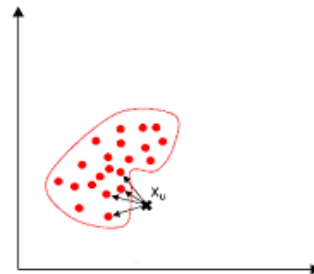
3.1. Naive Bayes Algoritması

Bayes ağları, karar verme durumundaki belirsizlikleri ve istatistiksel çıkarımları modellemede kullanılan ve son yıllardaki popüleritesiyle oldukça göze çarpan bir yöntemdir. Birçok algoritma Bayes ağları kullanarak ilgilendikleri alanda üzerinde çalıştıkları değişkenlerin bir sonraki değerlerini başarılı bir şekilde hesaplayabilir. Bu olasılıksal model, yönlü döngüsüz çizge yapısına dayanır. Kanıtların aşağıdan yukarı veya yukarıdan aşağıya birleştirilebilmesi, çift yönlü çıkarım yapılabilmesi ve bu yapıya eklenen olasılık dağılımları sayesinde Bayes ağları, belirsizlik sırasına çıkarsama yapmak için tercih edilen önemli bir yöntem olmuştur. Sınıflandırmada en sık kullanılan algoritmalarından biri Naive Bayes algoritmasıdır. Uygulanabilirliği ve performansı ile ön plana çıkan bir algoritmadır. Bayes sınıflandırıcı, Bayes teoremine dayanan basit ve pratik sınıflandırıcısından olasılık yaklaşımı kullanılarak sınıflandırma işlemi yapılır. Sınıflandırma uygulamalarının belirli alanlarında, Bayes sınıflandırıcı denetimli öğrenmeye ait olduğundan, sinir ağları ve karar ağaçlarından daha üstündür [13].

3.2. KNN Algoritması

K en yakın komşu algoritması, sınıflandırma problemini denetimli öğrenme yöntemiyle çözen algoritmalarından biridir. Sınıflandırma yapmak için eğitim kümesi kullanır. Yeni bir nesnenin öznitelikleri incelenerek ve bu nesneyi önceden tanımlanmış bir sınıfa atayarak sınıflandırma gerçekleştirilir. Her bir sınıfın özelliklerinin önceden net bir şekilde belirlenmiş olması sınıflandırmayı gerçekleştirirken önemlidir.

K en yakın komşu yönteminde; sınıflandırma yapılması planlanan verilerin eğitim kümesindeki normal davranış verilerine benzerlikleri hesaplanır ve en yakın olduğu düşünülen k adet verinin ortalaması kullanılarak, belirlenen eşik değere göre sınıflara atama işlemi yapılır. Yöntemin performansını k en yakın komşu sayısı, eşik değeri, benzerlik ölçümü ve eğitim kümesindeki normal davranışların yeterli olması kriterleri belirlemektedir [14]. Şekil 6'da KNN algoritmasının uygulama örneği sunulmuştur.



Şekil 6. KNN Algoritması

3.3. Karar Ağacı Algoritması

Karar Ağacı (KA), bağımlı değişken üzerindeki farklılıkların maksimize edilmesi amacıyla veri setinin sıralı bir şekilde bölünmesini ifade eder. Verileri belli değişken değerlerine göre sınıflandırmaya yarayan KA'da kullanılan algoritmalarda girdiler ve çıktılar verilerin belirlenen değişkenleridir ve KA algoritması çıktı veri değişkenleri için girdi veri değişkenlerini veri yapıları ile keşfeder [15].

KA, veriden sınıflandırıcılar üretmek için kullanılan etkili yöntemlerden biridir. KA sunumu, en yaygın kullanılan mantık yöntemidir. Esas olarak makine öğreniminde ve uygulamalı istatistik literatüründe tanımlanan çok fazla sayıda KA tümevarım algoritması vardır. Bu algoritmalar, bir seri girdi-çıktı kümesinden KA oluşturan denetlenmiş öğrenme yöntemleridir. Tipik bir KA öğrenme sistemi, araştırma alanının bir kısmında çözüm arayan, yukarıdan aşağıya yöntemini benimser. Bu yöntem basit bir ağacın bulunabileceğini garanti eder. Bir KA, değişkenlerin test edildiği yerlerde düğümler içerir. Bir düğümden dışarı açılan dallar, düğümden testin bütün olası sonuçlarına karşılık verir [16].

3.4. Destek Vektör Makineleri

Birçok makine öğrenmesi, veri madenciliği ve istatistiksel veri analizi metodunun temel amacı, verilerden veya örneklerden öğrenmedir. Yapay sinir ağları gibi geleneksel öğrenme makineleri, örüntü tanıma, regresyon analizi ve sistemlerin kontrolü ve modellenmesi gibi çok çeşitli alanlarda kullanılmıştır. Fakat bu yöntemlerin bazı eksiklikleri mevcuttur. Bu eksikliklerin başında, yeterince eğitim verisine sahip olma ihtiyacı, düşük yakınsama oranı, yerel minimuma takılma problemi ve fazla uyum/eksik uyum (overfitting/underfitting) problemleri gelmektedir [17]. Bu problemlerin çoğu geleneksel yöntemlerin deneysel risk minimizasyonuna bağlı olarak çalışmasından kaynaklanır. DVM, yapısal risk minimizasyonu prensibine bağlı olarak öğrenir ve bu problemlerin çoğunu böylece aşmıştır. DVM, YRM prensibinin ve VC teorisinin uygulandığı bir yakınsama metodudur. Bu özelliğiyle diğer makine öğrenmesi metodlarının çoğundan farklıdır. DVM, beklenen riskin minimuma ulaşması için hem deneysel riski hem de VC boyutunu minimum tutmaya çalışır. Fakat bu işlemi, bulanık modeller, sinir ağları ve yüksek dereceden fonksiyon kullanan yakınsayıcılar gibi VC boyutu değerini sabit tutarak gerçekleştirir. Bu makine öğrenmesi metodlarında VC boyutunun sabitlenmesi, çok dereceli fonksiyonların derecelerinin, gizli katmandaki düğüm sayısının veya bulanık kuralların sayısının sabitlenmesiyle sağlanır. DVM, bu bahsedilen özelliğiyle genelleme yeteneğini geliştirir, küçük miktarda eğitim verisiyle öğrenilebilir ve genellikle genel optimuma ulaşabilir. DVM, güçlü bir algoritmik alt yapıya sahiptir ve DVS (Destek Vektör Sınıflandırma) olarak bilinen sınıflandırma işlemleriyle DVR (Destek Vektör Regresyon) olarak bilinen tahmin işlemlerinde başarılıdır. DVM, yüksek boyutlu küçük sayıda veri içeren veri kümelerinde de başarılıdır [18].

4. Parmak İzi ile Cinsiyet Arasındaki İlişki

Parmak izleri kimlik belirlemede çok önemli bir görev üstlenmektedir. Özellikle, emniyet güçlerinin suçlu tespitinde, insanın doğumundan ölümüne kadar, önemli bir yara veya kesik olmadığı sürece hiç değişmeyen bu önemli özelliği kullanmaları çok faydalı olmaktadır. Parmak izlerinin ayırt edilebilmesi için, her parmakta, ayrıntı (minutiae) noktaları olarak adlandırılan özellik noktaları incelenmektedir. Bu noktaların parmak izlerinde bulunma sıklığı ve dizilişi her insanda farklılık göstermektedir. Bu özellik noktaları kullanılarak parmak izi ile cinsiyet arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalar takip eden paragraflarda özetlenmiştir.

Amerika, Hindistan ve İspanya'da farklı ırklar üzerinde yapılan analizlerde, parmak izlerinin cinsiyete göre farklılık gösterdiği gözlemlenmiştir [19,20,25]. Bu çalışmaların ortak yönleri; kullanılan verilerin cinsiyetlere göre dağılımlarının eşit olması, parmak izi verisinin kullanılan kısımlarının aynı olması ve elde edilen sonuçların aynı istatistiksel yöntemlerle işlenmesidir. Yapılan bu çalışmaların tümünde merkez (core) noktası referans alınarak kesitler çıkarılmıştır. Şekil 7'de parmak izinden alınan örnek kesit sunulmuştur.



Şekil 7. 5x5 mm² kesiti alınan parmak izi görüntüsü

Ayrıntı (minutiae) noktalarından biri olan tepenin, yoğunluğuna bakılarak kişilerin cinsiyeti bulunabilmektedir [19-23,26]. Tepe yoğunluğu, iki komşu vadinin merkezleri arasındaki mesafedir [29]. Bayanlar erkeklere göre daha iyi parmak izi detayına sahip olduğundan, parmak izinin belli bir alanı baz alındığında, kadınlar erkeklere oranla daha yüksek tepe yoğunluğuna sahiptirler [27,28,31]. Bu çalışmaların tümünde tepe yoğunluğunun, kadın-erkek sınıflandırmasında belirleyici özellik olduğu görülmektedir.

Dr. Sudesh Gungadin, tepe sayısı 13 tepe/25 mm² veya daha düşük olanların erkek olması ihtimalinin, 14 tepe/25 mm²'ye eşit veya daha yüksek olanların ise bayan olma ihtimalinin daha yüksek olduğunu saptamıştır [30]. Commins ve Midlo'nun araştırmalarına göre ise genç erkekler yaklaşık olarak 25 mm²'de ortalama 20,7 tepeye sahipken, genç bayanlar ise 25 mm²'de ortalama 23,4 tepeye sahip olduğu saptanmıştır [25].

Amerika'da yapılan bir çalışmada, bir polis merkezinden alınan suçlulara ait parmak izleri kullanılmıştır. Bu çalışmada, 100 Afro-Amerikan bayanla, 100 Afro-Amerikan erkeğin ve 100 Kafkas kökenli bayanla, 100 Kafkas kökenli erkeğin parmak izi verileri kullanılmıştır. Çalışmalarda 18-67 yaş aralığındaki suçlulara ait olan toplam 400 parmak izi verisi kullanılmıştır. Sonuç olarak, parmak izindeki dermal tepe sayısı 11 tepe/25 mm² veya altı olursa çalışılan parmak izinin erkeğe ait olma ihtimalinin, parmak izindeki dermal tepe sayısı 12 tepe/25 mm² veya üstü olması durumunda ise bayana ait olma ihtimalinin yüksek olduğu saptanmıştır. Burada, farklı ırklardaki insanların parmak izlerinin kullanılmasıdaki amaç, dünya genelinde kabul görececek bir tez için çok uluslu bir veritabanı kullanmaktır [20].

Yine bir başka çalışmada, Hindistan'ın güneyindeki Karnataka bölgesinde bulunan insanların parmak izleri kullanılmıştır. 250 bayan ve 250 erkek parmak izinin kullanıldığı bu çalışmada ise 18-60 yaş aralığındaki insanların parmak izleri bulunmaktadır. Buradan elde edilen sonuçlarda, erkeklerde parmak izi ortalama tepe yoğunluğunun 12,8 tepe/25 mm² olduğu, bayanlarda parmak izi ortalama tepe yoğunluğunun 14,8 tepe/25 mm² olduğu sonucuna varılmıştır [31].

Bu çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre, bayanlarda 25 milimetrekareye ortalama 14,7 tepe düşerken, erkeklerde ortalama 12,7 tepe düşmektedir [19-23,30,34,35]. Bu durum, bayanların parmak izi yapısının daha ayrıntılı ve özellikli olmasından kaynaklanmaktadır. Böylece, bayanların parmak izi materyallerinin çok daha fazla özellik noktası içerdiği söylenebilmektedir. Çıkan sonuçlarda bayanların erkeklere oranla daha fazla tepe yoğunluğuna sahip olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışmalar, parmak izinde yer alan belli bir alandaki dermal tepe sayısının cinsiyete ve ırka göre değiştiğini göstermektedir.

Yapılan başka bir çalışmada cinsiyetler arasındaki olabilecek farklılıkların ortaya çıkarılması için elde edilen değerler istatistiksel metotlar kullanılarak karşılaştırılmıştır. Ayrıca parmak izi tepelerinin gözlenen eğilimlerinin Kafkas kökenli insanlar ve Afro-Amerikan kökenli insanlar arasındaki cinsiyet farklılıklarını ve/veya benzerliklerini ortaya çıkarıp çıkarmayacağı sınımlanmıştır. 11,2 tepe ve altı hem Kafkas hem Afro-Amerikan kökenli insanlar için “büyük olasılıkla” üst erkek sınırdır. Benzer şekilde 12 tepe sayısı ve üzeri “büyük olasılıkla” her iki ırk için de kadın alt sınırdır. Bu cinsiyet farklılaşması bir eşik olarak yorumlanabilir. Bayes teoremi kullanılarak elde edilen sonuçlarda farkın 2,11 tepe/25 mm² (Kafkas kökenliler için P=0,74, Afro-Amerikanlar için P=0,61) olduğu görülmüştür. Bu çalışma kadınların erkeklerle göre daha ince tepe ayrıntısına, dolayısıyla daha fazla tepe yoğunluğuna sahip olduğunu göstermektedir. Kafkas kökenli kadın ve erkekler arasındaki ortalama fark 2,18 tepe/25 mm², Afro-Amerikan kadın ve erkekler arasındaki ortalama fark 1,71 tepe/25 mm² olarak hesaplanmıştır. Bu farkların tüm ırklar arasında evrensel olabileceği ancak bu olasılık hakkında daha fazla inceleme ve araştırma yapılması gerektiği görüşü sunulmuştur [20].

Parmak izinde cinsiyet farklılıklarının bulunduğunu tarif eden başka bir çalışmada, Cummins ve diğerlerine göre [32], erkekler bayanlara göre daha kaba parmak izi tepelerine sahiptir. Yetişkin kadınların parmak izleri 0,40-0,50 mm arası tepe kalınlığına sahipken erkekler 0,50 mm tepe kalınlığına sahiptir. Ohler ve Cummins [31,32] sadece genişliğe odaklanarak, erkeklerin ortalama 0,48 mm ve bayanların ortalama 0,43 mm tepe kalınlığına sahip olduklarını rapor etmişlerdir. Başka bir çalışmada, Stoney ve Thornton 412 parmak izi kullanarak erkeklerin ortalama 0,463 mm tepe kalınlığına sahip olduğunu bulmuştur [33].

Tablo 2’de literatürde var olan, parmak izi ile cinsiyet arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmaları metod, örnek sayısı, görüntü boyutu ve veritabanlarının karşılaştırılması, Tablo 3’de ise literatürdeki parmak izi ile cinsiyet arasındaki ilişkiyi inceleyen çalışmalarda, elde edilen tepe sayısı ortalamalarının cinsiyetlere ve ırklara göre karşılaştırılması gösterilmiştir.

Tablo 3’de görüldüğü üzere ortalama tepe sayıları ırka ve cinsiyete göre değişiklik göstermektedir. Fakat her ırkın bayırlarının ortalama parmak izi tepe sayıları bayanlarının ortalama parmak izi tepe sayılarından daha düşüktür. Farklı ırklar üzerinde yapılan araştırmalar sonucunda bayanların parmak izlerindeki ortalama tepe sayısı, çalışmaların tümü dikkate alındığında 14,88 tepe/25mm² iken bayırların parmak izlerindeki ortalama tepe sayısı 12,68 tepe/25mm² olduğu elde edilmiştir.

Şekil 8’de bayanların ırka göre parmak izi tepe sayısı ortalamaları, Şekil 9’da ise bayırların ırka göre parmak izi tepe sayısı ortalamaları literatürden elde edilen bilgilere göre grafik olarak sunulmuştur.

5. Sonuç

Güvenlik ve kimliklendirme alanının en önemli unsurlarından biri olarak nitelendirilebilen biyometri bilimi, köklü geçmişi, çok geniş ve zengin literatürü ve tam anlamıyla oturmuş ve gelişmiş standartları ile dikkat çeken bir teknolojidir. Bu denli bilimsel çalışmaya rağmen biyometri literatüründe parmak izi ve cinsiyet arasında olabilecek bir ilişki bugüne kadar çok az tartışılmıştır.

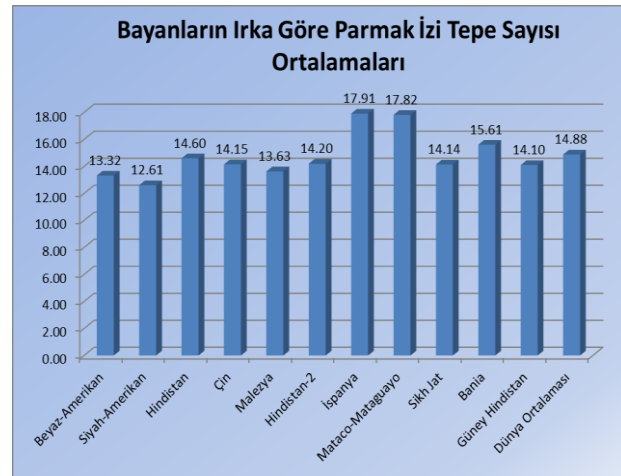
Bu çalışmada belirtilen yöntemler, parmak izinin sahibi olan kişiyi cinsiyet havuzunda tekil olarak ayırarak, dava ve soruşturma sürecinde hem zamanı, hem de harcanan enerjiyi azaltmayı amaçlamaktadır. Bu amaçla, parmak izi ve cinsiyet arasında olduğu düşünülen bir ilişkinin bulunması ve analizi konusunda çeşitli araştırma ve incelemeler yapılmış, elde edilen bilgiler ve belgeler ışığında, yalnızca parmak izi bilgisinden cinsiyet bilgisine ulaşılabileceği ortaya konulmuştur. Bu bakımdan yapılan çalışmada ortaya konan parmak izi ve cinsiyet arasındaki ilişkinin biyometri ve güvenlik alanlarında kullanılacak olması önem arz etmektedir.

Tablo 2. Çalışmalarda kullanılan veritabanları

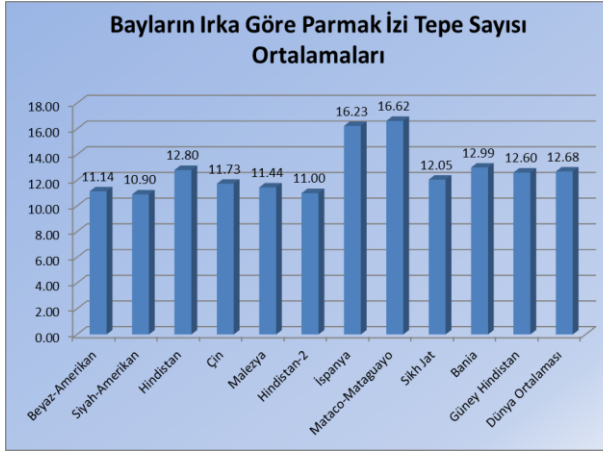
Kaynak	Metod	Örnek Sayısı	Görüntü Boyutu	Veritabanı
Arun ve diğerleri [39]	RTVTR ve Tepe Yoğunluğu	150 bay 125 bayan	32x32 piksel	DS-1, sentetik ve Neurotech
Sanders ve diğerleri [40]	Tepe Sayısı	24 bay 24 bayan	-	Kendi veritabanları
Acree [20]	Tepe Yoğunluğu	200 bay 200 bayan	5x5 mm ²	Homewood Polis Departmanı
Gungadin [30]	Tepe Yoğunluğu	250 bay 250 bayan	5x5 mm ²	Kendi veritabanları
Verma ve diğerleri [41]	RTVTR, tepe yoğunluğu, tepe genişliği	200 bay 200 bayan	25x25 piksel	Kendi veritabanları
Nayak ve diğerleri [21]	Tepe Yoğunluğu	100 bay 100 bayan	5x5 mm ²	Kendi veritabanları
Gutiérrez-Redomero ve diğerleri [42]	Tepe Yoğunluğu	99 bay 110 bayan	5x5 mm ²	Kendi veritabanları
Nayak ve diğerleri [35]	Tepe Yoğunluğu	100 bay 100 bayan	5x5 mm ²	Kendi veritabanları
Gutiérrez-Redomero ve diğerleri [43]	Tepe Yoğunluğu	100 bay 100 bayan	5x5 mm ²	Kendi veritabanları
Kaur ve diğerleri [34]	Tepe Yoğunluğu	100 bay 100 bayan	5x5 mm ²	Kendi veritabanları
Nithin ve diğerleri [23]	Tepe Yoğunluğu	275 bay 275 bayan	5x5 mm ²	Kendi veritabanları

Tablo 3. Çalışmalarda elde edilen sonuçlar

Popülasyonlar	Bayanlar	Bayırlar
	Ortalama Tepe Sayısı	Ortalama Tepe Sayısı
Kafkas-Amerikan (Acree [20])	13,32	11,14
Afrikalı-Amerikan (Acree [20])	12,61	10,90
Hindistan (Gungadin [30])	14,60	12,80
Çin (Nayak ve diğerleri [21])	14,15	11,73
Malezya (Nayak ve diğerleri [21])	13,63	11,44
Hindistan (Nayak ve diğerleri [35])	14,20	11,00
İspanya (Gutiérrez-Redomero ve diğerleri [42])	17,91	16,23
Mataco-Mataguayo (Gutiérrez-Redomero ve diğerleri [43])	17,82	16,62
Sikh Jat (Kaur ve diğerleri [34])	14,14	12,05
Bania (Kaur ve diğerleri [34])	15,61	12,99
Güney Hindistan (Nithin ve diğerleri [23])	14,10	12,60
Marathi (Kapoor ve diğerleri [37])	11,58	14,60
Hindistan (Binorkar ve diğerleri [38])	12,71	13,79



Şekil 8. Bayanların ırka göre parmak izi tepe yoğunluğu ortalamaları



Şekil 9. Bayların irka göre parmak izi tepe sayısı ortalamaları

Dünya genelinde yapılan çalışmalar ve bu çalışmalarda kullanılan ırklar dikkate alındığında, bayların parmak izi ortalama tepe sayısı 12,68 tepe/25mm² iken bayanların parmak izi ortalama tepe sayısı ise 14,88 tepe/25mm² olarak tespit edilmiştir. Bayanların baylara göre daha fazla parmak izi tepe yoğunluğuna sahip olduğu, dolayısıyla bu özellik kullanılarak cinsiyet ayrımı yapılabileceği tespit edilmiştir. Cinsiyet tespitinde parmak izi tepe yoğunluğunun yanı sıra tepe kalınlığının vadi kalınlığına oranı, tepe sayısı ve tepe genişliği değerlerinin de kullanılabilirliği görülmüştür.

Kaynaklar

- Görgünoğlu, S., Çavuşoğlu, A., "Parmak izi Tanıma Sistemlerinde Kullanılan Özellik Çıkartma Algoritmalarının Performans Analizi", 5. Uluslararası İleri Teknolojiler Sempozyumu (IATS'09) Bildiriler Kitabı, Karabük, Cilt:1 104-107 (2009).
- Özkaya, N., "Otomatik Parmak izi Tanıma Sistemi", Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi Fen Bil. Enstitüsü, Kayseri, (2003).
- Özkaya, N., Sağıroğlu, Ş., Wani, A., "An Intelligent Automatic Fingerprint Recognition System Design", International Conference on Machine Learning and its Applications, 231-238 (2006).
- Şamlı, R., Yüksel, M.E., "Biyometrik Güvenlik Sistemleri", Akademik Bilişim'09 Bildiriler Kitabı, Harran Üniversitesi, (2009).
- Karabulut, M.M., "Parmak İzi Tanıma Temelli Gerçek Zamanlı Öğrenci Yoklama Sistemi Otomasyonu", Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 1 (2010).
- Maltoni, D., Maio, D., Jain, A.K., Prabhakar, S., "Handbook of Fingerprint Recognition", Springer-Verlag, Berlin, (2003).
- Fitz, A.P., Green, R.J., "Fingerprint Classification Using Hexagonal Fast Fourier Transform", IEEE Pattern Recognition, 29 (10) : 1587-1597 (1996).
- Gonzales, A.R., Schofield, R.B., Schmitt, G.R., "DNA identification in mass fatality incidents", National Institute of Justice, Washington, 5-19 (2006).
- Çelebi, A.T., "Biyometrik Tanıma", Yüksek Lisans Tezi, Kocaeli Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, (2008).
- Manav, C., "Görüntü İşleme Yardımı İle Kimlik Tespiti", Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, (2010).
- Sönmez, E.B., Özbek, N.Ö., Özbek, Ö., "Dalgacık Dönüşümüne Dayalı Çoklu Model Biyometrik Sistem", Akademik Bilişim'08 Bildiriler Kitabı, Çanakkale, 399-404, (2008).
- Ergen, B., Çalışkan, A., "Biyometrik Sistemler ve El Tabanlı Biyometrik Tanıma Karakteristikleri", The 6th International Advanced Technologies Symposium (IATS'2011) Bildiriler Kitabı, Elazığ, 455-460 (2011).
- İnternet: "Naive Bayes Sınıflandırıcı", <http://www.madimir.com/2011/01/naive-bayes-snflandirma-algoritmas.html>, (Kasım 2012).
- Kırmızıgül, S.Ç., Soğukpınar, İ., "KxKnn: K-Means ve K En Yakın Komşu Yöntemleri ile Ağlarda Nüfuz Tespiti", Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Kocaeli, 121-122 (2008).
- Tan, P.N., Steinbach, M., Kumar, V., "Introduction to Data Mining", Addison Wesley Publishing Company US ed. (2005).
- Kandartziç, M., "Data Mining Concepts Models and Algorithms", John Wiley&Sons (2003).
- Lu, W., Chen, N., Ye, C., Li, G., "Introduction to The Algorithm of Support Vector Machine and the Software Chemsvm", Computers and Applied Chemistry, 6 (2002).
- Shen, D., Chen, Z., Yang, Q., Zeng, H., Zhang, B., Lu, Y., Ma, W., "Web-page classification through summarization", Proceedings of the 27th Annual International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval, New York, 242-249 (2004).
- Gutierrez-Redomero, E., Alonso, C., Romero, E., Galera, V., "Variability of fingerprint ridge density in a sample of Spanish Caucasians and its application to sex determination", Forensic Science International, 180 : 17-22 (2008).
- Acree, M.A., "Is there a gender difference in fingerprint ridge density?", Forensic Science International, 102 : 35-44 (1999).
- Nayak, V.C., Rastogi, P., Kanchan, T., Yoganarasimha, K., Kumar, G.P., Menezes, R.G., "Sex differences from fingerprint ridge density in Chinese and Malaysian population", Forensic Science International, 197 : 67-69 (2010).
- Gutierrez-Redomero, E., Alonso, M.C., Dipierri, J.E., "Sex differences in fingerprint ridge density in the Mataco-Mataguay population", Journal of Comparative Human Biology, 62 : 487-499 (2011).
- Nithin, M.D., Manjunatha, B., Preethi, D.S., Balaraj, B.M., "Gender differentiation by finger ridge count among South Indian population", Journal of Forensic and Legal Medicine, 18 : 79-81 (2011).
- Grieve, M.C., Dunlop, J., "A practical aspect of the Bayesian interpretation of fibre evidence", Journal of the Forensic Science Society, 32 : 169-175 (1992).
- Cummins, H., Midlo, C., "Finger prints, palms and soles: an introduction to dermatoglyphics", Dover Publications, New York (1961).
- Krishan, K., Ghosh, A., Kanchan, T., Ngangom, C., Sen, J., "Sex differences in fingerprint ridge density-causes and further observations", Journal Of Forensic And Legal Medicine, 17(3) : 172-173 (2010).
- Moore, R.T., "Automatic fingerprint identification systems", CRC Press, Boca Raton, 164-191 (1994).
- Mi, M.P., Budy, A.M., Rashad, M.N., "A population study of finger dermal patterns and ridge counts" Progress In Dermatoglyphic Research, New York, 84 : 285-293 (1982).
- Kralik, M., Novotny, V., "Epidermal ridge breadth: an indicator of age and sex in paleodermatoglyphics", Variability and Evolution, 11: 5-30 (2003).
- Gungadin, S., "Sex Determination from Fingerprint Ridge Density", Internet Journal of Medical Update, 2(2) : 4-7 (2007).
- Ohler, E.A., Cummins, H., "Sexual differences in breadths of epidermal ridges on finger tips and palms", American Journal of Physical Anthropology, 29(3) : 341-362 (1942).
- Cummins, H., Waits, W.J., McQuitty, J.T., "The breadths of epidermal ridges on the finger tips and palms: a study of variation", American Journal of Anatomy, 68 : 127-150 (1941).
- Stoney, D.A., Thornton, J.I., "A systematic study of epidermal ridge minutiae", Journal of Forensic Sciences, 32 : 1182-1203 (1987)
- Garg, R. K., Kaur, R., "Determination of gender from fingerprints based on the number of ridges in a defined area", Fingerprint Whorld, 32 : 155-159 (2006).
- Nayak, V.C., Rastogi, P., Kanchan, T., Lobo, S.W., Yoganarasimha, K., Nayak, S., Rao, N.G., Kumar, G.P., Shetty, B.S.K., Menezes, R.G., "Sex differences from fingerprint ridge density in the Indian population", Journal of Forensic and Legal Medicine, 17 : 84-86 (2010).
- Ceyhan, E. B., "Parmak izinden cinsiyet tanıyan zeki sistem", Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, (2012).

37. Kapoor, N., Badiye, A., "Sex differences in the thumbprint ridge density in a central Indian population", *Egyptian Journal of Forensic Sciences*, 5(1) : 23-29 (2015).
38. Binorkar, S. V., Kulkarni, A. B., "Study on the fingerprint pattern and gender distribution in and around Nanded district of Maharashtra state", *European Journal of Forensic Sciences*, 4(1) : 1-5 (2017).
39. Arun, K.S., Sarath, K.S., "A Machine Learning Approach for Fingerprint Based Gender Identification", *Proceedings of Recent Advances in Intelligent Computational Systems (RAICS)*, 163-167 (2011).
40. Sanders, G., Waters, F., "Fingerprint Asymmetry Predicts Within Sex Differences in the Performance of Sexually Dimorphic Tasks", *Personality and Individual Differences*, 31 : 1181-91 (2001).
41. Verma, M., Agarwal, S., "Fingerprint Based Male-Female Classification", *Advances in Soft Computing*, 53 : 251-257 (2009).
42. Gutierrez-Redomero, E., Alonso, C., Romero, E., Galera, V., "Variability of fingerprint ridge density in a sample of Spanish Caucasians and its application to sex determination", *Forensic Science International*, 180 : 17-22 (2008).
43. Gutierrez-Redomero, E., Alonsob, M.C., Dipierri, J.E., "Sex differences in fingerprint ridge density in the Mataco-Mataguayo population", *Journal of Comparative Human Biology*, 62 : 487-499 (2011).



Bartın Üniversitesi Mühendislik ve Teknoloji Bilimleri Dergisi



Customer Satisfaction on Service Sector: A Literature Review

Mehmet Cabir AKKOYUNLU^{1,2*}, Rumeysa DEĞİRMENÇİ¹, Merve HUSSİ¹, Coşkun ÖZKAN¹

¹Yıldız Technical University, Faculty of Mechanical Engineering, Industrial Engineering Department, İstanbul / TÜRKİYE

²Bartın University, Engineering Faculty, Industrial Engineering Department, Bartın / TÜRKİYE

Received: 26.10.2017 Revised: 29.11.2017 Accepted: 19.02.2018

Abstract

In this study, we examined various article about customer satisfaction on service sector. The study are included 74 articles which published in recent years. These articles were categorized by years, application area and various information related to customer satisfaction and service sector. This study aims to create current a road map on this subject by examined articles about customer satisfaction. Our literature review also provides us to highlight some opportunities for future research. This study is less complex to understand and research customer satisfaction framework.

Keywords: Customer Satisfaction, Service Sector

Hizmet Sektöründe Müşteri Memnuniyeti: Literatür Taraması

Özet

Bu çalışmada hizmet sektöründeki müşteri memnuniyeti ile ilgili çeşitli makaleler incelenmiştir. Çalışma, son yıllarda yayınlanan 74 makaleyi içermektedir. Bu makaleler yıllara, uygulama alanlarına ve müşteri memnuniyeti ve hizmet sektörüne ilişkin çeşitli alanlara göre sınıflandırılmıştır. Bu çalışma, müşteri memnuniyeti ile ilgili makaleleri inceleyerek bu konuda güncel bir yol haritası oluşturmayı amaçlamaktadır.

Literatür incelememiz, gelecekteki araştırmalar için bazı fırsatları vurgulamamızı sağlamaktadır. Bu çalışma, müşteri memnuniyeti kavramını anlamak ve araştırmak için daha kolay bir yol haritası sunacaktır.

Anahtar Kelimeler: Müşteri Memnuniyeti, Hizmet Sektörü

1. Introduction

A customer is an individual or business that purchases the goods or services produced by a business. Today customers are generally categorized into two types which are trader and end user. An entrepreneur's or trader who is a vendor that purchases goods for resale. An end user or ultimate customer who does not resell the things bought but is the actual consumer or an agent. Firms will often compete through sales or services in order to reach large number of customer. Customers are the most important entity of firms and also main source of firms' success. It is confirmed that firms which cannot comprehend importance or value of customers is not long lived.

On the other hand generally, customer satisfaction is a reaction with difference between expectation before purchasing and sufficiency after purchasing. But it depends on store, store atmosphere, salesperson, price, guaranty and so on, not only shopping. According to performance measurement of firms, goal is the profit came from purchasing or service. If it is thought like that, customer satisfaction must be the most important criterion. In our day, firms can determine what customers want, not determine what they can produce. Gain from customer side is 'satisfying product/service' although firm side is 'more profit'.

Generally speaking service sector, it is the whole of human life all appeal to the moral satisfaction and providing needed service parts. The basis of service sector is human. Economic activities which located in service sector were grouped under 12 headings by World Trade Organization. These activities are; business services, communication services, construction and engineering services, distribution services, educational services, environmental services, financial services, health services, tourism services, entertainment, sporting and cultural services, transportation services and other services.

The aim of the study in the service sector customer satisfaction and customer satisfaction by rendering display of various measurement techniques. In this study, especially articles in 2010

and after viewed. Twenty percent of the studies are proceeding and eighty percent of the studies are journal articles. In most of the studies related to customer satisfaction in marketing sector.

1.1. Customer Satisfaction

Intense competition today, ensuring customer satisfaction and it is possible to increase customer defined. Customer orientation; of customer loyalty and provision of customer satisfaction and continuous improvement, and of course an active requires the management of complaints.

Customer satisfaction measures how well the expectations of a customer concerning a product or service provided by your company have been met. Customer satisfaction is one of the most important factors in ensuring customer loyalty. To raise the level of customer satisfaction is very important to meet the customers' expectations. The increase in customer satisfaction, operating profit more than doubled in growth can bring about.

1.2. Service Sector

The service sector, covering a wide variety of businesses, includes a broad concept which contains a huge range. The types of service businesses can be grouped under the following main headings: Transportation services (air, land, etc.), Communication services (telephone, internet, etc.), Distribution services (cargo, mail, etc.), Public services (defense, municipal services, etc.), Financial services (banks, brokerage houses, etc.), Real estate services Tourism services (hotels, restaurants, etc.), Media services (TV, radio), health care (hospitals, medical laboratories, etc.), Personal services (hairdressers, etc.), Professional services of experts (lawyers, accountants, etc.), Repair and maintenance services (car repairers, etc.)Educational services (schools, nurseries, etc.).

Today, the service sector is gaining increasing importance in the economic development process. Starting in the second half of the twentieth century, both in developed as well as developing countries, the service sector left behind the industry and agriculture sectors.

2. Analysis for Literature Review

The literature part of the study consists of 80% articles and 20% proceedings approximately. Proceedings are the collection of academic papers published in the context of an academic conference. These conferences were organized in many countries all over the world such as Slovakia, Indonesia, and Malaysia.

In recent years, customer satisfaction has become especially important. The number of articles published between 2010 and 2015 has increased. The figure of classification based on years is given in Figure 1. In addition, in 2015, mostly articles on marketing and the transportation sector were published. The percentages of areas are given in Figure 2 with approximate numbers.

As a result of our reviews about 23 percent of the articles that related to customer satisfaction were written by the Chinese authors. After that, US authors followed by about 11 per cent. Customer satisfaction issues are discussed by the author of many other nations. For example; India, Germany, Korea etc. The Chinese writers have been particularly focused on customer satisfaction and customer expectations in marketing and computer science.

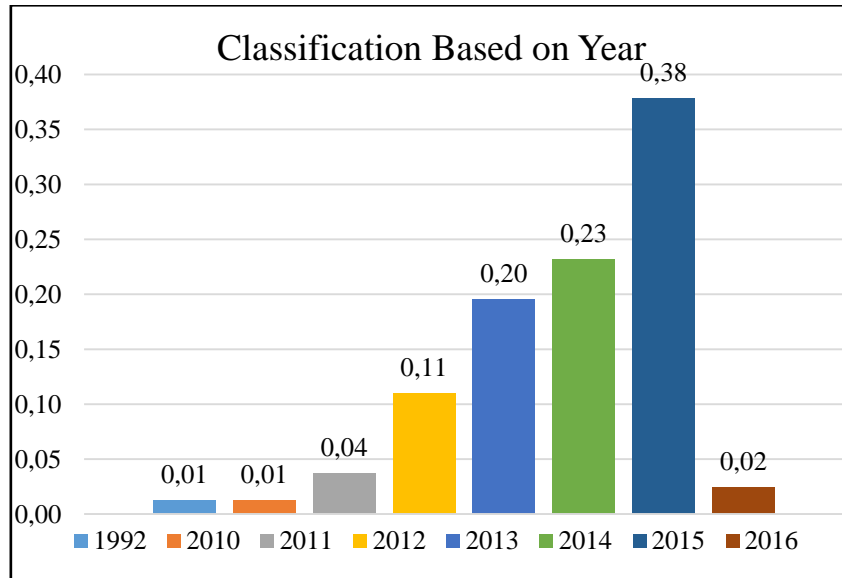


Figure 1. Classification based on year

Application area is related to the nationality of authors. Some of the researches which occurs several countries at the same time are multinational. Apart from this, most of the studies are done in Canada and China which is approximately 24 and 19 percent. Customer satisfaction is investigated mostly in service and marketing area especially for China, US and Malaysia. Approximately number of percentages of the nationalities are given in Figure 3 below. In addition the approximate numbers of percentages of application areas are given in Figure 4.

In these studies, authors often prefer structural equation modeling and confirmatory factor analysis. Structural equation modeling (SEM) refers to a diverse set of mathematical models, computer algorithms, and statistical methods that fit networks of constructs to data. SEM includes confirmatory factor analysis, path analysis, partial least squares path analysis, LISREL and latent growth modeling.

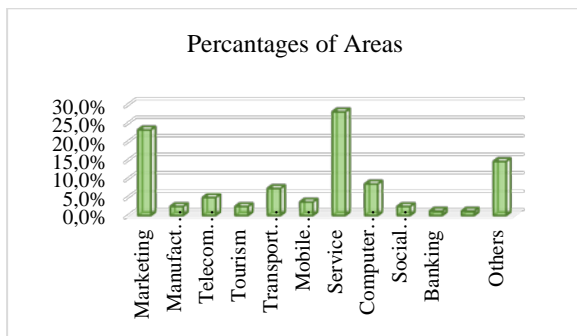


Figure 2. Percentage of areas

3. Literature Review

Walsh and Bartikowski [1] investigated corporate association and behavioral outcomes in German and US. Results of the study show that the impacts of corporate ability associations on satisfaction are superior for U.S. than for German customers.

Hagen and Bron [2] focused on customer needs and expectations on Netherland railways. The aim of this research was to seek the emotional context, such as the customers' wish and expectations and called 'moments of truth'. At the end of this research results indicate that not having a place to sit on the train is basic to the overall experience.

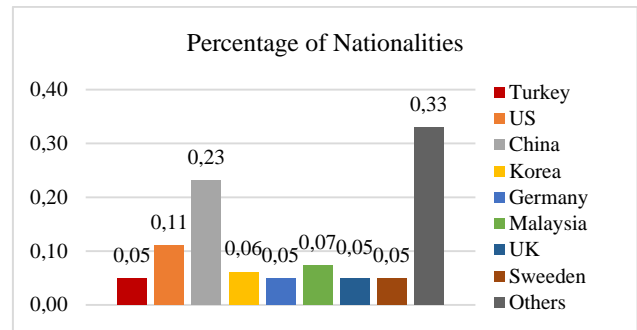


Figure 3. Percentage of nationalities

Austen et al. [3] analyzed the relationship between buying center members' individual customer satisfaction and their conjoint buying center satisfaction. The findings revealed that when individual customer satisfaction judgments are negative, they have a stronger impact on the conjoint satisfaction.

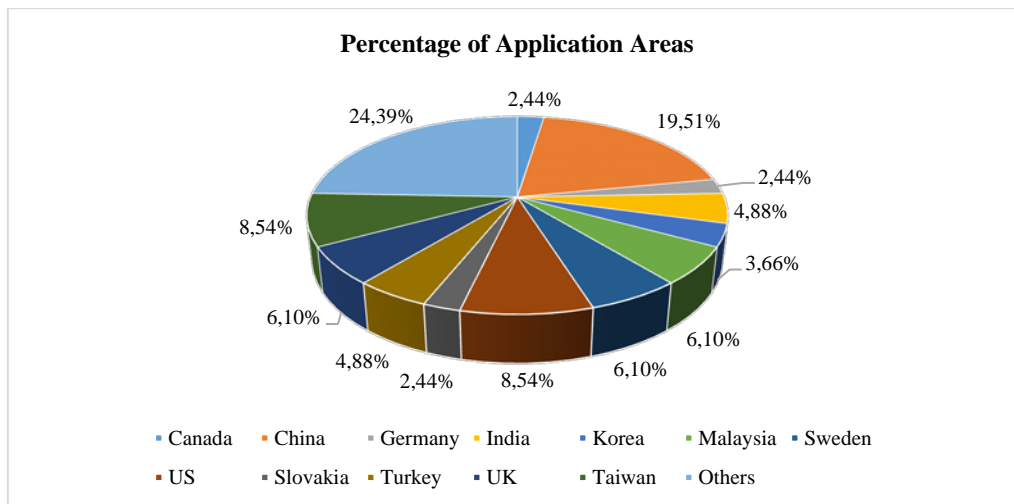


Figure 4. Percentage of application areas

Engler et al. [4] interested with online product ratings. This research presented a customer satisfaction model of online product ratings which include the customer's prepurchase expectations and actual product performance

Murali et al. [5] estimated the after sale service quality by measuring the level of customer satisfaction, customer retention and customer loyalty with the SERVQUAL analysis.

Sengupta et al. [6] wrote an article about service failure and brand reputation in airline industry. In this paper authors viewed the different coping mechanisms used by customers when they confront some service failure.

Chakraborty and Sengupta [7] worked on network providers in Kolkata. Aim of the study is to improve the customer satisfaction of mobile network providers.

Srivastava and Kaul [8] examined the effect of both convenience and social interaction on customer satisfaction.

Yeo et al. [9] studied on port service quality and customer satisfaction. It was also contributes to management practices because port managers can use the port service quality scale to measure their customers' satisfaction.

Shin [10] wrote an article about impact of the customer experience on satisfaction with smartphones. The findings showed that the perceived value and customer satisfaction are important variables for the quality and customer loyalty.

Kang and Park [11] studied about review based measurement of customer satisfaction in mobile service. Researches applied the technique of sentiment analysis by VIKOR.

Jung and Kwon [12] made a research which is related with differences between LTE and 3G service customers. The findings indicate that 3G and LTE subscribers are very different while traditional factors such as call quality, data quality, customer support etc. are still predictive factors of customer satisfaction.

Han and Hyun [13] studied on customer retention and its effects on customer satisfaction in the medical tourism industry.

Saeidi et al. [14] wrote an article which is consider about sustainable competitive advantage, reputation, and customer satisfaction as three possible factor in the relationship between corporate, social responsibility and firm performance. Application area of this study is manufacturing and consumer product firms.

Lim et al. [15] wrote an article considering about Generation Y's online website satisfaction. This study defined four significant factors influencing the consumer satisfaction on website: usability, credibility, service quality and transaction costs.

Noor et al. [16] had a proceeding about customer satisfaction of service quality as public bus service. This proceeding defines components of satisfaction of public bus service in Malaysia.

M.Zain and Saidu [17] revealed the customers' acceptance, and identify influencing factors at the satisfaction.

Ihtiyar et al. [18] made researches about service reliability in grocery retailing. Aim of this study is to understand the effect of intercultural ability on reliability that is one of the variables of service quality and customer satisfaction in grocery retail.

Zayareh et al. [19] were interested with internet banking system. This study had validated that construct of eservice quality, with some alteration, can be used to measure e-SQ for internet banking services.

Bandaru et al. [20] considered about customer satisfaction index in automobile companies.

Söderlund and Colliander [21] showed three types of rewards in a retail loyalty program context (under-reward, equity reward, and over-reward) and their effect on customer satisfaction.

Claes [22] studied about relationship between market share and customer satisfaction. And also the importance of customer satisfaction and its position within the whole strategy of the firm are argued.

Klementova et al. [23] studied about service quality through customers' satisfaction. The contribution relates with the measurement and consideration of the service quality. It is performed through the quality criteria for the area of information services and education.

Parobek et al. [24] focused on tracking customer satisfaction on the furniture market.

Agnihotri et al. [25] studied about testing the mediating effects of salesperson information communication behaviors between customer satisfaction and social media usage. Results show that social media plays a significant role in communicating information to customers.

Mathe-Soulek et al. [26] studied about customer satisfaction performance optimization. The aim is with this study basic (taste, temperature, and accuracy), excitement (cleanliness, speed, and ease of understanding) and performance (friendliness) factors were identified for a quick service restaurant context.

Kwon et al. [27] investigated that which objective is the role of social presence with other consumers in influencing consumer

satisfaction evaluations. This research proposes that a mere presence of other shoppers can be effective when the perceived similarity between a customer and others.

Vogus and McClelland [28] studied about patient satisfaction and service quality ratings.

Bauman and Skitka [29] examined why corporate social responsibility may represent an especial opportunity to affect employees' general effect of their company.

Assaf and Magnini [30] investigated customer satisfaction with measuring hotel efficiency. As a result of the study, satisfaction has a strong linkage with loyalty which in turn decreases the cost of future transactions.

Udo et al. [31] wrote an article about customers' web service quality perception and showed the e-customer's expectations and perception of e-service quality.

Steven et al. [32] examined the reasonable influence of market concentration and firm dominance on the service satisfaction performance relationship about US airlines.

Aguwa et al. [33] made a study regarding about the correct comment of customer behaviors. In this study, a relationship between customer requirements with product design output has tried to set.

Blut et al. [34] investigated how switching costs influence customer satisfaction. The results show us relational switching costs have the most powerful association with repurchase intentions and relational switching costs reduce the association between satisfactions and repurchase intentions whereas financial switching costs increase it.

Manika et al. [35] identified companies' social media service failure apologies and fills a gap in the social commerce literature by recognition that due to the open and public nature of social media with this study.

Yu et al. [36] researched with using confirmatory factor analysis the relationships among external integration, internal integration, customer satisfaction, and financial performance in supply chain integration.

Hsiao et al. [37] tried to investigate how environmental characteristics of restaurant location and individual characteristics of customers affected customers' emotional responses to service attitudes, and how these emotions affected customer satisfaction and stickiness.

Hsiao et al. [38] have tried to integrate customer value perspectives to explore the effective factors in continuance usage of mobile social apps. After the subsequent data analysis, the findings show that the continuance usage of social apps is driven by users' satisfaction, hedonic motivation to use the apps and tight connection with others.

Chen [39] have tried to explain exploring asymmetric effects of attribute performance on customer satisfaction.

Chang [40] explained impact of service scape on customer behavioral intentions. Study on service employees' role in the stimulus (service scape), organism (customer emotions), response (behavioral intentions) relationship investigate the effect of service employee performance on customers.

Low et al. [41] made a research for explanation the link between customer satisfaction and price sensitivity in retailing industry in Taiwan. Confirmatory factor analysis and discriminant validity analysis were applied for this investigation.

Aktepe et al. [42] studied about customers in 4 main groups according to loyalty and their level of satisfaction. As a

consequence, a customer and criteria grouping method is generated with high performance classification methods.

Aydın et al. [43] wrote an article about a hierarchical customer satisfaction framework to measure rail transit lines' performances in Istanbul. Statistical analysis, fuzzy analytic hierarchy process, trapezoidal fuzzy sets and Choquet integral are applied in this study to evaluate customer satisfaction levels.

Celik et al. [44] made research about public transport vehicles in İstanbul. According to customer satisfaction survey and statistical analysis satisfaction levels of public transportation customers in İstanbul are evaluated.

Alpu [45] studied about intercity transportation customer satisfaction. High Speed Train (HSTs) are comfortable and technologically modern transportation vehicles that attract both current and potential customers.

Li et al. [46] investigated reliability evaluation of active distribution networks (ADNs) in computer science sector. Its aim is to maximize the operation benefit of ADNs using demand response.

Ren et al. [47] studied about customer experience and satisfaction in tourism sector. The main objective of this study was to determine the dimensionality of customer experience with budget hotels and examine the influencing factors for customer satisfaction.

Subramanian et al. [48] tried to explore innovative service satisfaction in marketing sector. As a result of this study, provided integrating consumer behavior and service operations literature and to verify innovative service satisfaction and customer promotion behavior models.

Gao et al. [49] studied about transaction specific satisfaction on customer loyalty in leisure industry. This study has been applied casinos, hotels, food and beverage (F&B) and shopping in China.

Zhou et al. [50] have made a research about the user generated content in online hotel reviews to provide comparative and benchmarking insights about customer satisfaction.

Siu et al. [51] made a study for post-recovery satisfaction, service failure, customer attribution, corporate social responsibility and customer-company identification in service sector.

Hao et al. [52] studied about the following as customer satisfaction, website evaluation and smart tourism in computer science sector. As a result, different customer sections have different sights on the importance of various evaluation criteria.

Shi et al. [53] aimed to investigate a mediation relationship by targeting that customer satisfaction intervenes between casino service quality and loyalty.

Li et al. [54] had an investigation for customized product development and satisfaction evaluation in marketing.

Yu et al. [55] studied about customer satisfaction in e-commerce.

Jiang et al. [56] studied on effective product design and customer satisfaction in service sector.

Giovanis et al. [57] studied about antecedents of customer loyalty in service sector and the findings validated that perceived service quality aspects, emotional satisfaction and image are key drivers of customer loyalty.

Zhao and Mattila [58] studied about work-family conflict and customer satisfaction in marketing.

Wong and Dioko [59] showed that customer expectations moderate the mediating influence of perceived value while perceived value fully mediates the moderating influence of customer expectations.

Chai et al. [60] investigated that product design satisfaction in manufacturing. The connection between traditional cultural elements and customer satisfaction was discovered in the study.

Ahmad et al. [61] studied about three factor theory on customer satisfaction in marketing sector. The analysis of customer satisfaction datasets has revealed that product related features fall into three categories (i.e., basic, performance, and excitement).

Yu et al. [62] studied about customer perceived value and customer involvement in service.

Rod et al. [63] investigated the nature of relationships between customer perceptions and selected behavioral intentions by using customers of a commercial retail bank in Russia.

Visschers and Siegrist [64] investigated that sustainable food consumption to customer satisfaction in marketing.

Radojevic et al. [65] made a study about customer satisfaction with online hotel reviews in tourism sector. This study investigates the extent to which certain hotel features impact customer satisfaction in the European hospitality industry.

Lun et al. [66] aimed to show the relationship between organizational capability and customer satisfaction as well as the mediating role of profitability in this relationship.

Affifah and Asnan [67] showed that corporate social responsibility has significant positive effect on customer company identifications, but has no effect on customer satisfaction and customer loyalty.

Dovaliene et al. [68] aimed to observe theoretically the connections between customer engagement, customer perceived value and satisfaction and to test them empirically in the case of mobile applications.

Porral and Margin [69] emphasized that as a result of this article, mobile companies should seek to develop their customers' perceptions of the core services offered.

Nyadzayo and Khajehzadeh [70] studied about customer loyalty and brand image in service sector.

Suárez et al. [71] showed that the factors that drive satisfaction for micro-enterprises and residential customers are similar, but the drivers of satisfaction for small and medium-sized enterprises are distinct.

Porral and Mangin [72] studied about switching behavior in computer science. This study aims the creation of customer satisfaction and loyalty, along with the influence of switching costs in the mobile services' market by comparing network.

Navimipour and Soltani [73] made a research about E-CRM in computer science. The findings of the research indicated that the customer costs positively impacts on the customer relationship performance.

Chow [74] showed that customer complaints increase with damaged baggage at a declining rate and customer complaints decrease with temperature at an increasing rate.

4. Conclusion

The purpose of this study is to conduct a systematic review of the literature on customer satisfaction on service sector.

As a summary 23 percent of the articles were written by the Chinese authors. Then, American authors followed by about 11 percent. Furthermore, most of the studies are done in Canada and China. Predictably, application area is related to authors' nationality generally. In addition, mostly, structural equation modelling was used in these articles.

Our review shows that a majority of the empirical studies adopt the survey method. However, around eighty percent of articles are empirical. Aim of many empirical studies is to test theories and improve explanatory models. A significant limitation of this study is that our findings are largely subject to the pool of journal articles that meet our selection criteria. We collect empirical studies without incorporating non-empirical ones. Also, conference proceedings are included in our review. Another limitation is that this study primarily focuses on customer satisfaction.

Our literature review also provides us to highlight some opportunities for future research. We believe that our literature review and theoretical framework will contribute to the understandings of this domain and inspire more related research in the future. This study is less complex to understand and research customer satisfaction framework.

References

1. Gianfranco Walsh, Boris Bartikowski, Exploring corporate ability and social responsibility associations as antecedents of customer satisfaction cross-culturally, *Journal of Business Research*, Volume 66, Issue 8, August 2013, Pages 989-995.
2. Mark van Hagen, Pauline Bron, Enhancing the Experience of the Train Journey: Changing the Focus from Satisfaction to Emotional Experience of Customers, *Transportation Research Procedia*, Volume 1, Issue 1, 2014, Pages 253-263.
3. Viola Austen, Uta Herbst, Victoria Bertels, When 3 + 3 does not equal 5 + 1—New insights into the measurement of industrial customer satisfaction, *Industrial Marketing Management*, Volume 41, Issue 6, August 2012, Pages 973-983.
4. Tobias H. Engler, Patrick Winter, Michael Schulz, Understanding online product ratings: A customer satisfaction model, *Journal of Retailing and Consumer Services*, Volume 27, November 2015, Pages 113-120.
5. S. Murali, S. Pugazhendhi, C. Muralidharan, Modelling and Investigating the relationship of after sales service quality with customer satisfaction, retention and loyalty – A case study of home appliances business, *Journal of Retailing and Consumer Services*, Volume 30, May 2016, Pages 67-83.
6. Aditi Sarkar Sengupta, M.S. Balaji, Balaji C. Krishnan, How customers cope with service failure? A study of brand reputation and customer satisfaction, *Journal of Business Research*, Volume 68, Issue 3, March 2015, Pages 665-674.
7. Shibashish Chakraborty, Kalyan Sengupta, Structural equation modelling of determinants of customer satisfaction of mobile network providers: Case of Kolkata, India, *IIMB Management Review*, Volume 26, Issue 4, December 2014, Pages 234-248.
8. Mala Srivastava, Dimple Kaul, Social interaction, convenience and customer satisfaction: The mediating effect of customer experience, *Journal of Retailing and Consumer Services*, Volume 21, Issue 6, November 2014, Pages 1028-1037.
9. Gi Tae Yeo, Vinh V. Thai, Sae Yeon Roh, An Analysis of Port Service Quality and Customer Satisfaction: The Case of Korean Container Ports, *The Asian Journal of Shipping and Logistics*, Volume 31, Issue 4, December 2015, Pages 437-447.
10. Dong-Hee Shin, Effect of the customer experience on satisfaction with smartphones: Assessing smart satisfaction index with partial least squares, *Telecommunications Policy*, Volume 39, Issue 8, September 2015, Pages 627-641.
11. Daekook Kang, Yongtae Park, Review-based measurement of customer satisfaction in mobile service: Sentiment analysis and VIKOR approach, *Expert Systems with Applications*, Volume 41, Issue 4, Part 1, March 2014, Pages 1041-1050.
12. Wonsuk Jung, Youngsun Kwon, Differences between LTE and 3G service customers: Business and policy implications, *Telematics and Informatics*, Volume 32, Issue 4, November 2015, Pages 667-680.
13. Heesup Han, Sunghyup Sean Hyun, Customer retention in the medical tourism industry: Impact of quality, satisfaction, trust, and price reasonableness, *Tourism Management*, Volume 46, February 2015, Pages 20-29.
14. Sayedeh Parastoo Saeidi, Saudah Sofian, Parvaneh Saeidi, Sayyedah Parisa Saeidi, Seyyed Alireza Saeidi, How does corporate social responsibility contribute to firm financial

- performance? The mediating role of competitive advantage, reputation, and customer satisfaction, *Journal of Business Research*, Volume 68, Issue 2, February 2015, Pages 341-350.
15. Ying San Lim, Pui Chuan Heng, Tuan Hock Ng, Chew Sze Cheah, Customers' online website satisfaction in online apparel purchase: A study of Generation Y in Malaysia, *Asia Pacific Management Review*, Volume 21, Issue 2, June 2016, Pages 74-78.
 16. Harifah Mohd Noor, Na'asah Nasrudin, Jurry Foo, Determinants of Customer Satisfaction of Service Quality: City Bus Service in Kota Kinabalu, Malaysia, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Volume 153, 2014, Pages 595-605.
 17. Osman M. Zain, Mohammed Bashir Saidu, The Customers Satisfaction on Retailers' Brand Products: A Study on Selected Areas in Klang Valley, *Procedia Economics and Finance*, Volume 35, 2016, Pages 418-427, ISSN 2212-5671.
 18. Ali Ihtiyar, Fauziah Sh. Ahmad, Mas Bambang Baroto, Impact of Intercultural Competence on Service Reliability and Customer Satisfaction in the Grocery Retailing, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Volume 99, 2013, Pages 373-381.
 19. Farnaz Beheshti Zavareh, Mohd Shoki Md Ariff, Ahmad Jusoh, Norhayati Zakuan, Ahamad Zaidi Bahari, Mohsen Ashourian, E-Service Quality Dimensions and Their Effects on E-Customer Satisfaction in Internet Banking Services, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Volume 40, 2012, Pages 441-445.
 20. Sunith Bandaru, Abhinav Gaur, Kalyanmoy Deb, Vineet Khare, Rahul Chougule, Pulak Bandyopadhyay, Development, analysis and applications of a quantitative methodology for assessing customer satisfaction using evolutionary optimization, *Applied Soft Computing*, Volume 30, May 2015, Pages 265-278.
 21. Magnus Söderlund, Jonas Colliander, Loyalty program rewards and their impact on perceived justice, customer satisfaction, and repatronize intentions, *Journal of Retailing and Consumer Services*, Volume 25, July 2015, Pages 47-57.
 22. Fornell, Claes. "A National Customer Satisfaction Barometer: The Swedish Experience." *Journal of Marketing* 56, no. 1 (1992), Pages 6-21.
 23. Jarmila Klementova, Jan Zavadsky, Zuzana Zavadska, The Measurement and Evaluation of the Service Quality through Customers' Satisfaction, *Procedia Economics and Finance*, Volume 26, 2015, Pages 126-130.
 24. Ján Parobek, Erika Loučanová, Martina Kalamárová, Mikuláš Šupín, Katarína Repková Štofková, Customer Window Quadrant as a Tool for Tracking Customer Satisfaction on the Furniture Market, *Procedia Economics and Finance*, Volume 34, 2015, Pages 493-499.
 25. Raj Agnihotri, Rebecca Dingus, Michael Y. Hu, Michael T. Krush, Social media: Influencing customer satisfaction in B2B sales, *Industrial Marketing Management*, Volume 53, February 2016, Pages 172-180.
 26. Kimberly Mathe-Soulek, Lisa Slevitch, Ioana Dallinger, Applying mixed methods to identify what drives quick service restaurant's customer satisfaction at the unit-level, *International Journal of Hospitality Management*, Volume 50, September 2015, Pages 46-54.
 27. Hyorkjin Kwon, Sejin Ha, Hyunjoo Im, The impact of perceived similarity to other customers on shopping mall satisfaction, *Journal of Retailing and Consumer Services*, Volume 28, January 2016, Pages 304-309.
 28. Timothy J. Vogus, Laura E. McClelland, When the customer is the patient: Lessons from healthcare research on patient satisfaction and service quality ratings, *Human Resource Management Review*, Volume 26, Issue 1, March 2016, Pages 37-49.
 29. Christopher W. Bauman, Linda J. Skitka, Corporate social responsibility as a source of employee satisfaction, *Research in Organizational Behavior*, Volume 32, 2012, Pages 63-86.
 30. A. George Assaf, Vincent Magnini, Accounting for customer satisfaction in measuring hotel efficiency: Evidence from the US hotel industry, *International Journal of Hospitality Management*, Volume 31, Issue 3, September 2012, Pages 642-647.
 31. Godwin J. Udo, Kallol K. Bagchi, Peeter J. Kirs, An assessment of customers' e-service quality perception, satisfaction and intention, *International Journal of Information Management*, Volume 30, Issue 6, December 2010, Pages 481-492.
 32. Adams B. Steven, Yan Dong, Martin Dresner, Linkages between customer service, customer satisfaction and performance in the airline industry: Investigation of nonlinearities and moderating effects, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Volume 48, Issue 4, July 2012, Pages 743-754.
 33. Celestine C. Aguwa, Leslie Monplaisir, Ozgu Turgut, Voice of the customer: Customer satisfaction ratio based analysis, *Expert Systems with Applications*, Volume 39, Issue 11, 1 September 2012, Pages 10112-10119.
 34. Markus Blut, Carly M. Frennea, Vikas Mittal, David L. Mothersbaugh, How procedural, financial and relational switching costs affect customer satisfaction, repurchase intentions, and repurchase behavior: A meta-analysis, *International Journal of Research in Marketing*, Volume 32, Issue 2, June 2015, Pages 226-229.
 35. Danae Manika, Savvas Papagiannidis, Michael Bourlakis, Understanding the effects of a social media service failure apology: A comparative study of customers vs. potential customers, *International Journal of Information Management*, Volume 37, Issue 3, June 2017, Pages 214-228.
 36. Wantao Yu, Mark A. Jacobs, W. David Salisbury, Harvey Enns, The effects of supply chain integration on customer satisfaction and financial performance: An organizational learning perspective, *International Journal of Production Economics*, Volume 146, Issue 1, November 2013, Pages 346-358.
 37. Yu-Hsiang Hsiao, Li-Fei Chen, Chao-Chin Chang, Fu-Hsuan Chiu, Configurational path to customer satisfaction and stickiness for a restaurant chain using fuzzy set qualitative comparative analysis, *Journal of Business Research*, Volume 69, Issue 8, August 2016, Pages 2939-2949.
 38. Chun-Hua Hsiao, Jung-Jung Chang, Kai-Yu Tang, Exploring the influential factors in continuance usage of mobile social Apps: Satisfaction, habit, and customer value perspectives, *Telematics and Informatics*, Volume 33, Issue 2, May 2016, Pages 342-355.
 39. Li-Fei Chen, Exploring asymmetric effects of attribute performance on customer satisfaction using association rule method, *International Journal of Hospitality Management*, Volume 47, May 2015, Pages 54-64.
 40. Kuo-Chien Chang, Effect of servicescape on customer behavioral intentions: Moderating roles of service climate and employee engagement, *International Journal of Hospitality Management*, Volume 53, February 2016, Pages 116-128.
 41. Wen-Shinn Low, Jeng-Da Lee, Soo-May Cheng, The link between customer satisfaction and price sensitivity: An investigation of retailing industry in Taiwan, *Journal of Retailing and Consumer Services*, Volume 20, Issue 1, January 2013, Pages 1-10.
 42. Adnan Aktepe, Süleyman Ersöz, Bilal Toklu, Customer satisfaction and loyalty analysis with classification algorithms and Structural Equation Modeling, *Computers & Industrial Engineering*, Volume 86, August 2015, Pages 95-106.
 43. Nezir Aydin, Erkan Celik, Alev Taskin Gumus, A hierarchical customer satisfaction framework for evaluating rail transit systems of Istanbul, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, Volume 77, July 2015, Pages 61-81.
 44. Erkan Celik, Ozge Nalan Bilisik, Melike Erdogan, Alev Taskin Gumus, Hayri Baraclı, An integrated novel interval type-2 fuzzy MCDM method to improve customer satisfaction in public transportation for Istanbul, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, Volume 58, November 2013, Pages 28-51.
 45. Ozlem Alpu, A methodology for evaluating satisfaction with high-speed train services: A case study in Turkey, *Transport Policy*, Volume 44, November 2015, Pages 151-157.
 46. Gengfeng Li, Zhaohong Bie, Haipeng Xie, Yanling Lin, Customer satisfaction based reliability evaluation of active distribution networks, *Applied Energy*, Volume 162, 15 January 2016, Pages 1571-1578.

47. Lianping Ren, Hanqin Qiu, Peilai Wang, Pearl M.C. Lin, Exploring customer experience with budget hotels: Dimensionality and satisfaction, *International Journal of Hospitality Management*, Volume 52, January 2016, Pages 13-23.
48. Nachiappan Subramanian, Angappa Gunasekaran, Yanan Gao, Innovative service satisfaction and customer promotion behaviour in the Chinese budget hotel: an empirical study, *International Journal of Production Economics*, Volume 171, Part 2, January 2016, Pages 201-210.
49. Bo Wendy Gao, Ivan Ka Wai Lai, The effects of transaction-specific satisfactions and integrated satisfaction on customer loyalty, *International Journal of Hospitality Management*, Volume 44, January 2015, Pages 38-47.
50. Lingqiang Zhou, Shun Ye, Philip L. Pearce, Mao-Ying Wu, Refreshing hotel satisfaction studies by reconfiguring customer review data, *International Journal of Hospitality Management*, Volume 38, April 2014, Pages 1-10.
51. Noel Yee-Man Siu, Tracy Jun-Feng Zhang, Ho-Yan Kwan, Effect of corporate social responsibility, customer attribution and prior expectation on post-recovery satisfaction, *International Journal of Hospitality Management*, Volume 43, October 2014, Pages 87-97.
52. Jin-Xing Hao, Yan Yu, Rob Law, Davis Ka Chio Fong, A genetic algorithm-based learning approach to understand customer satisfaction with OTA websites, *Tourism Management*, Volume 48, June 2015, Pages 231-241.
53. Yongdong Shi, Catherine Prentice, Wei He, Linking service quality, customer satisfaction and loyalty in casinos, does membership matter?, *International Journal of Hospitality Management*, Volume 40, July 2014, Pages 81-91.
54. Li Li, Fei Liu, and Congbo Li. 2014. Customer satisfaction evaluation method for customized product development using Entropy weight and Analytic Hierarchy Process. *Comput. Ind. Eng.* 77, C (November 2014), 80-87.
55. Jie YU, Nachiappan Subramanian, Kun Ning, David Edwards, Product delivery service provider selection and customer satisfaction in the era of internet of things: A Chinese e-retailers' perspective, *International Journal of Production Economics*, Volume 159, January 2015, Pages 104-116.
56. Huimin Jiang, C.K. Kwong, K.W.M. Siu, Y. Liu, Rough set and PSO-based ANFIS approaches to modeling customer satisfaction for affective product design, *Advanced Engineering Informatics*, Volume 29, Issue 3, August 2015, Pages 727-738.
57. Apostolos N. Giovanis, Dimitris Zondiros, Petros Tomaras, The Antecedents of Customer Loyalty for Broadband Services: The Role of Service Quality, Emotional Satisfaction and Corporate Image, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Volume 148, 2014, Pages 236-244.
58. Xinyuan (Roy) Zhao, Anna S. Mattila, Examining the spillover effect of frontline employees' work-family conflict on their affective work attitudes and customer satisfaction, *International Journal of Hospitality Management*, Volume 33, June 2013, Pages 310-315.
59. IpKin Anthony Wong, Leonardo (Don) A.N. Dioko, Understanding the mediated moderating role of customer expectations in the customer satisfaction model: The case of casinos, *Tourism Management*, Volume 36, June 2013, Pages 188-199.
60. Chunlei Chai, Defu Bao, Lingyun Sun, Yu Cao, The relative effects of different dimensions of traditional cultural elements on customer product satisfaction, *International Journal of Industrial Ergonomics*, Volume 48, July 2015, Pages 77-88.
61. Amir Ahmad, Lipika Dey, Sami M. Halawani, A rule-based method for identifying the factor structure in customer satisfaction, *Information Sciences*, Volume 198, 1 September 2012, Pages 118-129.
62. Wantao Yu, Mark A. Jacobs, W. David Salisbury, Harvey Enns, The effects of supply chain integration on customer satisfaction and financial performance: An organizational learning perspective, *International Journal of Production Economics*, Volume 146, Issue 1, November 2013, Pages 346-358.
63. Michel Rod, Nicholas J. Ashill, Tanya Gibbs, Customer perceptions of frontline employee service delivery: A study of Russian bank customer satisfaction and behavioural intentions, *Journal of Re-tailing and Consumer Services*, Volume 30, May 2016, Pages 212-221.
64. Vivianne H.M. Viisschers, Michael Siegrist, Does better for the environment mean less tasty? Offering more climate-friendly meals is good for the environment and customer satisfaction, *Appetite*, Volume 95, 1 December 2015, Pages 475-483.
65. Tijana Radojevic, Nemanja Stanic, Nenad Stanic, Ensuring positive feedback: Factors that influence customer satisfaction in the contemporary hospitality industry, *Tourism Management*, Volume 51, December 2015, Pages 13-21.
66. Y.H. Venus Lun, Kuo-chung Shang, Kee-hung Lai, T.C.E. Cheng, Examining the influence of organizational capability in innovative business operations and the mediation of profitability on customer satisfaction: An application in intermodal transport operators in Taiwan, *International Journal of Production Economics*, Volume 171, Part 2, January 2016, Pages 179-188.
67. Nur Afifah, Afandi Asnan, The Impact of Corporate Social Responsibility, Service Experience and Intercultural Competence on Customer Company Identification, Customer Satisfaction and Customer Loyalty (Case Study: PDAM Tirta Khatulistiwa Pontianak West Kalimantan), *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Volume 211, 2015, Pages 277-284.
68. Aiste Dovaliene, Akvile Masiulyte, Zaneta Piligrimiene, The Relations between Customer Engagement, Perceived Value and Satisfaction: The Case of Mobile Applications, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Volume 213, 2015, Pages 659-664.
69. C. Calvo-Porrá, J.-P. Lévy-Mangin, Smooth operators? Drivers of customer satisfaction and switching behavior in virtual and traditional mobile services, *Revista Española de Investigación en Marketing ESIC*, Volume 19, Issue 2, September 2015, Pages 124-138.
70. Munyaradzi W. Nyadzayo, Saman Khajehzadeh, The antecedents of customer loyalty: A moderated mediation model of customer relationship management quality and brand image, *Journal of Re-tailing and Consumer Services*, Volume 30, May 2016, Pages 262-270.
71. David Suárez, Begoña García-Mariñoso, and Iván Santos. 2016. Satisfaction of business customers with mobile phone and internet services in Spain. *Telecommun. Policy* 40, 1 (February 2016), 52-61.
72. Cristina Calvo-Porrá, Jean-Pierre Lévy-Mangin, Switching behavior and customer satisfaction in mobile services: Analyzing virtual and traditional operators, *Computers in Human Behavior*, Volume 49, August 2015, Pages 532-540.
73. Nima Jafari Navimipour, Zeynab Soltani, The impact of cost, technology acceptance and employees' satisfaction on the effectiveness of the electronic customer relationship management systems, *Computers in Human Behavior*, Volume 55, Part B, February 2016, Pages 1052-1066.
74. Clement Kong Wing Chow, Customer satisfaction and service quality in the Chinese airline industry, *Journal of Air Transport Management*, Volume 35, March 2014, Pages 102-107.