

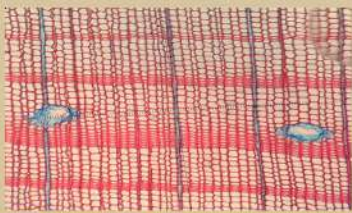


BARTIN ÜNİVERSİTESİ
ULUSLARARASI FEN BİLİMLERİ DERGİSİ

JONAS



$$\begin{aligned} \operatorname{tg} 2x &= \frac{2 \operatorname{tg} x}{1 - \operatorname{tg}^2 x} & \operatorname{tg} x &= \frac{\sin x}{\cos x} \\ \lambda x - y + z &= 1 \\ x + \lambda y + z &= \lambda \\ x + y + \lambda z &= \lambda^2 \end{aligned}$$
$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{\sqrt{n^2+1} + n}{\sqrt[3]{3n^2+2n-1}}$$
$$\frac{a}{\sin \alpha} = \frac{b}{\sin \beta} = \frac{c}{\sin \gamma}$$



Bartın University International Journal of Natural
and Applied Sciences

Bartın Üniversitesi Uluslararası Fen Bilimleri Dergisi

Bartın University International Journal of Natural And Applied Sciences (JONAS)

Publisher and Editor's Office

Bartın University
Institute of Science
1st Floor, Agdaci District, Agdaci Campus
74100 Bartın-Turkey
Tel: +90(378) 223 5422, Fax: +90(378) 2235424
E-mail: jonas@bartin.edu.tr

Editor-in-Chief

Hatice Selma ÇELİKİYAY, *Prof.*

Co-editor and Technical Editor

Şahin PALTA, *Assoc. Prof.*
Emrah ALTUN, *Assoc. Prof.*
Pınar BOLLUKCU, *Assist. Prof.*
Parham TASLİMİ, *Assist. Prof.*

Editorial Board

Afer ALİFOV
Baku Engineering University, Azerbaijan.

Ahmet Alper BABALIK
Applied Sciences University of Isparta, Turkey.

Ahmet KARADAĞ
Yozgat University, Turkey.

Ahmet TUTUŞ
Kahramanmaraş University, Turkey.

Aysel USLU
Ankara University, Turkey.

Azize Toper KAYGIN
Bartın University, Turkey.

Azmihan AZİMOV
Azerbaijan University of Architecture and Construction,
Azerbaijan.

Barbaros YAMAN
Bartın University, Turkey.

Bülent KAYGIN
Bartın University, Turkey.

Cemil ALKAN

Gaziosmanpaşa University, Turkey.

Ercan TUNÇ
Gaziosmanpaşa University, Turkey.

Gonzalo Martinez BARRERA
Autonomous University of the State of Mexico, Mexico

Hamit AYBERK
İstanbul University, Turkey.

Harun PARLAR
Technical University of Munich, Germany.

İclal DİNÇER
Yıldız Technical University, Turkey.

İlham PİRMAMEDOV
Azerbaijan Technical University, Azerbaijan.

İsa HALİLOV
Azerbaijan Technical University, Azerbaijan.

İsmet Dasedemir
Bartın University, Turkey.

Joan Jose del Coz DIAZ
University of Oviedo, Spain.

Lokman ÖZTÜRK
Gaziosmanpaşa University, Turkey.

Mahfuz ELMASTAŞ
University of Health Sciences, Turkey.

Mustafa Sabri GÖK
Bartın University, Turkey.

Nilgül KARADENİZ
Ankara University, Turkey.

Oğuzhan SARIKAYA
Bursa Technical University, Turkey.

Orhan UZUN
Bartın University, Turkey.

Osman GENCEL
Bartın University, Turkey.

Ömer KARA
Karadeniz Technical University, Turkey.

Sabir ORUCOV
Baku Engineering University, Azerbaijan.

Sebahat AÇIKSÖZ
Bartın University, Turkey.

Selma ÇELİKİYAY
Bartın University, Turkey.

Selman KARAYILMAZLAR
Bartın University, Turkey.

Witold BROSTOW
University of North Texas, U.S.A.

JONAS is a peer reviewed journal which is published twice in a year (July and December) and only published as online. Original researches and invited review papers in English and Turkish are accepted to publication in the JONAS. The manuscripts submitted to the JONAS are double-blind peer reviewed, and the review process is completed in 30 days. According to the reviewers' comments, the submitted manuscripts are accepted or rejected. Manuscripts must be submitted with the understanding that they have not been published elsewhere and are not currently under consideration by another journal. JONAS is an open access journal, and provides immediate open access to its content on the principle that making research freely available to the public supports a greater global exchange of knowledge. Publishing in JONAS is free of charge.

Bartın University International Journal of Natural and Applied Sciences should be abbreviated as JONAS.

JONAS is open access, and the JONAS provides immediate open access to its content on the principle that making research freely available to the public supports a greater global exchange of knowledge. All articles in this journal are available free of charge from <http://dergipark.gov.tr/jonas>.

Both the University of Bartın and Institute of Science do not accept responsibility for the statements made or for the opinions expressed in the Bartın University International Journal of Natural and Applied Sciences (JONAS). The university makes no representation or warranty of any kind, concerning the accuracy, completeness, suitability or utility of any information, apparatus, product or processes discussed in this publication; therefore it assumes no liability. Except for fair copying, no part of this publication may be produced, stored in a retrieval system in any form or by any means electronic, mechanical, etc. or otherwise without the prior written permission of the JONAS and without reference.

Bartın Üniversitesi ve Fen Bilimleri Enstitüsü, Bartın Üniversitesi Uluslararası Fen Bilimleri Dergisi (JONAS) yayınlarında varılan sonuçlar veya fikirlerin sorumluluğunu taşımamaktadır. Üniversitenin, bu yayında ileri sürülen bilgi, alet, ürün ya da işlevlerin doğruluğu, bütünlüğü, uygunluğu ve kullanılabilirliği konusunda bir yüklenimi ve iddiası bulunmamaktadır. Bu sebeple herhangi bir nedenle sorumlu tutulamaz. Bu yayının herhangi bir kısmı, JONAS'ın yazılı izni olmadıkça kaynak gösterilmeden yayınlanamaz, bilgi saklama sistemine alınamaz veya elektronik, mekanik vb. sistemlerle çoğaltılamaz.

<u>Contents</u>	
<u>Articles</u>	<u>Pages</u>
Evaluation of Çamlıca Mosque within the Scope of Universal Design <i>Çamlıca Camii'nin Evrensel Tasarım Kapsamında Değerlendirilmesi</i> Nur Sümeyye YALÇIN KOÇAK, Şahika ÖZDEMİR	133-145
Evaluation of Gaboras Real Estate Stock Exchange Scoring System in Terms of Architectural Design Criteria..... <i>Gaboras Gayrimenkul Kıymetler Borsası Puanlama Sisteminin Mimari Tasarım Kriterleri Açısından Değerlendirilmesi</i> Zeynep GÖKDEMİR, Erdem KÖYMEN	146-168
Synthesis and Potential Energy Application of MIL-140a As a Filler in PVA Membrane..... Filiz UĞUR NİĞİZ	169-175
Production, Characteristics and Composite Application Areas of Hemp Fibers..... <i>Kenevir Liflerinin Eldesi, Özellikleri ve Kompozit Uygulama Alanları</i> Dilara Melek DEMİRBEK, Meliha OKTAV BULUT	176-191
The Effect of the Morphology of A Polylactic Acid Based Membrane on Desalination Performance..... <i>Polilaktik Asit Temelli Membranın Morfolojisinin Desalinasyon Performansına Etkisi</i> Betül KARAKOCA, Filiz UĞUR NİĞİZ	192-199
Two Newly Synthesized Sulfonamide Compounds Teratogenic Evaluation in <i>Drosophila Melanogaster</i> <i>Yeni Sentezlenen İki Sülfonamid Bileşiğinin Drosophila Melanogaster'de Teratojenik Değerlendirilmesi</i> Bahar ÖZBÖLÜK, Ayla KARATAŞ	200-216
A Study of Pavement Material Used on Main Transportation Routes of Trabzon City..... Filiz DOĞAN, Öner DEMİREL	217-226

ÇAMLICA CAMİİ'NİN EVRENSEL TASARIM KAPSAMINDA DEĞERLENDİRİLMESİ

Nur Sümeyye Yalçın Koçak^{1*}, Şahika Özdemir²

¹ İstanbul Ticaret Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 34840, İSTANBUL
² İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, İç Mimarlık ve Çevre
Tasarımı Bölümü, 34303, İSTANBUL

Öz

Bireyin bedensel özelliklerine göre kentlerde hareket imkân bulamaması erişilebilirlik düzeyinde zorluklar çıkardığı için, sosyal hayattan kopmaları meydana getirmektedir. Engelli bireylerin kent yaşamı içinde kısıtlamalar olmaksızın hareket edebilmeleri, ulaşım imkânlarını kullanabilmeleri vb. yaşamsal haklara sahip olmaları gerekmektedir. Toplumda mekânların her türlü fiziksel gereksinimi karşılamak üzere tasarımlarının yapılması ve her türlü kullanıcıya hizmet verebilmesi toplumsal bütünleşme rolü taşıırken aynı zamanda sosyal hayatta var olabilmeleri erişilebilir tasarımlar yapılarak mümkün hale getirilmektedir. İbadet bireyin en temel hak ve özgürlüklerindedir. Engelli bireyler evrensel tasarım kriterlerine uyulmadığı için yapılan tasarımlarda ibadethane içerisine dış mekânda farklı seviyeler bulunduğu için yardımsız girememektedir. Bu durum bağımsız olarak hareket imkânı verilmeyen bireyin zamanla toplumdan kendisini soyutlamasına sebep olmaktadır. Bu çalışmada evrensel tasarım kriterleri bağlamında camiler için gerekli tasarım kriterleri belirlenerek ölçüler belirtilmiştir. Çamlıca Camii'nin her bireye yönelik erişilebilirliği araştırılmıştır. Çamlıca Camii'nin incelenen mekanları doğrultusunda literatür taraması yapılan evrensel tasarım ilkelerinin hangilerini ne ölçüde karşıladığı gösterilmeye çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Evrensel tasarım, Çamlıca Camii, kapsayıcı tasarım

EVALUATION OF ÇAMLICA MOSQUE WITHIN THE SCOPE OF UNIVERSAL DESIGN

Extended Abstract

There are almost 8.5 million disabled people in our country; many problems are seen in reaching from one place to another and when individuals use urban spaces alone without assistance. Therefore, they have difficulty performing their daily activities in the city and participating in society. Making transportation, the physical environment, and its elements (roads, pavements, public buildings, parks, etc.) accessible to people with disabilities, which is the biggest obstacle, is essential in terms of quality of life. Disabled individuals live in need of someone else's help because of the difficulties they experience in the environment. Individuals who cannot get on the bus on their own, cannot go to places of worship, and cannot access government offices are affected psychologically and isolate themselves from the social environment. It is of great importance to make designs that can respond without restrictions for each individual.

The concept of belief, which emerged from the first human being, will always exist throughout the history of humanity and will continue to affect people's lives both spiritually and physically. Religions have rituals of worship. Buildings are created where people come together to worship both individually and collectively, and these places are described as places of worship. Christians believe that there is only one Creator gather in churches on Sundays, Jews in synagogues on Saturdays, Muslims in mosques on Fridays for Friday prayers, and places of worship for prayers five times a day. Places of worship are holy places where people who want to live their religious beliefs go and perform religious rituals. Every person who believes in religion should have access

to places of worship and have the right to worship, and necessary arrangements should be made in line with the needs of individuals. The primary purpose of the design is to ensure that all buildings and their immediate surroundings are accessible to people with disabilities and mobility impairments. The concept of universal design aims at designs that are for everyone and that everyone can access equally. In the context of religious belief, each individual must have access to religious structures to live their faith. The concept of universal design, which is one of the most critical issues in today's designs, should also find its place in the designs of places of worship.

In this study, the accessibility of people with disabilities to worship in the Çamlıca Mosque Complex was examined indoors and outdoors. As a result of the study, it was observed that the mosque was designed in a way that everyone could access by considering the universal design principles. The fact that directions and guideways are made and that everyone can reach each floor with stairs, ramps, and elevators shows that standards are taken care of.

Keywords: Universal design, Çamlıca Mosque, inclusive design

1. Giriş

Engelli bireyler çevrede yaşadıkları zorluklar yüzünden başka birinin yardımı ihtiyacı duyarak yaşamaktadır. Kendi başına otobüse binemeyen, ibadethaneye gidemeyen, devlete dairelerine erişilebilirliği mümkün olmayan bireyler psikolojik olarak etkilenmekte ve sosyal ortamdan kendini soyutlamaktadır. Her birey için kısıtlama olmaksızın cevap verebilen tasarımların yapılması büyük önem arz etmektedir.

İlk insandan itibaren ortaya çıkan inanç kavramı, insanlık tarihi boyunca hep varlığını sürdürecektir ve insanların yaşamını hem ruhen hem fiziken etkilemeye devam edecektir. Dinlerin ibadet ritüelleri bulunmaktadır. Gerek toplulukla gerek bireysel ibadet edebilmek için bir araya gelinen yapılar oluşturulmakta ve bu mekânlar ibadethaneler olarak nitelendirilmektedir. Hristiyanlar pazar günleri kiliselerde, Yahudiler cumartesi günleri sinagoglarda, Müslümanlar cuma namazı için cuma günleri camilerde toplanmakta ve aynı zamanda günde 5 vakit namaz için ibadethaneleri kullanmaktadır. İbadethaneler dini inançlarını yaşamak isteyen insanların gittiği ve dini ritüelleri gerçekleştirdiği kutsal mekânlardır. İbadethanelere dine inanan her insanın erişebilmesi ve ibadet etme hakkına sahip olması, bireylerin ihtiyaçları doğrultusunda gerekli düzenlemelerin yapılmasını gerektirmektedir.

Literatürde ibadethanelerde erişilebilirlik alanında çalışmaların yetersiz olduğu görülmektedir. Çınar vd. (2015), ülkemizde yaşayan tekerlekli sandalye kullanan bireylerin ibadethane kullanımını analiz edebilmek için İstanbul'da 4 cami ve 5 kilise incelemişlerdir. Musevi cemaatinden izin alamadığı için Sinagog hakkında bilgi verilmemiştir. Erişilebilirlik kapsamında yapılan çalışma sonucunda zemin farklılıklarının kullanıcıların hareket imkânını kısıtladığını ve öngörülen ibadet hakkına uygun tasarımlar olmadığını saptamışlardır. Tural (2018), Eskişehir'de bulunan Hacı Hasan Camii'nin erişilebilirliğini incelemiştir. İşitme engellilere yönelik; indüksiyon döngüsü sistemi, işaret dili ve yazılı bilgi, ezan uyarı ışığı olmak üzere üç farklı düzenleme yapılmıştır. Görme engellilere yönelik; hassas yürüme yüzeyleri, az gören bireyler için; zıt renkli yüzey uygulaması ve caminin iç kısmında hem görme engelliler hem de ortopedik rahatsızlığı olan bireyler için ayak tabanları tarafından algılanan halı dokumalarının yapıldığını ve engelli bireylerin erişilebilirliği noktasında gerekli düzenlemelerin oluşturulduğu belirtmiştir.

Yılmaz Yelvar (2016), Ankara'da sıklıkla kullanılan 58 binanın anayoldan erişim, rampa, kaldırım, otopark, asansör ve bina içi düzen parametrelerini incelemiştir. 58 yapının 6 tanesini ibadethaneler oluşturmakta ve incelenen yapıların engelli bireylerin erişilebilirliğine ve kullanımına uygun olmadığını tespit etmiştir. Yücel ve Bulut (2020), Manisa'nın Alaşehir ilçesinde 15 bedensel engelli birey ile din hizmetlerine erişilebilirlikleri kapsamında mülakatlar yapmıştır. Görme engelli bireylerin kibleyi, ayakkabılığı, cami kapılarını, kadınlar için ayrılan alanları bulmakta yaşadıkları zorlukları belirtmişler ve mülakata katılan bireylerin beklentilerine; işitme engelli bireyler için hutbelerde işaret dili ile anlatım veya büyük projeksiyon yansımaları, görme engelli bireyler için Braille yazılar ile dijital uygulamaların olması gerekliliğine değinmişlerdir. Mülâyim ve Azsöz (2020), engellilik kavramını ve engelliler için yapılan yasal düzenlemeleri, ortopedik engelli durumunda olan tekerlekli sandalye kullanıcılarının yaşadığı sorunları; giriş-çıkışlar ve asansörler, rampalar, kaldırımlar, alt ve üst geçitler, taşıtlarda ulaşım, otoparklar kapsamında inceleyerek çözüm önerileri sunmuşlardır.

Bu çalışmanın ilk bölümünde, engel türleri ile birlikte evrensel tasarımda kapsayıcılığın tarihsel süreci ve evrensel tasarım ilkeleri ele alınmıştır. Fiziksel yapı çevrede erişilebilirlikte gerekli olan koşullar otopark, tuvalet, merdiven, asansör ve rampa alt başlıklarında detaylandırılarak, günümüzde yapılan Çamlıca Camii'nin her birey için erişilebilirliği iç ve dış mekân olarak incelenmiştir. Olması gereken kriterler ile elde edilen bulgular değerlendirilerek Çamlıca Camii'nin erişilebilirliği araştırılmış ve seçilen ibadethane özelinde herkesin kullanımını uygun olması bakımından evrensel tasarım ilkelerini karşılayıp karşılamadığına bakılmıştır.

2. Evrensel Tasarım

Dünyada yaşayan her insan aynı şartlarda doğmadığı gibi aynı şartlar altında da yaşamını sürdürmeye devam edememektedir. Gerek doğuştan gerek sonradan yaşanan hastalıklardan veya kazalardan dolayı her canlının hareket imkânı aynı olmamaktadır. Anatomik özelliklerinin, zihinsel ve fiziksel farklılıklarının neticesinde eşit kabiliyete sahip olmadıkları bilinmektedir.

Engellilik; vücut yapısında veya işlevinde bir sorun veya yetersizlik sonucu sosyal yeteneklerdeki kısıtlılık, günlük gereksinimlerini sağlamada yaşanan güçlüklerdir (Aygün vd., 2018). Engel kavramı sadece bireyi ilgilendiren bir durum değil aynı zamanda sosyal ortamlardaki engel durumunu da kapsamaktadır. Engelli bireyler toplumda azınlık olduklarından dolayı, geçmişte tasarımlar yapılırken göz ardı edildikleri için kentlerdeki hareket imkânları sınırlandırılmıştır (Öztabak, 2017).

Dil ve konuşma engelli, işitme engelli, görme engelli, ortopedik engelli ve zihinsel engelli olarak engel çeşitleri gruplandırılmaktadır. Bunun yanı sıra farklı engel sınıflandırmaları da yapılmaktadır. Geçici olarak yaşanan engeller, sürekli yaşanan kısıtlamalar, birden fazla engele sahip olma durumu ele alındığında; denge kontrolü sağlamakta veya yürümekte zorluk yaşayan, tekerlekli sandalye kullanan bireyler, algısal-duyuşsal-bilişsel açıdan özel gereksinime ihtiyaç duyan bireyler, iletişim güçlüğü yaşayan bireyler de sınıflandırılabilir. Genel olarak mekân tasarımı yapılırken fizyolojik ve psikolojik ihtiyaçlar ön planda tutulmalıdır (Çepehan ve Güller, 2020).

Tekerlekli sandalye kullanan bireyler için dış mekânda; kot farklılıkları, eğimi standardın üzerinde olan rampa düzenlemeleri veya rampanın hiç olmaması, kaldırımlarda bozukluklar ve olmaması gereken nesnelere varlığı gibi sorunlarla karşılaşmaktadır. Ulaşımında ise engelliler için uygun olmayan otobüsler ve ulaşımı imkansız olan otobüs durakları, metro iniş ve çıkışlarda asansör kullanma imkanının olmaması, engelli tuvaletlerinin yapılmaması gibi sorunlar olduğu bilinmektedir (Türkyılmaz ve İskender, 2018). Dünya Sağlık Örgütü'nün 2011 yılı verilerine göre dünya nüfusunun %15'inin engelli bireyler olduğu belirtilmektedir. Kamusal veya kamusal olmayan alanlara ulaşım sorunu nedeniyle bireyler sosyal hayata katılmakta zorlanmaktadır. Engellilerin bağımsız bir yaşam sürebilmeleri için birçok alanda düzenlemeler yapılmaktadır (Çağlar, 2012).

Evrensel tasarımın tarihsel süreci 1950'li yıllara dayanmaktadır. Avrupa'da Sanayi Devrimi öncesi engelliler sosyal hayattan soyutlanmış ve dilencilik yapmak zorunda kalmışlardır hatta o zamanlar engelli olmalarının sebebini ailelerin günahlarından dolayı yaşadıkları düşünüldüğü için sürekli aşağılanmaya maruz kalmışlardır. 19. yüzyılda da durum aynı şekilde devam etmiştir. 20. Yüzyılda ise engellilere karşı bakış açısında olumlu gelişmeler yaşarken, engellilerin yaşamını kolaylaştıracak adımlar atılmaya başlamıştır (Çepehan ve Güller, 2020). Evrensel Tasarım terimini ilk kez kullanan Mimar Ronald L. Mace; "Çevre herhangi bir düzenlemeye gerek duymadan tüm herkesin kullanımına uygun olmalı ve kullanıcılar arasında ayırım söz konusu olmamalıdır." demiştir (Hatırnaz, 2019). Evrensel tasarım literatürde birbirine yakın olan kavramlarla beraber; kapsayıcı tasarım, herkes için tasarım, hayat boyu tasarım olarak da adlandırılmaktadır. Evrensel tasarımın amacı herkes için kolay erişilebilir ve rahat kullanılabilir alanlar oluşturmaktır. Tasarımcıya yol göstermesi ve rehberlik edebilmesi için 7 farklı ilke oluşturulmuştur (Arat ve Güner, 2020). Evrensel Tasarım Merkezi tarafından 1997 yılında belirlenen ilkeler;

- Kullanıcılar tarafından kullanımda eşitlik ilkesi,
- Kullanımda esneklik ilkesi,
- Basit ve sezgisel kullanım ilkesi,
- Algılanabilir bilgi ilkesi,
- Hata toleransını azaltma ilkesi,
- Düşük fiziksel güç kullanımı ilkesi,
- Tasarımda uygun boyut ve boşlukların oluşturulması ilkesidir (Çepehan ve Güller, 2020).

Değişen dünya koşullarının meydana getirdiği yeni kullanıcı ihtiyaçları nedeniyle bu ilkelere uzmanlar tarafından beş yeni ilke daha eklenmiştir. Bu ilkeler;

- Bireyin çevreden memnun olması ilkesi,
- Ürün dayanıklılığı ve ekonomi ilkesi,
- İnsan sağlığı ve doğal çevre ilkesi,
- Fonksiyonellik ve estetik entegrasyon ilkesi,
- Sosyal uyum ve katılım ilkesidir (Meşhur ve Tekin, 2018).

2.1 Fiziksel Çevrede Evrensel Tasarım

Bireylerin yaşamda sosyal hayata katıldığı yerler kentsel mekânlardır. Her birey bedensel, zihinsel ve ruhsal olarak aynı olmadığı gibi sosyal hayatta da aynı haklara sahip olamamaktadır. İbadet etme hakkı inanan kişinin en temel hakkıdır. Bu yüzden ibadethanelerde yapılan düzenlemeler büyük önem taşımaktadır. Türkiye’de konuya yönelik düzenlemelerin oldukça geniş kapsamlı olduğu görülmektedir. 3194 Sayılı İmar Kanunu’na 1997’de eklenen Ek.1 maddesine göre “Fiziksel çevrenin engelliler için ulaşılabilir ve yaşanılabilir kılınması için, imar planları ile kentsel, sosyal, teknik altyapı alanlarında ve yapılarda, Türk Standartları Enstitüsü’nün ilgili standardına uyulması zorunludur”.

02.11.1985 tarihli Planlı Alanlar Tip İmar Yönetmeliği’nin 14. maddesinde 2013’de yapılan değişiklikle “çalışma, sosyal ve kültürel altyapı alanlarında yapılacak tüm yapı, tesis ve açık alan düzenlemelerinin, engellilerin de ulaşmasını ve kullanılmasını sağlayacak şekilde Türk Standartları Enstitüsü (TSE) standartlarına uygun olarak yapılması zorunludur” hükmü yer almaktadır. Bu maddede yer alan sosyal ve kültürel altyapı unsurları içinde yeşil alanlar, çocuk bahçeleri, parklar, piknik-eğlence alanları, spor ve oyun alanları, stadyum, sosyal-kültürel tesis alanları, ibadet yeri ve mezarlık alanları yer almaktadır (Çakır Sümer, 2015).

Otopark

Engelli bireyler, toplu taşıma ile ulaşımında yaşanan olumsuzluklar nedeniyle kendi taşıtlarını kullanarak varmak istedikleri yere gidebilmektedir. Bunun için engelli otopark alanlarının ayrılmış olması ve gerekli ölçülerin dikkate alınması çok önemlidir.

Engelli bireylerin park alanları yapı girişlerine yakın konumlandırılmalı ve en fazla 300 cm mesafede olması, park genişliğinin 360 cm’den az olmaması gerekmektedir (Aygün vd., 2018). 2018 Otopark Yönetmeliği’nde “Umumi bina ve bölge otoparkları ile genel otoparkların giriş-çıkış ve asansörlerine en yakın yerlerinde birden az olmamak şartıyla, her 20 park yerinden birinin engelli işareti konularak engelliler için ayrılması zorunludur. Yol üstü otoparklarda engelliler için yapılacak düzenlemeler, trafik güvenliği esas alınarak yapılır. Yol üstü araç park yeri için ayrılması gereken alanın ölçüleri en az 2,5x5,50 metredir. Engelli araçları için 1/30 oranında park yeri ayrılır. Birim otopark alanlarının uzun kenarı en az 4,90 metre, kısa kenarı ise engelliler için en az 3,50 metre diğerleri için en az 2,40 metre genişliğinde olmak zorundadır.” bilgileri verilmektedir (Resmi Gazete, 2021).

50 taşıt kapasitesinden az park yeri bulunan yerlerde en az 1 taşıtlık engelli park alanı, 50-400 arası kapasiteye sahip yerlerde her 50 taşıt için 1 tane olacak şekilde engelli park yeri, 400 taşıttan fazla olan yerlerde ise en az 8 park alanı ve her 100 taşıt için ilave 1 park yeri bulunması BM 2004 ’de önerilmektedir (Olgun ve Yılmaz, 2014). Engelli bireyleri onlara ayrılan otopark alanlarına ulaştırabilmek için işaret levhaları konulmalıdır. Garajlar için taşıttan inmek ve taşıta binmek için gerekli manevra alanı 150 cm genişliğinde olmalıdır (Mülayim ve Azsöz, 2020).

Tuvalet

Tuvaletlerde tutunma barlarının olması oldukça yararlıdır ve duvarla 38 cm mesafede bulunması gerekmektedir. Tuvalet içinde bireyin klozeti kullanabilmesi ve manevra yapabilmesi için serbest alan bırakılmalıdır. Duvarla klozet eksenini arasında minimum 45 cm bırakılan boşluk hareket imkânı vermektedir. Hem kadın hem erkek engelli bireylerin kullanabileceği ayrı tuvaletler yapılmalıdır. Lavabolar yerden en fazla 86 cm yükseklikte olmalı ve lavabo önünde 76x122 cm’lik alan bulunmalıdır. Sandalye ile lavaboya yaklaşabilmek için lavabo altında 68,5 cm boşluk bırakılmalıdır. Aynalar en fazla 101,5 cm yükseklikte olmalıdır. Islak zeminde kayma tehlikesi olduğu için yer kaplaması kaygan olmamalıdır (Şahin ve Erkal, 2012).

Merdiven

Merdivenlerin yanında asansör veya yürüyen merdiven bulundurulması gerekmektedir. Son basamak ile sahanlık geçişlerinde görsel zıtlık sağlanmalıdır. 4- 5 cm eninde uyarı bantları kullanılması tercih edilmektedir. Hissedilebilir yüzeylerin merdiven başlangıç, bitiş ve sahanlıklarında olması gerekmektedir. Basamak derinliği 28 cm, engelli kullanıcılar düşünülerek rıht en fazla 16 cm olmalıdır (TSE, 2011).

Korkuluklar boşluk tek taraflı değilse eğer merdivenin iki tarafına da konulmalıdır. Duvar tarafında küpeşte olmalı ve rahat tutulabilmelidir. 300 cm'den geniş olan merdivenlerde ortaya ekstra korkuluk yapılabilir. Küpeşterin 1.düzeyi yerden 70 cm yükseklikte 2.düzeyi 90 cm yükseklikte olmalıdır. İlk basamaktan 30-45 önce, son basamaktan 30-45 cm sonra bitirilmelidir (Tiyek vd., 2016).

Asansör

Tekerlekli sandalye kullanıcılarının en büyük problemi; farklı seviyelerdeki alanlar arasında ulaşım yapamıyor olmalarıdır. Kot farkı olan yerlerde bağımsız olarak hareket edebilmeleri için asansör ve rampaya ihtiyaç duyulmaktadır. Asansörlerin yapı giriş-çıkışına yakın konumlandırılması ve rahat ulaşım imkânı vermesi gerekmektedir (T.C. Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı, 2020). Asansör kabin içi genişliği en az 150x120 cm ve kapı temiz genişliği 90 cm'den fazla olmalıdır. Kabin içinde ve dışında yer alan kontrol düğmeleri en az 90 en fazla 137 cm arasına yerleştirilmeli, Braille Alfabesi ile görme engelli bireyler tarafından da okunabiliyor olması gerekmektedir (TSE, 2011). Asansörlerde bireyin hangi katta olduğunu anlayabileceği sesli ve görsel uyarı sistemlerinin olması, görme engelli bireyler için asansöre ulaşmayı zorlaştıracak engellerin bulunmaması gerekmektedir (Tiyek vd., 2016).

Rampa

Kot farkı olan zemin geçişlerinde bireylerin erişilebilirliği için rampa yapılması oldukça önemlidir. Rampaların net genişliği en az 100 cm, 16 cm -50 cm arasındaki yükseklikler için eğim ise en fazla %7, 101 cm üzeri yükseklik için ise en fazla %5 olması gerekmektedir. Rampa yüzeyi düz ve kaygan olmamalıdır. Başlangıç ve bitişte zeminde çukurluk, çıkıntı gibi deformeler bulunmamalıdır. Alana ve aşılacak yüksekliğe göre rampa tasarımları yapmak mümkündür ancak 9 m'den uzun rampalar için en az 150 cm x 150 cm düz dinlenme alanı yapılmalıdır. Rampaların iki tarafında da 1. düzeyi 90 cm, 2.düzeyi 70 cm olan küpeşte olmalıdır ve rampa başlangıcından 30 cm önce ve bitişinden 30 cm sonra olacak şekilde boyutlandırılmalıdır. Sirkülasyonu engellediği ve tehlike oluşturduğu durumlarda 30 cm uygulaması yapılmasına gerek yoktur. Küpeşterler yarım ay şeklinde yuvarlatılmış olmalıdır (T.C. Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı, 2020).

3. Alan Çalışması: Çamlıca Camii

Çamlıca Camii, İstanbul Üsküdar'da Osmanlı- Selçuklu mimari tarz ile günümüzün harmanlanarak tasarlandığı, 2019 yılında açılışının gerçekleştiği camidir. Şekil 1'de görülen 6 minareli olan camide iç mekânda anti bakteriyel özelliğe sahip halı serili yüzeyde 25 bin, avluda 38 bin olmak üzere 63 bin kişinin birlikte ibadet edebileceği belirtilmektedir. Aynı zamanda 11 bin m² lik müze, 3 bin m² lik kütüphane, 8 sanat atölyesi (URL-1, 2019), 1000 m² lik sanat galerisi ve 1000 m² lik sosyal alan, 3500 m² lik alanda 1071 kişilik konferans salonu ile 2 bin araçlık kapalı otopark bulunmaktadır (Ergin Külünk & Ali Dervişoğlu, kişisel görüşme, 6 Temmuz 2021).



Şekil 1. Çamlıca Camii (URL-2, 2021).



Şekil 2. Çamlıca Camii Ön Cephesi (Çamlıca Eğitim ve Kültür Vakfı, 2021).

Şekil 2’de görülen caminin 4 cephesinde de avlu bulunmaktadır. Caminin iç avlusuna (2) ön, sağ ve sol yan avlulardan giriş yapılmaktadır. Caminin giriş katı, 1. ve 2.mahfil katı ibadet için ayrılmış olup, 1. 2. 3. ve 4. bodrum katlarda katta kültür alanları, abdesthaneler ve tuvaletler yer almaktadır. Aynı zamanda 4 katlı otopark, cami içine ve avlulara farklı noktalardan ulaşabilmek için düşey sirkülasyon araçları olan merdivenler, asansörler ve yürüyen merdivenler bulunmaktadır.

Cumhurbaşkanı Erdoğan’ın “Engelli Dostu” olarak inşa edildiğini açıkladığı Çamlıca Camii (URL-3, 2019), İstanbul’un her noktasından görülmektedir (URL-4, 2019). Yaya yollarında paslanmaz çelikten hissedilebilir yüzeyler, işitme engelli bireyler için frekans organizasyonu, cemaatle namaz kılındığında namaz hareketlerinin kolay takip edilebilmesi için ışıklı uyarı sistemleri gibi teknolojik altyapılar yapılmıştır. Tekerlekli sandalye ile camiye girmek isteyen bireyler için görevliler tarafından Şekil 3’te görüldüğü gibi tekerlekleri temiz yeni sandalyeler getirilmektedir. Bireyin refakatçi olmadan kendi başına hareket imkânı sağlayabildiği sandalyeler de istendiğinde görevliler tarafından temin edilmektedir (Ergin Külünk & Ali Dervişoğlu, kişisel görüşme, 6 Temmuz 2021).



Şekil 3. Tekerlekli Sandalye Kullanıcısının Cami İçindeki Hareketi.

Tuvalet

Tekerlekli sandalye kullanan bireyler için caminin 1. 2. ve 3. bodrum katlarında erkek ve kadın engelli tuvaletleri bulunmaktadır. Ayrıca sosyal alanlarda da engelli tuvaletleri vardır. Şekil 4’te görülen tuvalet kapıları bir butona dokunmak kaydı ile insan gücü gerektirmeden otomatik olarak açılmaktadır.

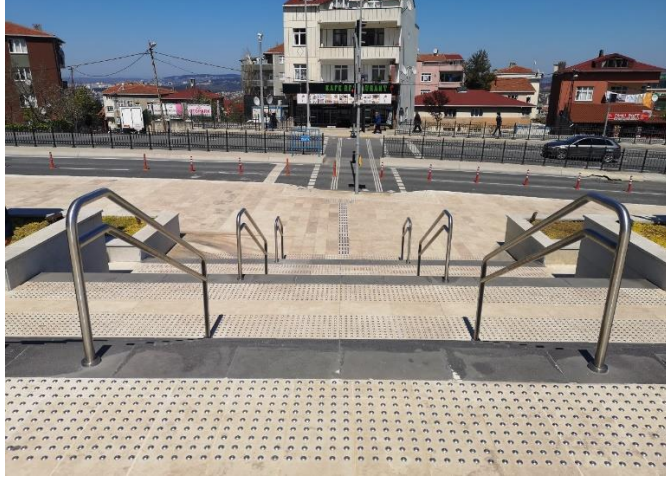


Şekil 4. Çamlıca Camii Kadın Engelli Wc Giriş Kapısı.

Duvar ile tutacak arası 26 cm, tutacak ile klozet arası 40 cm, klozet ile duvar arası 68 cm’dir. Klozet yüksekliği 50 cm, peçetelik yüksekliği 78 cm, lavabo yüksekliği 86 cm, tuvaletin iç ölçüleri en 170 cm, uzunluk 300 cm olarak ölçülmüştür.

Merdiven

Otobüs durağından camiye ulaşmak için zeminde hissedilebilir yüzeyler kaldırım içine gelişigüzel eklenmiştir. Görme engelli bireylerin yüzeyleri takip ederek trafik ışıklarına ulaşması mümkün görünmemektedir. Trafik ışıklarında Braille Alfabesi ve sesli uyarı mevcuttur. Şekil 5'te trafik lambasından karşıya geçtikten sonra hissedilebilir yüzeylerin başladığı görülmektedir.



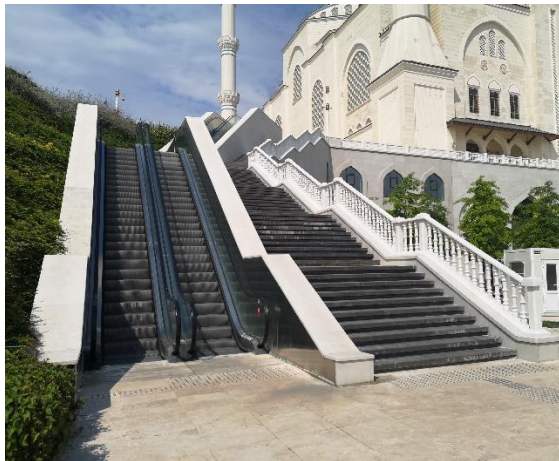
Şekil 5. Caddeden Cami Alanına Geçiş.



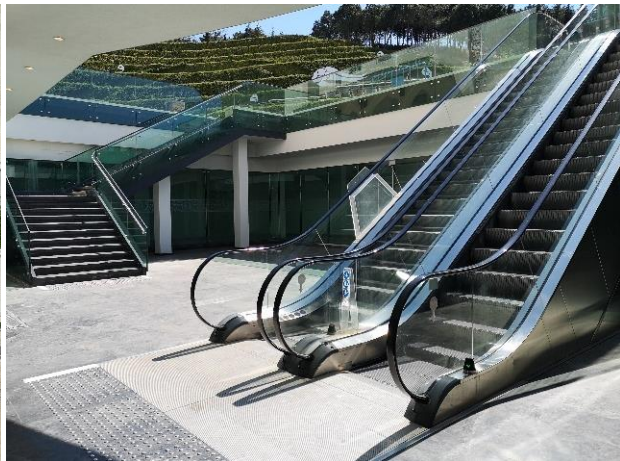
Şekil 6. Ön Avluya Çıkan Merdiven.

Şekil 5'teki merdivenleri çıktuktan sonra hissedilebilir yüzeyler ile düz ve sağa gitme imkânı vardır. Düz ilerleyen birey Has Bahçe'den cami sol yan avlusuna çıkan merdiven ile cami içine kadar kesintisiz ulaşabilmektedir. Sağa doğru giden birey hareketli yüzeyleri takip ederek yürüyen merdiven ile cami ön avlusuna çıkabilmektedir. Şekil 6'da görülen merdiven ve asansör ile caminin sol yan avlusuna ulaşılmaktadır. Merdiven etrafında hissedilebilir yüzey farklılık göstermekte ve bireyi sola doğru da yönlendirmektedir.

Sola dönen birey düz ilerleyerek şekil 7'de bulunan merdivenlere ulaşmaktadır. Böylelikle caminin mihrap önü avlusuna çıkılmaktadır. Hissedilebilir yüzeyler caminin mihrap önü avlusundan başlayarak sağ yan avlusuna doğru devam etmektedir. Cami sol yan avlusunda ve iç avluda hissedilebilir yüzey bulunmamaktadır. Kalabalık olma ihtimaline karşı iç avluya çıkma imkânı verilmemektedir. Bir başka neden ise iç avlunun cami içinde olması ve hedefe ulaşılmış olmasıdır (Ergin Külünk & Ali Dervişoğlu, kişisel görüşme, 6 Temmuz 2021). Şekil 8'de görülen merdivenlerle abdesthaneye ulaşılmaktadır.



Şekil 7. Has Bahçe'den Sol Yan Avluya Geçiş.



Şekil 8. Abdesthaneye İnen Merdivenler.

Yoldan Şekil 5'te görülen Has Bahçe'ye geçiş merdivenlerinde küpeşte, Şekil 6'da görülen Has Bahçe'den Cami sol yan avlusuna ve Has Bahçe içinde Şekil 7'de görülen Cami mihrap önü avlusuna ulaşmak için kullanılan merdivende parapet duvar üstünde trabzan ve yürüyen merdiven bulunmaktadır. Cami sağ yan avlusundan abdesthaneye inmek için kullanılan Şekil 8'de görülen merdivende ise cam korkuluk ve tek taraflı tutamak ve

aynı zamanda yürüyen merdiven, Şekil 9’da görülen ön avluya çıkan merdivenlerde ise yönetim katına kadar tek taraflı mermer küpeşte, yönetim katından ön avluya çıkan merdivende ise çift taraflı mermer küpeşte bulunmaktadır.



Şekil 9. Ön Avluya Çıkan Merdiven.

Çamlıca Camii’nde ön avluya çıkan 8 adet yürüyen merdiven, gömülü abdesthaneye inen 2 adet yürüyen merdiven, 4 tane Has Bahçe’den mihrap önü avlusuna çıkan yürüyen merdiven ve 4 tane sağ yan avluda bulunan yürüyen merdiven olmak üzere toplam 18 tane yürüyen merdiven ile bireylerin rahat ulaşım yapması mümkün hale getirilmiştir. Cami içinde 4 tane merdiven kovası ve her birinde 2 adet asansör yer almaktadır. 3 tane merdiven kovası 4. Bodrum kattan 2. mahfil katına kadar çıkmakta, 1 tanesi sadece cami içinde çalışmaktadır (Ergin Külünk & Ali Dervişoğlu, kişisel görüşme, 6 Temmuz 2021).

Şekil 10’da görülen merdiven, otoparktan başlayarak cami giriş katına kadar devam etmektedir. Ahşap korkuluklu olan merdivende duvarda tutacak yoktur. Şekil 11’de görülen merdivenle ise cami içi ulaşım sağlanmaktadır. İki tarafı korkuluklu olan merdivende halı döşemesi mevcuttur. Cami içi merdiven genişliği 160 cm, basamak yüksekliği 16,5 cm ve korkuluk yüksekliği 100 cm olup merdivenler halı ile kaplanmıştır.



Şekil 10. Otoparktan Camiye Geçiş Merdiveni.



Şekil 11. Cami İçi Merdiveni.

Asansör

Çamlıca Camii’nde 28 adet asansör ile bireyler rahatlıkla cami içine ulaşabilmektedir. Camide bulunan 6 tane minarenin her birinde asansör yer almaktadır. 1 ve 2 numaralı minarede bulunan asansör ile cami ön avlusuna, 3 ve 4 numaralı asansör ile cami iç avlusuna, 5 ve 6 numaralı asansör ile cami içine girilmektedir. Ön avluda 4 tane asansör, Has Bahçe’de 2 tane asansör, kütüphanede 2 tane asansör, müzede 3 tane asansör, 3 tane gömülü abdesthaneye giden asansör ile toplam külliye alanında 28 tane asansör bulunmaktadır (Ergin Külünk & Ali Dervişoğlu, kişisel görüşme, 6 Temmuz 2021).

Şekil 12’de görülen 2 tane asansör ile Has Bahçe’den caminin sol yan avlusuna ulaşılmaktadır. Caminin sağ avlusunda Şekil 13’te görülen 3 asansör yer almaktadır. Asansör önünde bir kot farkı yoktur ve kapılar otomatiktir. Şekil 12’de görülen asansör kapıları camdan, Şekil 13’te görülen kapılar ise metalden olup 10 sn. açık kalmaktadır. Şekil 13’te görülen asansör önünde hissedilebilir yüzey bulunmakta, Şekil 12’de görülen asansör önünde hissedilebilir yüzey bulunmamaktadır.



Şekil 12. Sol Yan Avluda Bulunan Asansörler.



Şekil 13. Sağ Yan Avlusunda Bulunan Asansörler.

Cami iç mekânında asansör kapısı otomatiktir ve kat seviyesi ile kot farkı yoktur. Kapıların açık kalma süresi 10 sn’dir. Otoparktan camiye girişte bulunan Şekil 14’te görülen iki asansör arasında kalan duvarda katların fonksiyon planı yer alırken, Braille Alfabeti ile yazılı bir kat planı bulunmamaktadır.



Şekil 14. Cami içinde bulunan Asansörler.

Asansör kapıları ile duvar rengi zıt renklidir. Asansör içi ve dışında bulunan kontrol düğmeleri yerden 92 cm ile 122 cm arasındadır. Asansör içinde acil durum butonu 112 cm yüksekliktedir. 88 cm yükseklikte tutunma barı vardır. Kontrol düğmelerinde semboller kabartmalıdır. Asansör içinde ve dışında hangi kata geldiğini gösteren sesli ve görsel uyarı sistemleri vardır. Asansör kabinin iç ölçüleri 142 cm genişliğinde ve 188 cm uzunluğundadır. Kapı net ölçüsü 110 cm’dir. Kabin içi zemin kaplaması cami içinde kullanılan halıdır.

Rampa

1. Bodrum katta Şekil 14’te görülen kapıdan otopark alanına, şekil 15’te görülen kapıdan geçerek abdesthaneye ulaşılmaktadır. Otoparktan abdesthane için ayrılan alana girildiğinde Şekil 15’te görüldüğü üzere kot farkı olduğundan dolayı tekerlekli sandalye kullanıcıları için rampa bulunmaktadır. Rampa genişliği 124 cm sahanlığa kadar eğim %5,7, sahanlıktan sonra %6,5 olarak hesaplanmıştır. Cam korkuluk 92 cm yükseklikte, tutunma barı ise yerden 88 cm yüksekliktedir.



Şekil 15. Abdesthaneye Geçiş Rampası (Şahin, 2021).



Şekil 16. 4. Bodrum Katta Bulunan Rampa.

Şekil 16'daki 4. Bodrum katta bulunan 6 nolu merdiven kovanında otopark alanı ile kapı arasında kot farkı vardır. Merdiven ve rampa ile giriş kapısına ulaşmak mümkündür. Camide bulunan 4 katlı otoparkta 2000 araç kapasiteli alan yer almaktadır. Toplam 100 araçlık alanı engelli bireyler için ayrılmıştır. Engelli birey otopark alanı araç çizgi genişliği 350 cm, uzunluğu 500 cm'dir.

3.1 Çamlıca Camii'nin Evrensel Tasarım İlkeleri Bağlamında İncelenmesi

Yapılan alan çalışması sonucunda aşağıdaki kıyaslama tablosu oluşturulmuştur. Çamlıca Camii'nin incelenen mekanları doğrultusunda literatür taraması yapılan evrensel tasarım ilkelerinin hangilerini ne ölçüde karşıladığı gösterilmeye çalışılmıştır. Bu bağlamda ibadethane fiziksel çevresine erişim bağlamında aşağıdaki alt başlıklar literatürde incelenmiş, belirlenen kuralların seçilen ibadethane özelinde özellikleri sağlıyor olması araştırılmıştır.

Tablo 1. Büyük Çamlıca Camii alan çalışması kıyas tablosu

İncelenen Mekân	Uygulama	Karşıladığı Evrensel Tasarım İlkeleri
Tuvalet	Engelli wc (ayrı) Otomatik kapı İç mekân yeterli ölçüler	Eşitlik Esneklik Düşük fiziksel güç Uygun boyut ve mekân
Merdiven	Hissedilebilir yüzeyler Yönlendirme	Esneklik Basit ve sezgisel kullanım Uygun boyut ve mekân Hatalara tolerans
Asansör	Otomatik kapı Her kota ulaşım Hissedilebilir yüzey Kabartmalı semboller	Eşitlik Esneklik Basit ve sezgisel kullanım Algılanabilir bilgi Düşük fiziksel güç Hatalara tolerans Uygun boyut ve mekân
Rampa	Yönlendirme Her kota ulaşım	Esneklik Basit ve sezgisel kullanım Hatalara tolerans Uygun boyut ve mekân
Otopark	Engelli otoparkı	Eşitlik Düşük fiziksel güç Hatalara tolerans Uygun boyut ve mekân

Tablo 1'e özet olarak bakıldığında, Çamlıca Camii'nin yeni yapılan bir cami olması, İstanbul'da birçok kullanıcıya hitap ediyor olması sebebi ile tasarımı yapılırken evrensel tasarım prensipleri gözetilerek yapıldığı

incelemeler sonucunda ortaya çıkmıştır. Herkese yönelik tasarımlar yapmak, bireylere ayrımcılık yapmadan seçenek hakkı sunmak ibadethane gibi her bireyin kullanım hakkı olan yerlerde önem arz etmektedir.

4. Sonuç ve Öneriler

Ülkemizde engelli bireylerin neredeyse 8,5 milyon kadar olması, bir yerden bir yere ulaşabilmede ve bireylerin kentsel mekânları yardım almaksızın tek başlarına kullanırken karşılaştıkları birçok problem görülmektedir. Dolayısıyla kent içerisinde günlük aktivitelerini gerçekleştirmede ve topluma katılmada zorlanmaktadırlar. En büyük engel olan ulaşımı, fiziksel çevreyi ve onun unsurlarını (yollar, kaldırımlar, kamu binaları, parklar vb.) engelli bireylerce erişilebilir hale getirmek yaşam kalitesi açısından önem arz etmektedir.

Yapılı çevrelerde herkesin kullanımına yönelik tasarımlar yapmak ve bu tasarımların bireylere çeşitlilik sunması ana amaçtır. Evrensel tasarım kavramı herkese yönelik ve herkesin eşit şekilde erişebileceği tasarımları hedeflemektedir. Dini inanç bağlamında her bireyin inancını yaşamak adına dini yapılara erişimi olması gerekmektedir. Günümüz tasarımlarında en önemli konulardan biri olan evrensel tasarım kavramının ibadethane tasarımlarında da yerini bulması gerekmektedir. Bu tasarımlarda amaç kamusal alanda herkese eşit şekilde bir çeşitlilik sunmaktır.

Bu çalışmada Çamlıca Camii Külliyesi'nde engelli bireylerin ibadet edebilme erişilebilirliği iç ve dış mekânda incelenmiştir. Çalışma sonucunda caminin evrensel tasarım ilkeleri gözetilerek herkesin erişebileceği şekilde tasarlandığı gözlemlenmiştir. Evrensel tasarım prensiplerinden olan eşitlik ve esneklik ilkesinin çoğu incelenen mekânda sağlanıyor olduğu görülmüştür. Ayrıca algılanabilir bilgi ve uygun boyut ve mekân prensibi de cami genelinde sağlanmaya çalışılmıştır. Yönlendirmelerin basitçe herkes tarafından algılanabilecek şekilde tasarlandığı gözlemlenmiştir. Yönlendirmelerin ve kılavuz yolların yapıldığı, her kata herkesin ulaşabilmesinin merdiven, rampa ve asansör ile sağlanıyor olması standartlara dikkat edildiğini göstermektedir.

Kaynaklar

1. T.C. Aile, Çalışma ve Sosyal Hizmetler Bakanlığı. (2020). Erişilebilirlik Kılavuzu. Haziran 7, 2021 tarihinde https://www.aile.gov.tr/media/65613/erisilebilirlik_kilavuzu_2021.pdf adresinden alındı
2. Arat, Y. & Güner, M. (2020). *Evrensel tasarım ilkeleri kapsamında üniversite yerleşkesinde erişilebilirliğin incelenmesi: Odtü örneği*. Eurasia Journal Of Mathematics-Engineering Natural & Medical Sciences, (8), 210-229.
3. Aygün, E., Korkut, A. & Kiper, T. (2018). *Engelli bireyler için kentsel dış mekanlara erişilebilirliğin incelenmesi: Tekirdağ örneği*. Artium, 6(2), 20-32.
4. Çağlar, S. (2012). *Engellilerin erişilebilirlik hakkı ve Türkiye'de erişilebilirlikleri*. Ankara Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi, 61(2), 541-598.
5. Çakır Sümer, G. (2015). "Engelsiz Şehir" kavramı açısından Malatya. Yönetim ve Ekonomi, 22(1), 139-157.
6. Çamlıca Eğitim ve Kültür Vakfı (2021). Büyük Çamlıca Camii ve Külliyesi. Çamlıca Eğitim ve Kültür Vakfı, İstanbul.
7. Çepehan, İ. Z. & Güller, E. (2020). *Evrensel tasarım kapsamında herkes için erişilebilir tasarım*. Sosyal Politika Çalışmaları Dergisi, (2), 383-410.
8. Çınar, H., Arslan, A. R. & Doğan, K. (2015). *İbadethaneler: tekerlekli sandalye kullanıcıların kullanımın memnuniyeti*. Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi, 3(3), 319-327.
9. Hatırnaz, A. A. (2019). *Ergonomi çerçevesinde eşitlikçi mekan üretim yaklaşımı olarak "evrensel tasarım" kavramı*. Ergonomi, 2(3), 178-193.
10. Meşhur, H. A. & Tekin, M. (2018). *Evrensel tasarım yaklaşımının şehir planlama disiplini bakış açısı ile değerlendirilmesi*. Online Journal of Art and Design, 6(5), 94-111.
11. Mülâyim, A. & Azsöz, G. P. (2020). *Tekerlekli sandalye kullanan engellilerin sosyal hayata katılımında en büyük engel; yapılı çevrede yaşanan problemler ve çözüm önerileri*. Sosyal Politika Çalışmaları Dergisi, (2), 357-382.
12. Olgun, R., & Yılmaz, T. (2014). *Parkların erişilebilirlikleri üzerine bir araştırma: Niğde Kızılelma Parkı Örneği*. Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 15(1), 48-63.
13. Öztabak, M. Ü. (2017). *Engelli bireylerin yaşamdan beklentilerinin incelenmesi*. FSM İlmî Araştırmalar İnsan ve Toplum Bilimleri Dergisi, (9), 355-375.

14. **Resmi Gazete,** (2021). www.resmigazete.gov.tr:https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2018/02/20180222-7.htm (Erişim Tarihi: 21 Nisan 2021).
15. **Şahin, H. & Erkal, S. (2012).** *Ortopedik ve görme engelli bireyler için konaklama tesislerinde yapılması gereken düzenlemeler.* Hacettepe Üniversitesi Sosyolojik Araştırmalar Dergisi. <http://www.sdergi.hacettepe.edu.tr/makaleler/OzurlulerSon5nisan2012.pdf>
16. **Şahin, Y. (2021).** Abdesthaneye Geçiş Rampası Fotoğrafı.
17. **Tiyek, R., Eryiğit, B. H. & Baş, E. (2016).** *Engellilerin erişilebilirlik sorunu ve TSE standartları çerçevesinde bir araştırma.* Kastamonu Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi(12), 225-261.
18. **TSE. (2011).** Türk Standardı, TS 9111, Özürlüler ve Hareket Kısıtlılığı Bulunan Kişiler İçin Binalarda Ulaşılabilirlik Gereklere, <http://hissedilebiliruyezeler.com/pdf/tse9111.pdf> (Erişim tarihi: 8 Haziran 2021).
19. **Tutal, O. (2018).** *Universal access in historic environment and accessibility of the Hacı Hasan Mosque in Eskisehir.* International Journal of Architecture & Planning, 6(1), 126-141.
20. **Türkyılmaz, E. & İskender, E. (2018).** *Mimari tasarımda ulaşılabilirlik kavramının tekerlekli sandalye kullanıcıları açısından irdelenmesi.* Megaron, 13(2), 297-323.
21. **URL-1, (2019).** *Büyük Çamlıca Camisi'nin dikkat çeken özellikleri.* <https://www.tokihaber.com.tr/haberler/buyuk-camlica-camisinin-dikkat-cekken-ozellikleri/> (Erişim tarihi: 27 Nisan 2021).
22. **URL-2, (2021).** Büyük Çamlıca Camii Eğitim Kültür Vakfı, [www.twitter.com:https://twitter.com/camlica_camii/status/1428614448907014144/photo/1](https://twitter.com/camlica_camii/status/1428614448907014144/photo/1) (Erişim tarihi: 30 Ağustos 2021).
23. **URL-3, (2019).** *Cumhurbaşkanı Erdoğan: "Türkiye'nin en büyük camisi Büyük Çamlıca Camisi'ni, İstanbul'a kazandırmanın huzuru içerisindeyiz".* <https://www.iletisim.gov.tr/turkce/haberler/detay/cumhurbaskani-erdogan-turkiyenin-en-buyuk-camisi-buyuk-camlica-camisini-istanbula-kazandirmanın-huzuru-icerisindeyiz>, T.C. Cumhurbaşkanlığı İletişim Başkanlığı (Erişim tarihi: 27 Nisan 2021).
24. **URL-4, (2019).** *Çamlıca Camii'nin resmi açılışı Başkan Erdoğan'dan çarpıcı açıklamalar.* <https://www.ahaber.com.tr/gundem/2019/05/03/camlica-camii-bugun-aciliyor> (Erişim tarihi: 27 Nisan 2021).
25. **Yılmaz Yelvar, G. D. (2016).** *Engelli Bireylerin Toplumda Entegrasyonu İçin Binalar Uygun mu? Ankara Örneği.* Ankara Sağlık Hizmetleri Dergisi, 15(1), 13-17.
26. **Yücel, M. & Bulut, R. (2020).** *Bedensel engellilerin din hizmetlerine erişimlerinde yaşadığı sorunlar: Alaşehir örneği.* Academic Platform Journal of Islamic Researches, 4(1), 70-85.

GABORAS GAYRİMENKUL KIYMETLER BORSASI PUANLAMA SİSTEMİNİN MİMARİ TASARIM KRİTERLERİ AÇISINDAN DEĞERLENDİRİLMESİ

Zeynep Gökdemir¹, Erdem Köymen^{1*}

¹ İstanbul Zaim Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 34303, İSTANBUL

Öz

Dijitalleşmenin hızla ilerlediği dünyada mimarlık alanında da aynı hızla ilerlemeler kaydedilmektedir. Dijital mimariye ayak uydurmak adına birçok program ve platform hızla hizmet vermeye ve bu alanın içerisine dâhil olmaya başlamıştır. Özellikle proje çizimlerinin belirli kodlar üzerine oturtulması ile mimarlıkta yeni bir çağ başladığı kabul görmektedir. Sadece mimarlık ve inşaat alanı değil tüm dünya sektörleri için önemli bir yerde duran gayrimenkul açısından da aynı cümlelerin kurulması mümkündür. Günümüzde tek bir tuşla gayrimenkullere online platform üzerinden erişebilmek artık normalleşmiş ve daha fazlası talep edilmeye başlanmıştır. Ayrıca gayrimenkulün yerinde incelenmesi yeterli gelmeyip çeşitli bilgi ve belgelere ulaşılmak istenmiştir. Bunun yanında gayrimenkulün gerçek değerinin belirlenmesi anlamında doğru şekilde puanlanması da güncel bir ihtiyaç haline gelmiştir. Tüm bu eğilim ve ihtiyaçlar göz önünde bulundurularak gayrimenkul değerlemesine yönelik sistemler açısından bir araştırma yapılmış ve “Gayrimenkul Kıymetler Borsası” (GABORAS) isimli bir veri şirketin çalışmaları dikkat çekerek araştırmaya değer bulunmuştur. Bu makalede öncelikle henüz gayrimenkul sektörü için oldukça yeni olan bu platform ve sektöre yaptığı yenilikler tanıtılmıştır. Arkasından platformun puanlama sistemi mimari tasarım kriterleri açısından incelenmiştir. Yapılan kıyaslamalar sonrasında yapıya değer katan ve birçok açıdan yapıyı daha yaşanılabilir kılan bu önemli mimarlık kriterlerinin değerlendirilmesine eklenmediği görülmüştür. Buradan hareketle doğru ve etkin puanlamada kayıpların yaşanması, olası bir sorunsal olarak tanımlanmıştır. Arkasından bu kriterlerin sisteme eklenmesiyle oluşacak potansiyel katkı, üç örnek mimarlık kriteri üzerinden nicel verilere dayandırılarak gösterilmeye çalışılmıştır. Makale kapsamında mimari açıdan yapılan değerlendirme ve ortaya çıkan özgün öneriler ile bu ve benzeri değerlendirme sistemlerinin gelişmesine katkı sağlamak hedeflenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Gayrimenkul, taşınmaz değerlendirme, bilgi sistemleri, mimarlık, tasarım kriterleri, şehircilik.

EVALUATION OF GABORAS REAL ESTATE STOCK EXCHANGE SCORING SYSTEM IN TERMS OF ARCHITECTURAL DESIGN CRITERIA

Extended Abstract

In the world where digitalization is progressing rapidly, progress is being made in the field of architecture at the same pace. In order to keep up with the digital architecture, many programs and platforms have started to serve rapidly and to be included in this field. It is accepted that a new era has started in architecture, especially with the project drawings being placed on certain codes. It is possible to say the same things in terms of real estate, which has an important place not only in the field of architecture and construction, but also for all sectors of the world. Nowadays, it has become normal to be able to access real estates through the online platform with a single click and more is demanded. Also, it was not sufficient to examine the real estate on site and it was desired to reach various information and documents. In addition, the correct scoring of the real estate in terms of determining the real value has become a current need. Considering all these trends and needs, a research was conducted in terms of systems for real estate valuation, and the studies of a data company named “Real Estate Stock Exchange” (GABORAS) were found worthy of research. In this article, first of all, this platform, which is quite new for the real estate sector, and its innovations in the sector are introduced. Afterwards, the scoring system of the platform

***Sorumlu Yazar (Corresponding Author):**

Dr. Erdem Köymen, İstanbul Zaim Üniversitesi, Mühendislik ve Doğa Bilimleri
Fakültesi, Mimarlık Bölümü, 34303 İstanbul, Türkiye.

Geliş (Received) : 30.10.2021

Kabul (Accepted) : 26.11.2021

Basım (Published) : 31.12.2021

was examined in terms of architectural design criteria. After the comparisons, it was seen that these important architectural criteria, which add value to the building and make the building more livable in many respects, were not added to the valuation system. From this point of view, the loss of accurate and effective scoring has been defined as a possible problem. Afterwards, the potential contribution to be made by adding these criteria to the system has been tried to be shown by basing on quantitative data through three sample architectural criteria. Within the scope of the article, it is aimed to contribute to the development of this and similar valuation systems with the architectural evaluation and the original suggestions.

Keywords: Real estate, real estate valuation, information system, architecture, design criteria, urbanism.

1. Giriş

İnsanın dünyaya gelişi ve topluluk oluşturmasıyla birlikte ortaya çıkan ihtiyaçları günümüze kadar taşınmıştır. Maslow'un ihtiyaçlar hiyerarşisinde "güvenlik ihtiyacı" başlığındaki mülkiyet ve doğal afetler bölümü, dış tehlikelerden korunma ile ilişkili olarak ele alınmıştır. Korunma ve barınma ihtiyacı önceleri birer alt başlık şeklindeyken daha sonraları yerleşik hayata geçiş ve eklenen ihtiyaçlar ile birer ana ihtiyaç başlığı haline gelmiştir. Bu durum zaman içerisinde refah seviyesinin yükselmesine paralel şekilde gelişim göstermiştir (Tunca & Üstüntaş, 2019).

Günümüzde gayrimenkulün birçok çeşidi sadece korunma ve barınma değil yatırım, ticaret, sosyal gibi çeşitli alanlara hizmet vermektedir. Yakın tarih içerisinde uluslararası ölçekte popülerleşen gayrimenkul değer algısı bugün bir gayrimenkule sahip olma algısının da önüne geçmektedir. Bu açıdan gayrimenkul değeri ile ortaya çıkan en büyük problemlerden birisi "değer belirleme" eğilimleri olmuş ve ülkelerin kendi içerisinde zamanla çeşitli değer belirleme algoritmaları oluşmuştur. Ancak yakın bir tarihe kadar değer belirleme, el yordamı ve çoğunlukla yerinde inceleme şeklinde gerçekleşmiştir.

Tüm bu değişen algılarla gelişen dünyanın bir ürünü olan teknoloji, birçok sektörde olduğu gibi, gayrimenkul sektöründe de yerini almaya başlamıştır. Gayrimenkul sektörü içerisinde yeni yükselişte olan dijital pazarlar da her geçen gün bu ivmeyle önemini artırmaktadır.

Bu duruma örnek olarak Türkiye'de 184 milyon tapunun bulunmasına karşın bunun sadece %10'luk bir kısmının işlem görmesi gösterilebilir. Bu işlemler içerisinde kimi zaman aynı gayrimenkul için birden fazla değer verildiği ve bu değerlerin kendi içerisinde ciddi anomalilere ulaştığı izlenmektedir (TKGM, 2021).

Burada iki ana soru cümlesi ortaya çıkmaktadır: Aynı gayrimenkul için verilen birkaç farklı değerden hangisi doğruyu yansıtmaktadır? Türkiye'deki 184 milyon tapu üzerinden işlem görüp ticari pazarı artıran gayrimenkul oranının %10'dan daha yukarı taşınması mümkün müdür?

Araştırmada bu iki soruya cevap verebileceği düşünülen çevrim içi bir platform incelenecek ve platformun gayrimenkul değer belirlemede kullandığı puanlama sistemi tanıtılacaktır. İnceleme sonrasında bu ve benzeri sistemlerin gelişmesi için mimari parametrelerin değer belirlemede potansiyel katkısı özelinde çeşitli önermelerde bulunulacaktır.

1.1. Gayrimenkul Sektörü ve Türkiye'deki Problemleri

Eşyaya ilişkin hakların tesis ve sınırlandırmalarında evrensel hukuk, "menkul" ve "gayrimenkul" ayrımı yapmaktadır. Menkul mal, kelime manasıyla "taşınan mal" anlamındadır. Bu kapsamda menkul mallar içerisinde; otomobil, küçük dijital makine, kitap, ziynet eşyaları vb. gibi bir yerden başka bir yere taşınabilen ve elektrik enerjisi, patent hakkı, hisse senedi gibi gayrimenkul mülkiyetinin kapsamı dışında bulunan tabii kuvvetler ve haklar girmektedir. Menkul malın mülkiyeti, zilyetliğine sahip olana aittir. Gayrimenkul mal ise menkulün zıddı olarak "taşınamayan, bir yerden bir yere götürülmesi mümkün olmayan" anlamına gelir. Gayrimenkul mallara arsa, işyeri, konut vb. örnek gösterilebilir. Tıpkı menkul malda hisse senedi, patent hakkı menkul mal sayılmadığı gibi gayrimenkulde de benzer istisnalar bulunmaktadır. Ancak bu istisnalar gayrimenkulden sayılmaktadır ve buna örnek olarak; geçit hakkı, üst hakkı, inşaat hakkı vb. haklar verilebilir. Gayrimenkul malın mülkiyeti devletin sorumluluğunda olup aynı aleniyet ilkelerine göre tutulan tapu sicili ile belirlenir (Çıkkılı, 2010).

4721 numaralı Türk Medeni kanununun 704'üncü maddesine göre taşınmaz mülkiyet konusunda gayrimenkuller;

- Arazi,

- Tapu kütüğünde ayrı sayfaya kaydedilen bağımsız ve sürekli haklar,
- Kat mülkiyeti kütüğüne kayıtlı bağımsız bölümler, şeklinde sınıflandırılmıştır (Türk Medeni Kanunu, 2001).

Yukarıda da belirtildiği gibi gayrimenkulün insan açısından önemi başlarda barınma ihtiyacına hizmet iken gelişen uygarlık ile portföy oluşturma, kredilendirme, teminat, ipotek, vergilendirme gibi ekonomik işlevlerle çeşitlenmiştir. Bu durum “gayrimenkul değeri” kavramını ortaya çıkarmış ve bu kavramı gayrimenkulden ayrılmaz hale getirmiştir (Kocabıyık ve Öktem, 2021).

“Gayrimenkulün değeri” bir kavramı olarak uluslararası ölçekte ülkelerin ekonomilerine dahil olmaya başlamış ve arkasından bu ekonomilerde önemli ölçüde yer edinmiştir. Özellikle sabit ve yüksek ekonomilerdeki ülkeler için ekonomik kararların önemli bir kısmına dayanak oluşturmuştur. Çay & Boz’un çalışmasında, varlık değerlemesinde yapılan yanlışlıklar sonucu birçok paydaşın (bankalar, kote edilmiş şirketlere yatırım yapanlar, konut alıcıları, tasarrufları fonlara yatırılan gelecekteki emekliler vd.) finansal olarak olumsuz yönde etkilenme riskini ortaya çıkaracağı belirtilmektedir (Çay ve Boz, 2018).

Gayrimenkul sektörü uluslararası ölçekte incelendiğinde ABD ve Avrupa’nın sektörün problemlerini minimumda tuttuğu görülmüştür. Bunun başlıca sebeplerinden birisi yaklaşık bir asrı aşkın süredir metot ve sistemlerinin değişmeyip aynı sistem üzerinden ıslahatlar ile ilerlemesidir. Ancak Türkiye’de benzer durum maalesef söz konusu değildir. Osmanlı Devleti üzerine kurulmuş olan genç Türkiye Cumhuriyeti zor ve çok kayıplı savaşlardan sonra ülke kalkınmasını sağlayabilmek için çalışmış ve ancak 1980’lerde gayrimenkul sektörü için adım atabilmiştir. Her ne kadar Osmanlı Devleti’nde oturmuş ve işleyişi sağlıklı olan bir sistem var ise de mülklerin çoğunluğu halk üzerinden değil vakıflar üzerinden ilerlemiştir. İki devletin temel yönetim sistemi açısından ciddi farklılıklar göstermesinden dolayı aynı sistemin Türkiye Cumhuriyeti’nde uygulanabilirlik ihtimali zayıftır (Çıkılı, 2010).

Günümüz Türkiye’inde gayrimenkul sektörü için stabil bir durumdan söz etmek mümkün gözükmemektedir. Bunun başlıca sebeplerinden birisi ülkede finansal stabilizasyonun mevcut olmayışı ve bunun neticesinde ortaya çıkan konut stoku dalgalanması olarak gösterilebilir. Belirli bir bölgede oluşan yüksek katlı konutların bölgede kısa süre içerisinde çok fazla konut stoku haline dönüşmesi ve dolayısıyla bölgedeki fiyatların düşmesine sebep olması buna bir örnektir. Bir anda ortaya çıkan bu sorun kısa süre içerisinde konutların metrekaresi rayiç bedellerinin düşmesine ve değerinin altında el değiştirmesine sebep olmaktadır. Bir başka sorun ise dayanağı olmayan bilgilerdir. Örnek olarak bir bölgede metro hattı planlamasının yapılması, bölgenin Kanal İstanbul’u kapsamaması, bölgenin kentsel dönüşüm dahilinde olması şeklinde çıkan asılsız bilgiler, imarsız tarla hükmündeki arazilerin imarlı arsa değerinde satılması gibi sonuçları doğurmaktadır. Oluşan bu durumun ciddi maddi kayıplara sebep olduğu görülmektedir.

Türkiye’deki gayrimenkul sektöründe karşılaşılan güncel sorunlar şu şekilde kısaca özetlenebilir;

- Kayıt dışılık yüksek orandadır. Bu durum, devletin vergi alımında problemler yaşamasına sebep olmaktadır.
- Organize ve düzenli şehirleşme sorunları bulunmaktadır. Bu durum ise çarpık kentleşme ile kalitesiz yapıların ve gecekonduların artmasına sebep olmaktadır.
- Üretilen yapı bileşenlerinin kalitesini kontrol eden yeterince düzenli bir sistem bulunmamaktadır. Çıkarılan imar afları ile bu durum beslenmektedir.
- Özellikle miras hukuku konusunda tarım arazilerinin düzenlenmesine ilişkin çıkarılan mevzuatlar istenilen seviyede uygulanmamaktadır.
- Özellikle konut ve iş yeri ele alındığında yapı üretimi, organize ve ehil kurumlar tarafından değil, bireylerin şahsına bırakılmış bir sistemle (yap-sat) yapılmaktadır. Bu durum ise altyapıda yetersizlik sonucunu doğurmaktadır (Çıkılı, 2010).

1.2. Taşınmazlar Üzerine Değer Belirleme Eğilimleri

Taşınmaz değerlemesi; bir gayrimenkulün, gayrimenkul projesinin veya bir gayrimenkule bağlı hak ve faydaların belli bir tarihteki muhtemel değerinin bağımsız ve tarafsız olarak takdiri olarak tanımlanabilir. Ekonominin yanı sıra kırsal ve kentsel toprak düzenlemeleri, kentsel dönüşüm ve kamulaştırmalar açısından taşınmaz değerlemenin öneminin kavranması gerekmektedir (Erdem, 2018).

Uluslararası ölçekte herhangi bir taşınmazın değeri belirlenirken bazı kurumlar tarafından sistemler oluşturulmuştur. Bu kurumlardan en bilinenleri ve kapsamlıları Uluslararası Değerleme Standartları Konseyi

(International Valuation Standards Council; IVSC) ve Avrupa Değerlemeci Birlikleri Grubu (The European Group of Valuers' Associations; TEGoVA)'dur. IVSC Amerika, TEGoVA ise İngiltere merkezlidir (Yomralıoğlu vd., 2011).

Ülkemizde gayrimenkul değerlendirme işlemi için kural ve uygulama standartlarını belirleyecek kanun, yönetmelik veya benzeri hukuksal düzenlemeler henüz oluşturulmamıştır. Buna karşın vergi ve harçları düzenlemeye ve gayrimenkul değerlemeye yönelik mevzuat bulunmaktadır ancak bu mevzuatlar birbirlerinden bağımsız çalışmaktadır. Örnek olarak aynı gayrimenkul üzerinde gayrimenkulün emlak vergi değeri kamulaştırma değerinden farklı olabilmektedir (Yomralıoğlu vd., 2011). Bu sistemler gayrimenkullerin değerini belirlerken net ve belirleyici olmadığı için yeterli gelmemektedir. Bunun sonucu olarak, yukarıda da değinildiği gibi, aynı gayrimenkul için birden farklı değer verilebilmekte ve bu değerler arasında ciddi belirsizlikler ortaya çıkabilmektedir. Özellikle taşınmazın yerinde analizi olmadan değerinin belirlenebilmesi günümüz için mevcut değildir. Değer belirleme işlemi görevinde bulunan kişilerin konuya yetkin olmaması, bilgi eksikliği, çoğu zaman yerinde tespit yapılmadan şifahi oluşturulan değerler bu tabloyu olumsuz yönde etkilemeye devam etmektedir.

Erbil (2014) çalışmasında bir taşınmazın değerinin belirlenebilmesi için tüm bilgi ve belgelerin elde edilmesini, bu verileri doğru yorumlayabilecek ve değerlendirebilecek birikime sahip tarafsız kişi ve kurumların bu veriler üzerinde çalışma yapması gerektiğini belirtmiştir. Yine aynı çalışmada gayrimenkulün değer belirlemedeki problemlerden birisinin Türkiye'de standartların oluşturulmamış olmasından kaynaklı olduğunu ifade etmiştir.

Bir başka çalışmada ise ülkemizde gayrimenkulün değerlemedeki en önemli sorunun bir gayrimenkulün esas değerine etkisi olan net bir "değerleme modelinin oluşmamış olduğundan bahsedilmektedir (Büyükkaracıoğlu vd., 2017).

Bölüm 1.1'de de belirtildiği üzere bu durum Türkiye'deki gayrimenkul sektörü üzerinde, belirsizliklerden ve sistemdeki açıklıklardan kaynaklanan birtakım problemlerinin doğmasına sebebiyet vermektedir ve sektör, içinden çıkılmaz bir hale doğru sürüklenmektedir. Bu konuda birçok değer belirleme eğilimli çalışmalar yapılsa dahi göreve yeni gelen yetkililer, yasalarla ve sabitleştirilmemiş olan yöntemlerle her seferinde kendi sistemlerini oluşturma eğilimine sürüklenmektedir. Günümüz teknolojileri bu çalışmaları teke indirmeye ve birleştirilmeye müsait olan sistemlerin geliştirilmesine olanak sağlamaktadır.

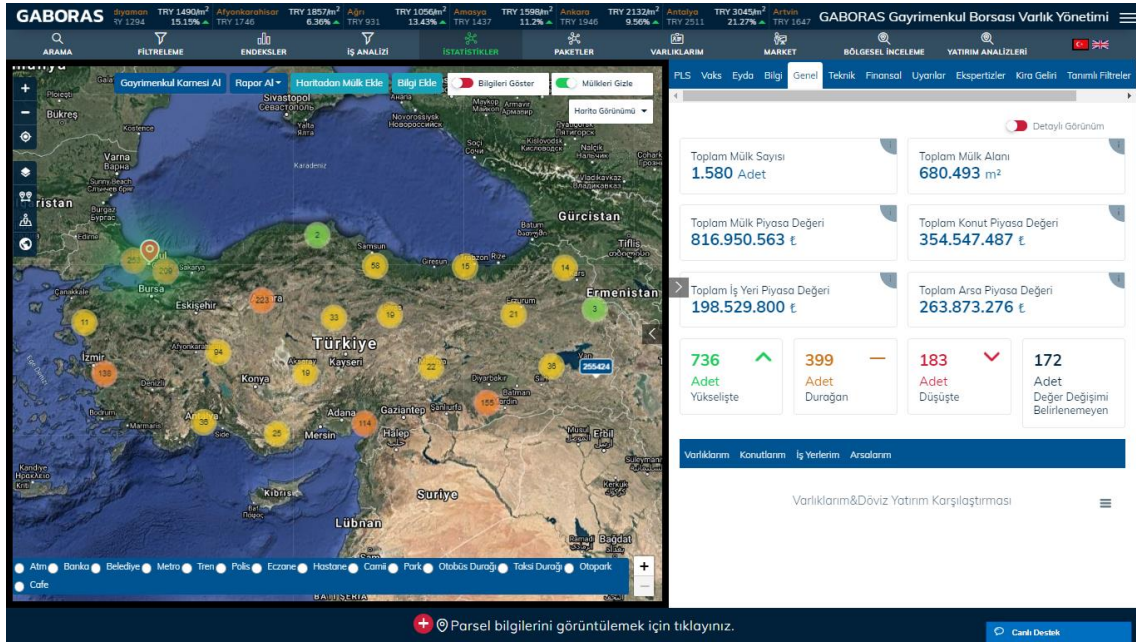
Bu alanda yapılan çalışmalar sonucu kullanılan yöntemlerden birkaçının "bulanık mantık" ve "yapay sinir ağları" olduğu görülmüştür. Bu metotlarda çoklu veri girdileri ve belirli parametreler oluşturulmaktadır. Bu şekilde ulaşılan değerlerin, gerçek piyasa değerlerine yaklaştığı izlenmiştir. Bunun yanında ilerleyen yıllar içerisinde belirli standartlara sahip yeni sistemlerin gayrimenkul değerlemede önemli rol oynayacağı öngörülmüştür (Saraç, 2012; Ulvi ve Özkan, 2019; İlhan ve Semih, 2020).

Bu çerçevede gayrimenkul değerlemesine yönelik sistemler açısından yapılan araştırmalarda "Gayrimenkul Kıymetler Borsası" (GABORAS) isimli şirketin çalışmaları dikkat çekmiş ve araştırmaya değer bulunmuştur. Sonrasında dünyada ve dolayısıyla Türkiye'de önemli bir atılımda bulunmuş ve benzer sistemlerin kurulmasına öncülük etme potansiyeli olan şirketin sistemi üzerine çalışma derinleştirilmiştir. İlerleyen bölümlerde GABORAS'ın otomasyon sistemi ve puanlamaya yaklaşımı incelenecek ve sonrasında puanlamada kullanılan yaklaşımlar mimarlık kriterleri açısından değerlendirilecektir.

2. GABORAS (Gayrimenkul Kıymetler Borsası A.Ş.)

Araştırma kapsamında incelenen GABORAS, Yıldız Teknik Üniversitesi iş birliği ile kurulmuş YTÜ Teknopark'ta hizmet vermekte olan bir veri şirketidir. Yerli ve milli yazılımlarla gayrimenkul sektörünün toplam değerinin ortaya çıkartılmasını ve böylelikle kayıp ekonominin geri kazanılmasını hedeflemektedir. Bu anlamda Türkiye'nin ekonomik ilerlemesine katkı sağlayacak önemli projeler arasında yer aldığı ve benzer platformların geliştirilmesine önderlik edebileceği söylenebilir.

Veri ve yazılım partneri olan TÜVİMER (Türkiye Veri İşleme Merkezi) ile hizmet vermekte olan GABORAS'ta gayrimenkul ile ilgili tüm veriler, istatistik disiplininin yararlanarak "akıllı veri" ile anlamlandırılmaktadır. GABORAS'ın otomasyon sistemi ise "mikro servis" mimarileri üzerine kurulu, "ölçeklenebilir" bir yapıdır. Yazılımlar güncel Javascript dilleri üzerine inşa edilmiştir. Back-End tarafında Node.js ve Python, Front-End tarafında Angular, mobil uygulamalar tarafında ise Native ve React Native kullanılmıştır. DB olarak mikro servisler içerisinde yer alan mongoDB kullanılmaktadır. TÜVİMER tarafından gelen verilerde ise Database ve BigData tarafında "Postgis", "Postgresql" ile analitik sorgu oluşturulmaktadır (Türkoğlu ve Abişoğulları, Kişisel iletişim, 16 Mayıs 2021).



Şekil 1. GOS Sistemi Genel Durum Ekranı (GABORAS, 2021).

GABORAS sistemlerinin online platformu olan GABORAS Otomasyon Sistemi (GOS), tüm girdileri içerisinde barındırmaktadır. Sistem, toplanan tüm verilerin blockchain yapay zekâ yazılım teknolojisi ile “BigData”nın işlenmesi yoluyla oluşturulmuştur (Şekil 1). GOS sisteminin içerisinde çok fazla girdi mevcuttur ve bu girdiler temel başlıklar altında toparlanarak her bir başlık kendi içerisinde hizmet vermektedir. Geniş alt başlıklar ve içeriklerle yüklü olmasına karşın, sistemin en temelde verdiği hizmetler aşağıda listelenmiştir;

Genel durum-trend analizi: Bu sayfa içerisinde sisteme yüklenmiş olan tüm portföylerin satılık, kiralık, arsa, işyeri, konut gibi ayrımlarını ve o alan içerisinde bulunan gayrimenkulleri sayısal ve harita bazlı olarak göstermektedir. Trend analizinde ise portföy içerisinde bulunan gayrimenkullerin fiyatlarının yükselişte, düşüşte, durağan ve değerinin tespit edilemediği gösterilmektedir. Toplu analiz ile birebir tüm gayrimenkuller içinde benzer bilgiler verilmektedir.

Piyasa inceleme: Online ortamda ilan edilen tüm satılık-kiralık beyanların harita bazlı gösterimidir.

Yerel ağ: Gayrimenkul danışanlarının bulunduğu alandır. Bu alanda herhangi bir gayrimenkul hakkında bilgi aldıktan sonra o gayrimenkulün çevresinde bulunan gayrimenkul danışanları veya ofislerini gösterir. Ancak kendi içerisinde bir skorlama sistemi mevcuttur. Satılık ve kiralık olmak üzere iki ayrı alanda en iyi puanı almış danışanlar ve ofisler sıralanır. Bu skorlama içerisinde doğru fiyatlandırma, güvenilirlik, taşınmaz ticaret beyan sertifikası, işlem hacmi gibi bilgileri birçok bilgiyi bulundurmaktadır ve ADR Türkiye denilen bir sistem ile kontrolleri gerçekleştirilmektedir.

Portföy ekleme: Bu alan içerisinde istenilen gayrimenkuller eklenmektedir. Amaç her seferinde sorgulama yapmadan düzenli takiptir. Sistem içerisindeki o gayrimenkul ile ilgili tüm datalar ilişkilendirilmekte ve değişiklik olduğunda uyarı vermektedir. Örnek olarak fiyatı durağandan yükselişe geçtiğinde, bölgedeki arz yükseldiğinde, düştüğünde veya bölgeye kamulaştırma kararı geldiğinde anlık olarak görülebilir.

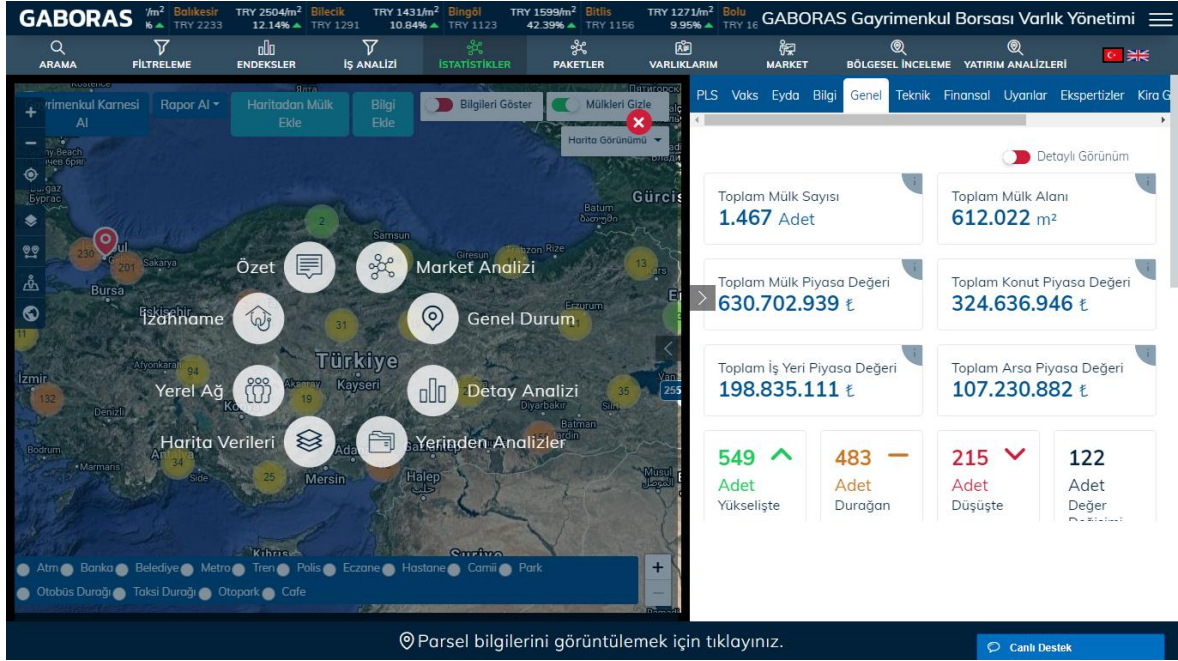
Finansal-teknik analiz: Bu alan içerisinde sistemde bulunan gayrimenkul hakkında verilmiş teknik plan kontrolleri sağlamaktadır. Makale kapsamında 2.3’te ayrıntılı açıklanmıştır.

Bölgesel analiz: Bu alan içerisinde tıpkı harita verileri gibi harita bazlı bir gösterim mevcuttur. Sol tarafta bulunan sekmeler ile bölgenin satılık konut, kiralık konut, satılık işyeri, kiralık işyeri, satılık arsa tipinde olmak üzere 6, 12, 24 ay periyotlarında;

- Yoğunluk Haritası
- Değer Haritası
- Değer Değişim Haritası
- Yatırım Puanı Haritası
- Geri Dönüş Haritası
- Toplam Satış İşlemi (2017-2018-2019-2020)

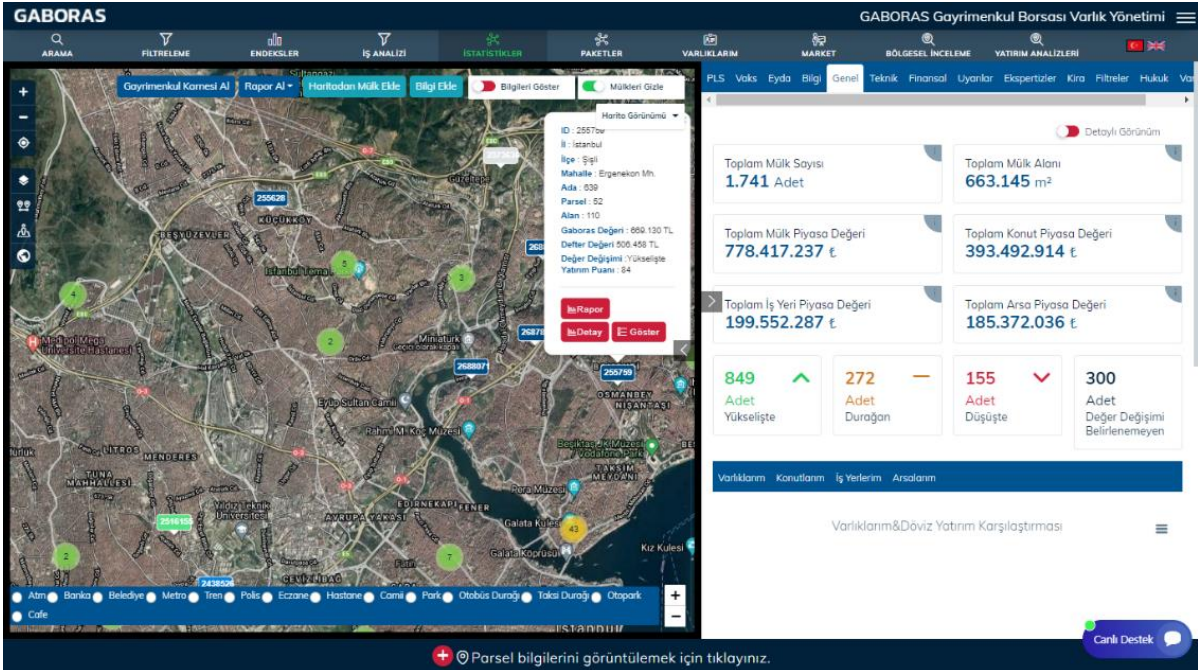
- Ana Taşınmaz Satış (2017-2018-2019-2020)
- Ana Taşınmaz İpotekli Satış (2017-2018-2019-2020)
- Bağımsız Bölüm Satış (2017-2018-2019-2020)
- Bağımsız Bölüm İpotekli Satış (2017-2018-2019-2020) gösterilmektedir.

Yatırım analizleri; bu alan içerisinde sistem belirli filtreler sunmaktadır. Bütçe, gayrimenkul tipi (konut, arsa, işyeri), şehir gibi. Filtreler seçildikten sonra harita bazlı ve liste bazlı olarak filtreler kapsamında yatırım puanı en yüksekten düşüğe kadar gayrimenkuller sıralanmaktadır.



Şekil 2. GABORAS ürünler sayfasından görüntü (GABORAS, 2021).

2.1. GABORAS Otomasyon Sisteminin (GOS) Çalışma Prensibi



Şekil 3. GOS Genel durum sayfasından görüntü (GABORAS, 2021).

Sisteme giriş yaptıktan sonra kullanıcının ekranına, daha öncesinde eklediği gayrimenkullerin bulunduğu “genel durum sayfası” çıkmaktadır. (Şekil 3) Bu sayfada toplam mülk sayısı, mülk alanı, piyasa değeri özelinde konut, arsa, işyeri piyasa değerleri gibi bilgiler görüntülenmektedir. Aynı zamanda mülklerinden kaç adedinin değeri yükselişte, düşüşte veya duraklamada olduğu, kaç adedinin ise değerinin bulunmadığının bilgileri verilmektedir. Değeri belirlenemeyen mülklerin sebepleri, mülk eklenirken verilen yetersiz bilgi veya değerlendirme parametrelerinden bazılarının mülklerin bulunduğu bölgelerde karşılıksız olmasıdır. Örnek olarak Ağrı’da bulunan tarla hükmündeki bir taşınmazın ortalama bir köy ölçeğindeki çevresinde son 24 ay içerisinde herhangi bir alım-satım yapılmamışsa, herhangi bir değerlendirme söz konusu değilse veya burada dijital ortamda yayınlanmış herhangi bir beyan bulunmuyorsa bölgede arz-talep dengesi oluşmayacağından burada bir değer belirlemek mümkün değildir. Bu durumda gayrimenkulün durumu, “değer belirlenemedi” olarak belirtilir. Tüm bu verilen mülk sayılarını sistemde detaylandırılıp izlemek mümkündür.

Sistem içerisinde Türkiye sınırlarında bulunan bir taşınmaz ile ilgili bilgi edinmek için veya Türkiye genelinde gayrimenkul kıyaslaması yapmak için birkaç farklı yol bulunmaktadır. Bu yollar ile taşınmaz hakkında farklı bilgilere erişmek mümkündür. Bunlardan başlıca olanları;

- Yerinden analizler
- Teknik Plan Kontrolleri
- Harita Verileridir.

2.2. Yerinden Analizler



Şekil 4. GOS Yerinden Analizler sayfasından görünüş (GABORAS, 2021).

Bu alan içerisinde herhangi bir parsel üzerinde;

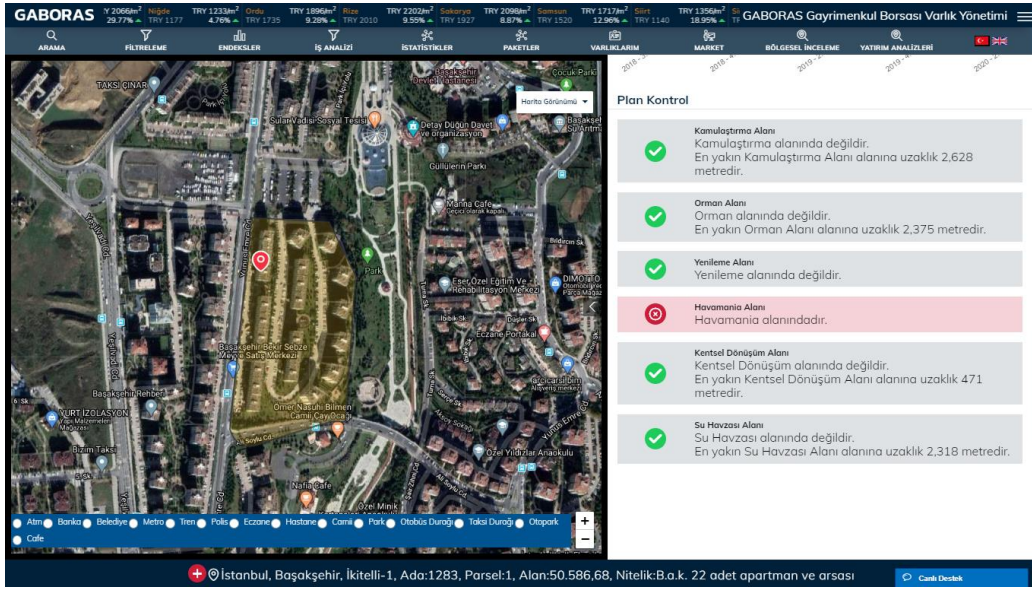
- Genel bilgiler (Zemin deprem durumu, plan durumu, çevredeki önemli projeler, icralıklar, ihaleler, şikâyetler)
- Çevredeki alım satımlar
- Finansal kontroller (İl-ilçe-mahalle-500 m²'lik alanlardaki yakın çevre rayiçleri)
- Bölgesel incelemeler (İl-ilçe-mahalle-1 km-2 km yakın çevredeki ana taşınmaz ve bağımsız bölümlü yapıların ipotekli-ipotezsiz satış raporları)
- Sosyo-ekonomik veriler (İl-ilçe-mahalle ölçeğinde okuryazarlık-yaş-ekonomik durum vb.)
- Teknik analizler (Orman, deprem, heyelan, sit alanları vb.)
- Çevrede bulunanlar (Hastaneler, okullar, ATM'ler, dini tesisler, resmî kurumlar, parklar, kültür alanları, ulaşım alanları, eğlence alanları vb.)

gibi konularda bilgi alınabilmektedir. Verilen tüm bilgiler dijital ortamlarda beyan edilen ilanların, bilgilerin tamamının çeşitli algoritmalar ve yapay zekâ yazılımları ile belirli bir süzgeçten geçmesi ve sisteme yüklenmesi ile oluşmaktadır. Aynı zamanda resmî gazetede yayınlanan bilgilerin günlük olarak dijital ortamlarda sistemine dâhil edilmesiyle ve veri

ortaklarının bünyelerinde bulunan bilgilerin (değerleme raporlarının vb.) tamamının sisteme eklenmesiyle de gerçekleştirilmektedir.

2.3. Teknik Plan Kontrolleri

Sistemde bulunan, taşınmaz hakkında bir diğer bilgi edinme yolu ise teknik plan kontrolleridir. Bu alanda gayrimenkul üzerinde ilan edilmiş alan kısıtlamaları gösterilmektedir. Burada resmî gazete kararları her gün taranıp anlık olarak sisteme dâhil edilir. Bu veriler Türkiye özelinde kamu ve kurumların veri tabanlarında bulunmaktadır. Bazı veriler koordinat bazlı olarak resmî gazetelerde ilan edilmektedir. Bu veriler TÜVİMER (Türkiye Veri İşleme Merkezi) ve GABORAS veri tabanlarında birleştirilip ada-parcel ölçğine indirgenmektedir. Sonrasında harita tabanlı olarak dijital platformda yayımlanmaktadır (Şekil 5). Buradaki kritik nokta, verilerin belirli periyotlarla güncellenme sıklığıdır (TÜVİMER, 2021). Örneklendirilecek olursa, Türkiye'nin herhangi bir yerinde verilecek olan bir kamulaştırma kararı veya raylı sistem kararı, o bölgenin yatırım cazibesini ve paralelinde yatırım puanını artırmaktadır. Bu sebeple bilgilerin günlük, haftalık ve aylık revizesi büyük önem taşımaktadır (Altun, K. Kişisel iletişim, 11 Mart 2020).



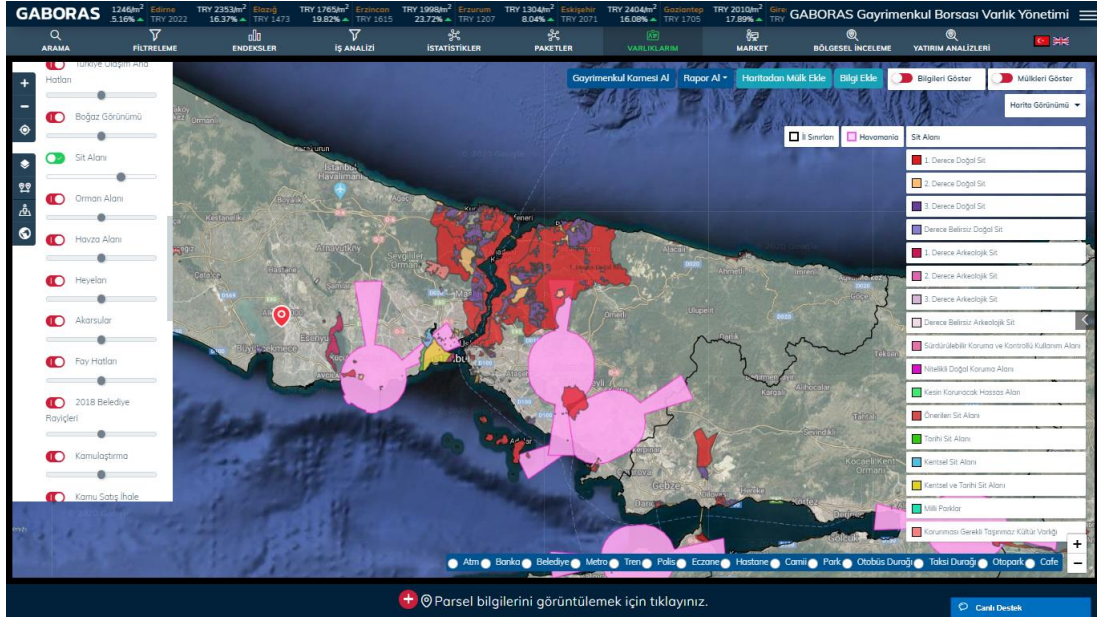
Şekil 5. GABORAS Genel Durum Plan Kontrolleri sayfasından görünüş (GABORAS, 2021).

Bu plan kontrollerinin gayrimenkul üzerindeki önemi büyüktür. Ülkemiz 1. derece fay hattında bulunduğu için özellikle beklenen büyük İstanbul depremi hesaba katıldığında ülkenin ticari ve kültürel açıdan en önemli şehri sayılan İstanbul'da bu durum daha da büyük önem taşımaktadır. Ayrıca gayrimenkul denilince akla gelen iki ana taşınmaz olan konut ve işyeri hariç arsa değerlemesinde de ana faktörlerden birisi teknik plan kontrolleri sayılmaktadır. Teknik plan kontrollerinde bahsedilen konular aşağıda sıralanmıştır;

- Kamulaştırma alanı kontrolü
- Orman alanı kontrolü
- Yenileme alanı kontrolü
- Havamania alanı kontrolü
- Kentsel dönüşüm alanı kontrolü
- Su havzası kontrolü

2.4. Harita Verileri

Taşınmaz hakkında sistem üzerinden bilgi edinmenin üçüncü yolu ise harita verileridir. Bu harita verileri, tüm Türkiye'deki çeşitli dataların, "konum" ile ilişkilendirilmiş şeklidir (Şekil 6).



Şekil 6. GABORAS Harita verileri sayfasından görünüş (GABORAS, 2021).

Gayrimenkulün yakın çevreye olan ilişkisi, üst ölçekte incelenmek üzere aşağıdaki şekilde sıralanmıştır;

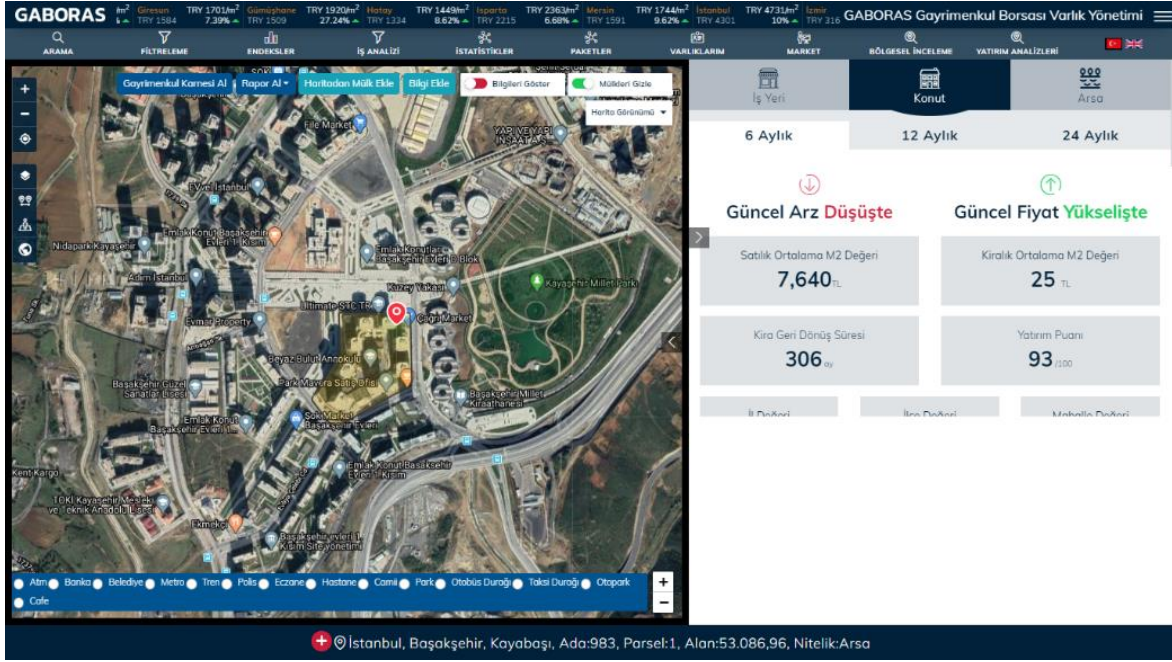
- İl sınırları
- İlçe sınırları
- Havamania alanı
- Zemin durumu
- Kentsel dönüşüm alanları
- Sit alanları
- Orman alanları
- Havza alanları
- Heyelan alanları
- Akarsular
- Fay hatları
- Geçmiş dönemlere ait m2 birim fiyatlamaları
- İmar planları ve tadilatları
- Yenileme alanları
- Mega projeler
- Ulaşım durumu Türkiye ana ulaşım hattı
- Boğaz görünümü
- Türkiye elektrik şebekesi
- Arazi toplulaştırma alanları
- Bölge ortalama bina yaşı
- 1000 m2 den büyük parseller
- 1000 m2 den küçük parseller
- 1000-5000 m2 arasındaki parseller
- Yüksek risk barındıran bölgeler
- Çevre sosyal-ekonomik yapılar

2.5. Gayrimenkul Puanlama Sistemi

Platformun önemli hizmetlerinde biri de puanlama sistemidir. İçerisinde iki farklı puanlama hizmeti bulunmaktadır. “Yerel ağ” denilen alanda gayrimenkul danışanları ve gayrimenkul emlak ofisleri puanlanırken, “yatırım analizlerinde ada-parcel bazındaki gayrimenkul (işyeri-konut-arsa) yatırım puanları verilmektedir (Şekil 7). Bu araştırma kapsamında örnek olarak incelenen sistemin gayrimenkul yatırım puanlama hizmetine odaklanılmıştır.

Gayrimenkul yatırım puanında kastedilen, seçilen taşınmazın belirli girdiler göz önüne alınarak yapılan bir skorlamasıdır. Bu skorlama 100 puan üzerinden yapılmaktadır. İçerisinde sistemde kayıtlı tüm bilgilerin yanında bir gayrimenkul hakkında bilinmesi gereken veriler bulunmaktadır. Bu sayede, belirlenen önem derecelerine göre “yüzdese katkı” sağlamaktadır. İçerisindeki en önemli girdilerden bazıları yerinde analizler, teknik plan kontrolleri ve harita verileridir.

2.6. Sistem ile Yapılmış Örnek Bir Puanlama



Şekil 7. GABORAS Genel Durum Analizi sayfasından görünüş (GABORAS, 2021).

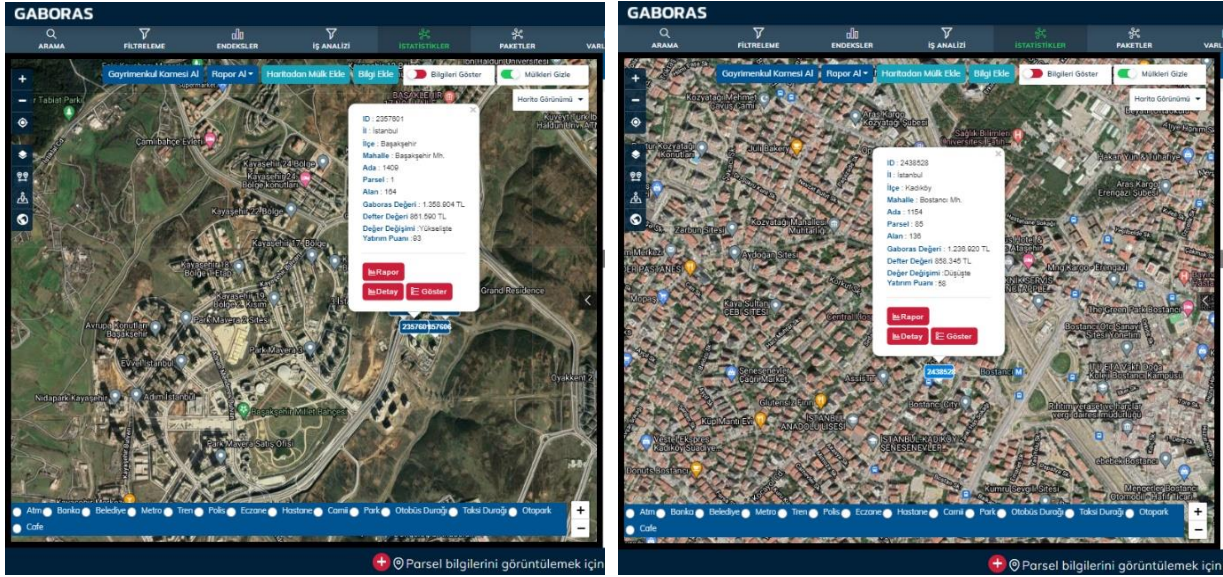
Tüm Türkiye’de herhangi bir ada-parşelin araması gerçekleştirildiğinde Şekil 7’te görülen genel durum ekranı açılmaktadır. Burada son 6-12-24 ay zaman periyotları ile gayrimenkulün niteliğine göre (konut, arsa, işyeri) genel bilgilendirme yapılmakta; güncel arz-fiyat bilgisi, satılık-kiralık ortalama metrekare değer bilgisi ve güncel kira dönüş bilgisi verilmektedir. Yukarıda verilen bilgiler doğrultusunda genel durum bilgileri içerisinde GOS yatırım puanı (GOS gayrimenkul puanı) bulunmaktadır.

Şekil 7’de İstanbul, Başakşehir, Kayabaşı mahallesinden bir örnek incelenmiştir. Son 6 aylık veriler analiz edildiğinde;

- Bölgedeki güncel arzının düşüşte olduğu bilgisi verilmektedir. Burada bahsedilen arz örnek olarak bölgedeki satılık konutların müşteri tarafından tercih edilmediğidir. Bu durum, bölgedeki arzın düşüşüne sebep olmaktadır.
- Bölgedeki güncel metrekare değerinin yükselişte olduğu bilgisi verilmektedir. Bu değer için son 24-12-6-3 ay olarak standart periyotlar oluşturulmuştur ve veriler günlük olarak güncellenmektedir.
- Satılık ortalama metrekare rayiç değerinin 7,640 TL değer bandında olduğu gösterilmektedir. Bu metrekare rayiç bedeli birçok rayiç bedelini içerisinde bulunduran ve gerçek değere en yakın rayiç bedeli olarak hesaplanmaktadır. (Gelir İdaresi Başkanlığı değerleri, dijital ortamda beyan edilen değerler, değerlendirme raporları vs.)
- Kiralık ortalama metrekare değerinin ise 25 TL değer bandında ilerlediği görülmektedir. Bu değer satılık ortalama metrekare rayiç bedeli hesaplaması baz alınarak oluşturulmaktadır.
- Kira geri dönüş süresinin 306 ay olduğu hesaplanmıştır.

Bu veriler ve sistem içerisinde bulunan yukarıdaki datalar (harita verileri, teknik plan kontrolleri, yerinden analizler) göz önüne alındığında yatırım puanı 100 puan üzerinden 93 olarak belirlenmiştir. Bölgede oluşmuş ani bir kamulaştırma kararı, değişkenlik gösteren bir zemin deprem durumu bilgisi, ilan edilmiş büyük bir kamu projesi (Kanal İstanbul, hastane, havalimanı vb.) veya imar planı tadilatı, büyük ve küçük ölçekte yatırım cazibesini değiştireceğinden aynı durum yatırım puanı skorunu etkilemekte ve değişimine sebep olmaktadır.

Karşılaştırmalı bir örnek olarak; İstanbul’da gelişimini yüksek oranda tamamlanmış olan Kadıköy semti ile gelişimi devam etmekte olan Başakşehir semti karşılaştırıldığında Başakşehir’in yatırım puanının daha yüksek olduğu görülmektedir. Bunun başlıca sebeplerinden birisi, Başakşehir’in hızla gelişmesinden kaynaklı metrekare rayiç bedelinin yükselmesi ve kısa süre içerisinde büyük kar getirisi olmasının öngörülmesidir. Ancak Kadıköy semtinin gelişimi büyük ölçüde tamamlanmış ve belirli bir metrekare rayiç bandında ilerlemektedir. Bu öngörü sistemsel olarak tespit edilmekte ve işlenmektedir. Şekil 8’de görüldüğü gibi Başakşehir ve Kadıköy’de benzer fiyatlandırması olan iki konut arasında yapılan kıyaslamada Başakşehir’in 93 olan yatırım puanına karşın Kadıköy’ün 58 puana sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 8. GABORAS Varlık detay haritasından görünüş Kadıköy- Başakşehir örneği (GABORAS, 2021).

3. GOS Puanlama Sisteminin Mimari Tasarım Kriterleri Açısından Değerlendirilmesi

Yukarıda açıklandığı gibi GABORAS, yerinde analiz etmeye gerek duymadan belirli standartlar oluşturarak herhangi bir gayrimenkul için doğru değerler göstermeyi hedefler. Tüm bu istatistiki araştırmaların içinde bir yapının görsel, işlevsel ya da oransal açıdan değerini ortaya koyabilecek nitelikte herhangi bir mimari tasarım kriterinin tanımlanmadığı izlenmiştir. Sistemde dikkate alınan mimari özellikler bina yaşı, bina konumu, bulunduğu il-ilçe-mahalle-sokak-ada-parcel, kat sayısı, işlevi, oda sayısı, metrekaare bilgisi ile sınırlandırılmıştır.

Ancak bilindiği üzere mimarlık belirli bir alanı en etkin şekilde kullanmayı hedefleyerek yapının sağlamlığının yanında estetik ve işlevselliğini de gözetir. Belirli bir akademik eğitimi olan mimarlık bilimi yapı tasarımını, insanların temel yaşamsal ihtiyaçlarını göz önüne alarak karşılar. Bu anlamda hacimlerin oranlı ve bilimsel açıdan doğru şekilde yerleştirilmesi insan yaşamını pozitif etkilemekle birlikte yapıya da değer katmaktadır. Örnek olarak incelenen GOS sistemi içerisinde mimari tasarım kriterlerinin göz ardı edilmesinin yapıların gerçek değerlerinin ortaya koyulması açısından bir eksiklik olacağı hipotezi üzerinden araştırma derinleştirilmiştir.

Çalışmada yakın parseller ve fiziksel nitelikler taşımasından dolayı yatırım puanı eşit olan 3+1 ve 130 metrekaarelerde iki farklı konumdaki konutlar örneklenmiştir.

İncelemelerde konutların metrekaare, yatırım puanı (gayrimenkul puanı) ve lokasyon (mahalle ölçeğinde) açısından benzerlikler göstermekle birlikte tasarımsal olarak farklılıklar taşıdığı gözlenmiştir. Konutların yatırım puanını etkilemesi öngörülen bu farklılıkların ortaya koyulabilmesi için bir takım mimari tasarım kriterleri belirlenmiştir. Sonrasında konutlar, belirlenen bu kriterlere göre incelenerek yatırım puanları tekrar değerlendirilmiştir.

3.1. Mimari Tasarım Kriterlerinin Belirlenmesi

Mimari bir nesnenin tasarımında biçim, ölçü, aralık, yön gibi kompozisyon öğelerinin yanında tekrar, uygunluk, karşıtlık, denge, koram gibi tasarım ilkelerinden yararlanılmaktadır. Yapıtı mimari bir çizgiye taşımada önemli olan bu öğe ve ilkeler oldukça geniş bir araştırma alanına sahiptir. Bunların yanında mimari bir yapıtı nitelendirirken sağlamlık, ergonomi, mekân proporsyonu, iklimik konfor, manzara yönü, erişilebilirlik gibi birtakım parametreler de bulunmaktadır.

Makale kapsamında puanlaması incelenecek olan örnek konutlar, “ideal mekân oranları”, “yön” ve “manzara” kriterleri ile sınırlandırılarak değerlendirilmiştir. Böylece değer belirlenirken bu parametreler sisteme dahil edilip noktasal değer sağlanması önerilmektedir.

3.2. İdeal Mekân Oranları

Proporsyon, bireysel ya da tüm organizasyonu oluşturan mekân ilişkilerinin görsel etkisidir. Bu ilişkiler genellikle “modül” olarak isimlendirilen bir birimle ifade edilir (Curl ve Wilson, 2016). Vitruvius, proporsyon kavramını mimarlığı oluşturan temel ilkelerin içinde saymaktadır. Ona göre düzen, bir yapıtın bölümlerinin her birine gereken önemi vermek

ve tümünün oranlarına bakışlımlı bir uyum getirmektir (Vitruvius, 2015). Mimari tasarımdaki proporsiyon eğiliminin bir sonucu olarak ortaya çıkan “ideal mekân oranları” ise tüm yapı çeşitlerinde sağlıklı tasarım kriterleri arasında önemli bir yer kaplamaktadır. Burada bahsedilen konu, yukarıda açıklaması yapılan modül kavramının kendi içerisindeki oranları denilebilir. Asırlar boyunca çeşitli oran savları ortaya atılmıştır. Bunların en bilineni ve kabul göreni altın orandır (Livio, 2002). “The Golden Ratio” isimli kitabında, bu oranı, “dünyanın en çok şaşırtan oranı” olarak ele almıştır. Matematikçiler tarafından derlenen, içerisinde pi (π) sayısının da olduğu, “gözde sayılar” arasında altın oranın da bulunduğunu belirterek hikâyesinden bahsetmiştir (Yılmaz, 2017).

Tablo 1. Neufert’e göre 3+1 konut tipinin ideal mekânsal oranları (Neufert, 2008).

Tip	Salon	1.Oda	2.Oda	3.Oda
Tip 1	8x	5x	4x	6x
Tip 2	9x	6x	5x	8x
Tip 3	9x	7x	6x	5x
Tip 4	10x	8x	7x	5x

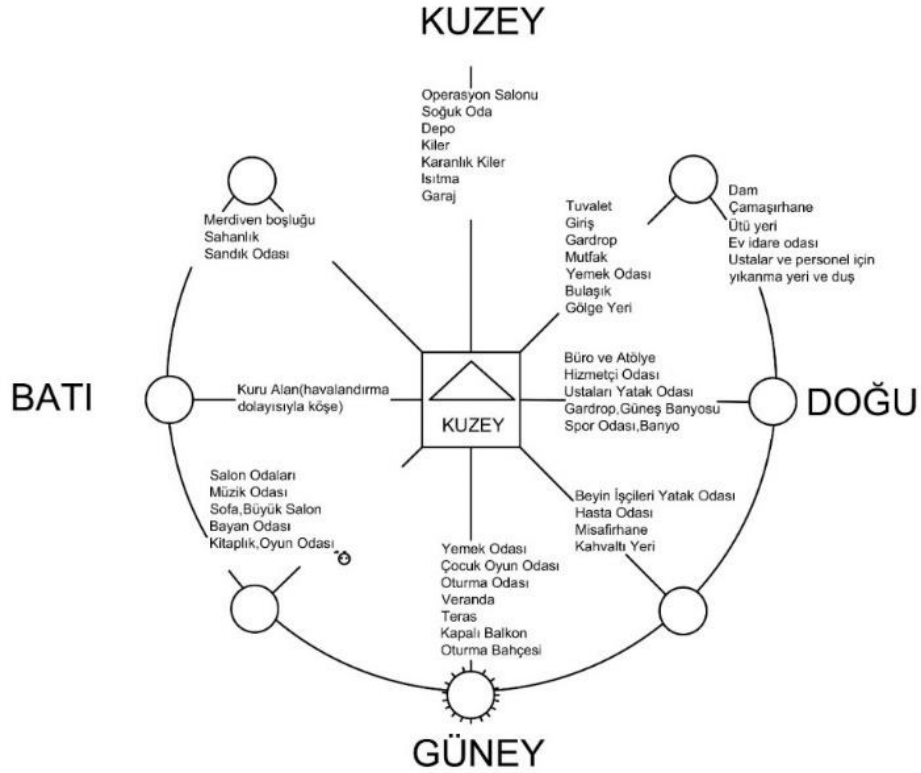
Tablo 1’de Neufert’e göre mekanların birbirleri ile olan oranları gösterilmektedir. Bu yaklaşıma göre tip 1’de salon 8 birim iken tip 2 ve tip 3’te 9, tip 4’te 10 birim olarak daha büyük tutulduğu izlenmektedir. Birinci oda tipi incelenecek olursa tip 1’de 5 birim, tip 2’de 6 birim, tip 3’te 7 birim, tip 4’te 8 birim olacak şekilde farklı ölçülendirme yapıldığı; benzer değişikliğin ikinci ve üçüncü oda tipinde de olduğu izlenmektedir.

Burada dikkat çeken bir diğer konu, dört tip konutta da salon bölümün diğer odalardan daha büyük hacme sahip olduğudur. Bunun yanında 3+1 konut tipinde üç odadan birisinin diğerlerinden daha büyük olduğu da proporsiyonel açıdan izlenmiştir.

3.3. Yön

Yapı tasarımının yer veya yön seçimi aşamasında güneşin ısı ve yayılımından faydalanmak ve negatif etkilerinden de sakınmak gerekmektedir (Alparslan, vd., 2009). Bu referansla, hızla gelişen dünyada sınırlı enerji kaynakları yerine enerji etkin bina tasarımının büyük önem taşıdığı söylenebilir. Mimari tasarım kriterleri arasında olmazsa olmaz olan “yön”, enerji etkin bina tasarımının özellikle de güneş enerji sistemlerinin ana kriterlerinden birisidir. Bu bağlamda, mimari tasarımda yön bileşeninin doğru kullanımı ile yapıya katacağı yatırım değeri arasındaki paralelliğin önemi ortadadır.

Yapı konumunun seçilmesinde de kaybolacak ısıyı en aza indirmeye yönelik kabuller bulunmaktadır. Arsanın yükseklik değerinin dahi rüzgâr ve ısı oranlarının farklılaşmasına etkisi bulunmaktadır (Neufert, 2008).



Şekil 9. Coğrafi yönler göre mekân önerileri (Neufert, 2008).

Şekil 9’da Neufert’in Yapı Tasarımı kitabında belirttiği coğrafi yönler göre mekân önerileri verilmiştir. Oturma odasının gün ışığını öğleden akşama kadar alması istendiği için konumlanması Güneydoğu, Güney, Güneybatı ve Kuzeybatı yönlerine önerme yapılmıştır. Yemek odasının günün her saati gün ışığından faydalanması istendiği için Kuzeydoğudan başlayıp sırasıyla Doğu, Güney ve Güneybatı yönlerinin tamamına konumlandırılabilirliği gösterilmiştir. Çocuk odasında ise günışığının öğleden akşama kadar alınması istendiği için tıpkı yemek odasında olduğu gibi Kuzeydoğudan başlayıp sırası ile Doğu, Güney ve Güneybatı yönlerine konumlandırılabilirliği gösterilmiştir. En son yatak odası incelendiğinde günışığını gecedan itibaren sabah güneşine kadar alınması istendiği için sadece Kuzeydoğu, Doğu ve Güneydoğu yönlerine konumlanması tercih edilmiştir.

<i>Oturma odası</i>	<i>Öğleden akşama kadar</i>	
<i>Yemek odası</i>	<i>Sabahtan akşama kadar</i>	
<i>Çocuk odası</i>	<i>Öğleden akşama kadar</i>	
<i>Yatak odası</i>	<i>Geceleyin, istenilen sabah güneşi</i>	

Şekil 10. Konut kullanım alanlarına göre coğrafi yön ve güneş diyagramı (Neufert, 2008).

Şekil 10’da yine Neufert’in yapı tasarımı kitabında belirttiği konut kullanım alanlarına göre coğrafi yön ve güneş diyagramı verilmiştir. Örnek olarak yatak odasının sabah güneşi alması ve Kuzeydoğu ile Güneydoğu yönlerine yerleştirilmesi istenirken oturma odasının, öğleden akşama kadar Kuzeybatı ile Güneydoğu yönlerinde yer alması önerilmiştir.

3.4. Manzara

Mimaride manzara kriteri eski medeniyetlerden bugüne kadar ana tasarım ilkeleri arasında yer almaktadır. Günümüz Türkiye’inde bu durum her ne kadar yap-sat sistemine dayalı olan inşaat sektörü için manzara hakkı, arsa nezdinde doğuştan gelen bir hak değilmiş gibi gösterilmeye çalışılıyor olsa dahi yine bu günlerde geçmişten gelen manzara yönü

ile orantılı olarak değerinin artma algısı bulunmaktadır. Bu algı bilimsel ölçütlerle kanıtlanmış ve çeşitli çalışmalara konu olmuştur.

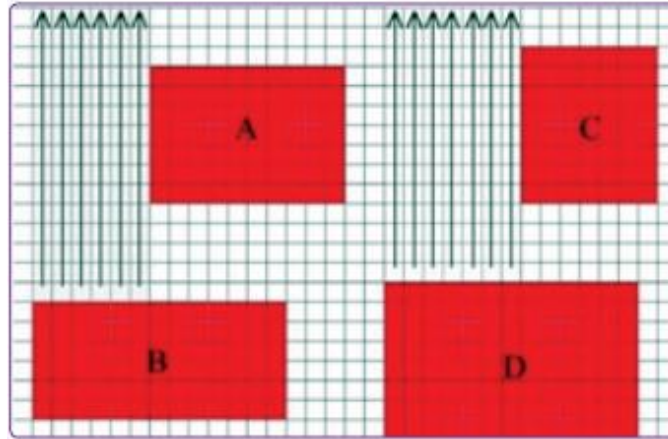
Bugün kentsel estetikten, peyzaj ve enerji etkin bina tasarımlarından veya eski eser analizinden bahsederken manzara faktörü tüm alanların içerisine dahil olmaktadır. Mimariden farklı olarak peyzaj tasarımlarında yapılan alan tespit çalışmalarında da manzara yönü yine başlıca kriterlerdendir (Ergül, 2015; Çelik, 2018).

Tablo 2. Sherwin Greene'nin Mekân Kalitesi Parametreleri (Hançer, 2019).

Parametreler	Göstergeler	Yönergeler
İşlev; Tasarım herkes için kullanılmalı olmalıdır.	<ul style="list-style-type: none"> Bağlantı Emniyet Konfor/Ferahlık Çeşitlik 	<ul style="list-style-type: none"> Erişim/Etkileşim/Örtüşme Güvenlik/Mahremiyet/Etkinlik Fiziksel kolaylık/Görsel huzur Seçim/Değişiklik
Düzen; Tasarım kolaylıkla anlaşılabilir olmalıdır.	<ul style="list-style-type: none"> Uyumluluk Açıklık Devamlılık Denge 	<ul style="list-style-type: none"> Giriş/Kenar/Manzara/Silüet/Sınır Strüktür/Bitişiklik/Kapalılık Sistem/Ardışıklık/Ritim Örüntü/Vurgu
Kimlik; Tasarım ayırt edici ve tanımlanabilir olmalıdır.	<ul style="list-style-type: none"> Odak Birlik Karakter Özellik 	<ul style="list-style-type: none"> Görsel odak/Düğüm noktası Kavram/Tekrar Bütünlük/Sadelik/Tarz Tarihi kalite/Sembolizm
Cazibe/Çekim; Tasarım hoş ve çekici olmalıdır.	<ul style="list-style-type: none"> Ölçek Uygunluk Canlılık Uyum 	<ul style="list-style-type: none"> İnsan/İnsancıl Oran/Orijinallik/Aşinalık Uyarıcı/Gerilim/Hareket Işık/Renk/Doku/Ses/Koku

Manzara faktörünün dikkate alındığı alanlardan bir diğeri olan “mekânsal kalite” parametresi, kendi içerisinde birçok ölçütü barındırmaktadır. Bu ölçütler Sherwin Greene tarafından 1992 yılında dört alt ölçüte ayrılarak incelenmiştir (Tablo 2). Bu ölçüler işlev, düzen, kimlik, cazibe/çekicilik şeklindedir (Hançer, 2019).

Sayısal tasarım alanı altında manzara ilkesinin işlendiği çeşitli çalışmalar da dikkat çekmektedir. Buna örnek olarak SSPM model algoritması (Sustainable Site Planning Model-Sürdürülebilir Yerleşim Planı Modeli) gösterilebilir. LEED ve BREEM yeşil bina sertifika sistemlerinin içerisinde kullanılan SSPM modeli algoritması içerisinde, ilk madde olan “arazinin tanımlanması” başlığının alt başlıklarından birisi de “manzara” yönünün girilmesidir. Bu kriter belirlendikten sonra manzara yönüne göre konumlandırılmış yapı, olumlu yönde puan almakta böylece LEED ve BREEM sertifikalarında da rol almaktadır. SSPM modeli uygunluk fonksiyonları kapsamında arazi kullanımı kurallarından 2.4. kuralda şu şekilde geçmektedir; “Manzaraya yönelim önceliklidir. Üretilen bina kütesinin manzara puanı, manzara yönüne bakan hücre sayısı ile hesaplanır” (Aksoy vd., 2016).



Şekil 11. Manzara Puanı Gösterimi (Aksoy vd., 2016).

Bir örnekle açıklanacak olursa; Bir arsa üzerinde bulunan dört bloklü bir sitenin manzara puanlamasının yapılması istendiğinde, her bina için manzara yönü ızgara üzerinden manzarayı en çok gören bireyin en fazla puanı alması prensibine

göre hesaplanır. Üretilen bina kütlelerinin manzara puanı, manzara yönüne bakan hücre sayısı ile hesaplanır. Eğer manzara puanı hesaplanacak binanın karşısında başka bir bina varsa, görüşün engellenmediği kenar hücre sayısı kadar manzara puanı elde edilir. Şekil 11’de A ve C binaları, B ve D binalarının manzarasını kesmektedir. Bu örnekte binaların manzara puanları A:10, B:6, C:7, D:7’dir. Seçilimde önemli olan arazide yer alan tüm binaların toplam puanıdır (Şekil 11) (Aksoy vd., 2016).

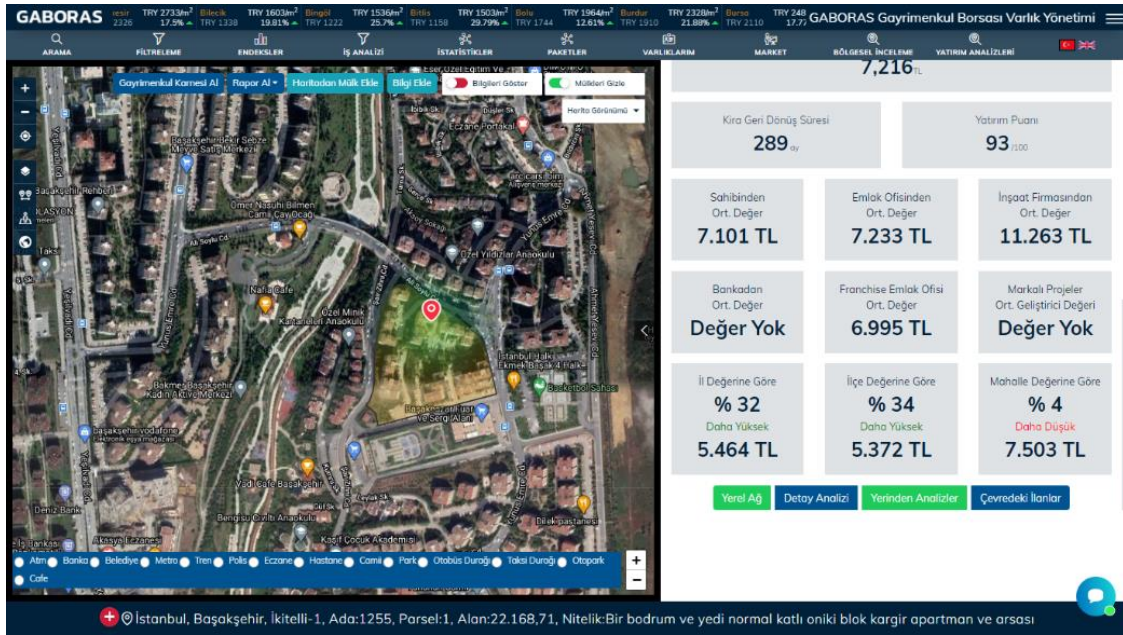
Mimaride önemli bir tasarım kriteri olan “manzara”, mimarlık biliminin ilk kitaplarından olan Vitruvius’un “de Architectura”sında da işlenmektedir. Kitapta başarılı bir mimarlık için gereken “Utilitas”, “Firmitas” ve “Venustas” yani “kullanışlılık”, “sağlamlık” ve “güzellik” kriterlerinden iki ana kriter içerisine “manzara” bileşeni dahil olmaktadır (Vitruvius, 2015).

Bugün bir turizm tesisinde odaların fiyatlandırmaları manzara faktörüne göre yükselmektedir. İnşa edilen bir öğrenci yurdunda veya konutlarda ise fiyat skalası manzara yönünün başarısı ile orantısız olarak değişmektedir (Abayhan, 2009; Yenice, 2019; Çevrimli ve Beyhan, 2020).

Görüldüğü gibi “manzara” bileşeni, her ne kadar nitel verilere dayandırılarak matematiksel açıdan tespit edilmesi zor olan bir parametre olsa da gayrimenkul puanlamasında gözden kaçırılmaması gereken bir faktördür. Bu önemli faktöre dikkat çekmek adına “manzara”, üçüncü inceleme kriteri olarak makaleye eklenmeye çalışılmıştır.

3.5. Uygulama Denemesi

Uygulama denemesinde benzer kriterler taşıyan 3+1 niteliğinde iki konut incelemeye alınmıştır. Yatırım puanları aynı olan bu konutlar, sadece mimari tasarım ilkeleri açısından farklılıklara sahiptirler. Her iki konutun ortalama metrekareleri, buldukları il, ilçe ve mahalle lokasyonları, teknik plan kontrollerine göre havamania kısıtlamasına tabi olmaları ve diğer kısıtlamalardan muaf olma durumları aynıdır.



Şekil 12. A Tipi Örneği GOS sistemi Genel Durum Analizi Görünüşü (GABORAS, 2021).



Şekil 13. B Tipi Örneği GOS sistemi Genel Durum Analizi Görünüşü (GABORAS, 2021).

Bu bilgiler ışığında, Şekil 12 ve 13'te görüldüğü gibi iki konutun sistem içerisinde yatırım puanları ve çeşitli kıstasları denk olarak hesaplanmıştır.



Şekil 14. A ve B Plan tipi konutların mimari planlar.

A plan tipinde (Şekil 14);

- Giriş Kuzeydoğu yönünden verilmiştir.
- Salon hacmi Kuzeybatı yönünde bulunmaktadır.
- Girişte uzun bir hol karşılanmaktadır.
- Holün sağ tarafında bulunan salon, mutfak, balkon ve oturma odası mekanları Kuzeybatı yönüne konumlandırılmıştır.
- Holün sol tarafında bulunan ıslak hacimler Güneydoğu yönünde kör cephe olarak tasarlanmıştır.
- Yatak odası ve çocuk odası Güneybatı yönüne konumlandırılmıştır.

B plan tipinde ise (Şekil 15);

- Giriş Güneydoğu yönünde bulunmaktadır.
- Mekanın girişinde antre karşılamaktadır.
- Antrenin sağ tarafında bulunan mutfak Kuzeydoğu yönüne konumlandırılmıştır.
- Antrenin sol tarafında bulunan salon ve balkon Güneybatı yönüne konumlandırılmıştır.
- Antrenin hemen ilerisinde bulunan kısa holün sağ tarafında çocuk odası ve oturma odası tıpkı mutfak hacminde olduğu gibi Kuzeydoğu yönüne konumlandırılmıştır.
- Holün karşısında bulunan ıslak hacim ise kör cephe ile Kuzeybatı yönünde bulunmaktadır.
- Holün sol tarafında bulunan yatak odası ise Güneydoğu yönüne konumlandırılmıştır.

Bu ilk incelemeler sonrasında yatırım puanı eşit çıkan iki konut, yukarıda belirlenen “ideal mekân oranları”, “yön”, “manzara” kriterlerine göre değerlendirmeye alınmıştır. İki konut proporsiyonel ilişkiler açısından incelendiğinde Tablo 2’de görüldüğü gibi bir sonuç ortaya çıkmaktadır.

Tablo 3. A tipi ve B tipi konutların ideal mekân oranlarının hesaplanması.

Plan Tipi	Salon	1. Oda	2. Oda	3. Oda
Tip A	8x4 ≈ 32.72	5x3 =15	4x4 ≈15.91	6x2 ≈ 11.87
Tip B	8x4 ≈ 32.64	5x3 ≈ 14.25	4x4 ≈14.30	6x2 ≈ 13.75

Neufet’in Tablo 1’de belirtilen ideal mekân oranları yaklaşımına göre, A tipi konutun oranları Tablo 3’deki Tip 1 oranına (8x5x4x6) yakınken B tipi konutu Tip 1 oranına daha uzak olduğu ve A tipi konutun ideal mekânsal oranları ideale en yakın olduğu izlenmiştir. İdeal mekân oranına en yakın olan iç mekânın A tipi konutun birinci odası olduğu ideal mekân oranına en uzak olan oranın B tipi konutta ikinci odanın olduğu görülmüştür (Tablo 3).

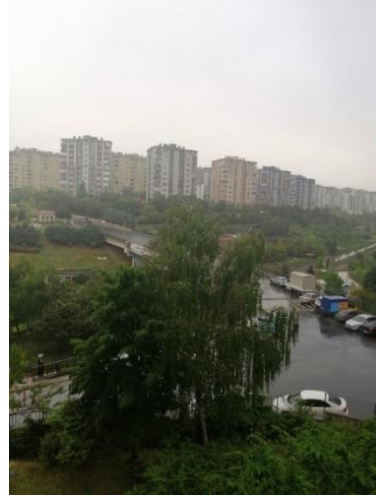
Tablo 4. A tipi ve B tipi konutların ideal mekân oranlarının karşılaştırılması.

Mekanlar	Tip A	Tip B	İdeal Coğrafi Yön
Salon	G.batı	K.batı	G.doğu-Güney-G.batı-K.batı
Yatak Odası	G.batı	Güney	K.doğu-Doğu-G.doğu
Çocuk Odası	K.doğu	G.batı	K.doğu-Doğu-Güney-G.batı
Oturma Odası	K.doğu	K.batı	G.doğu-Güney-G.batı-K.batı

A ve B tipi konutlar coğrafi yön kriteri bakımından Neufert’in yön diyagramına göre (Şekil 10) incelendiğinde A tipi konutunun salon, yatak odası, çocuk odası, oturma odası mekânlarından sadece çocuk odasının ideal coğrafi yön şemasına uyduğu görülmektedir. B tipi konutunun aynı mekânları incelendiğinde ise salon, çocuk odası ve oturma odasının ideal coğrafi yön şemasına uyduğu görülmektedir. Bu bilgiler ışığında B tipi konutun, A tipi konuta kıyasla genel mimarlık teamüllerine göre daha ideal coğrafi yön konumlanmasına sahip olduğu söylenebilir (Tablo 4).



(a)

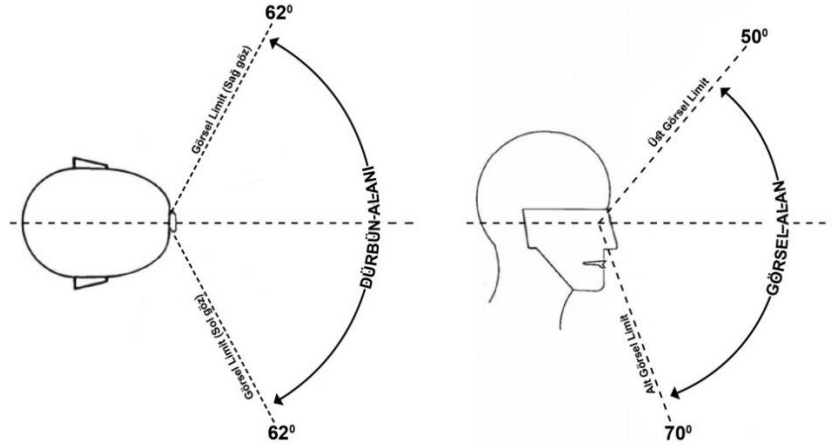


(b)

Şekil 15. A tipi (a) ve B Tipi (b) konutların salon ve mutfak manzaraları.

Son olarak yapılar, araştırmaya dâhil edilen üçüncü mimarlık kriteri olan “manzara”ya göre değerlendirilmiştir. Yatırım puanı eşit olan A ve B tipi konutların salon ve mutfak cephesinden manzara görünüşleri Şekil 15.a ve Şekil 15.b’deki gibidir. A tipi konutun manzarası, yaklaşık 20 x 20 mt oturma alanına sahip 12 katlı bir bina tarafından perdelenmektedir. B tipi konut ise Başakşehir için önemli bir görsel değere sahip olan “Sular Vadisi” isimli sosyal aktivite alanını, önünde herhangi bir engel olmadan görmektedir. B tipi konutun A tipine göre manzara açısından daha yüksek bir yatırım değerine sahip olduğu “nicel” bir söylemle ifade edilebilir. Ancak yukarıdaki bölümlerde de açıklandığı gibi çok boyutlu ve bileşenli olan “manzara”yı daha matematiksel verilere dayandırabilmek adına, aynı konutlar üzerinden bir deneme yapılmıştır.

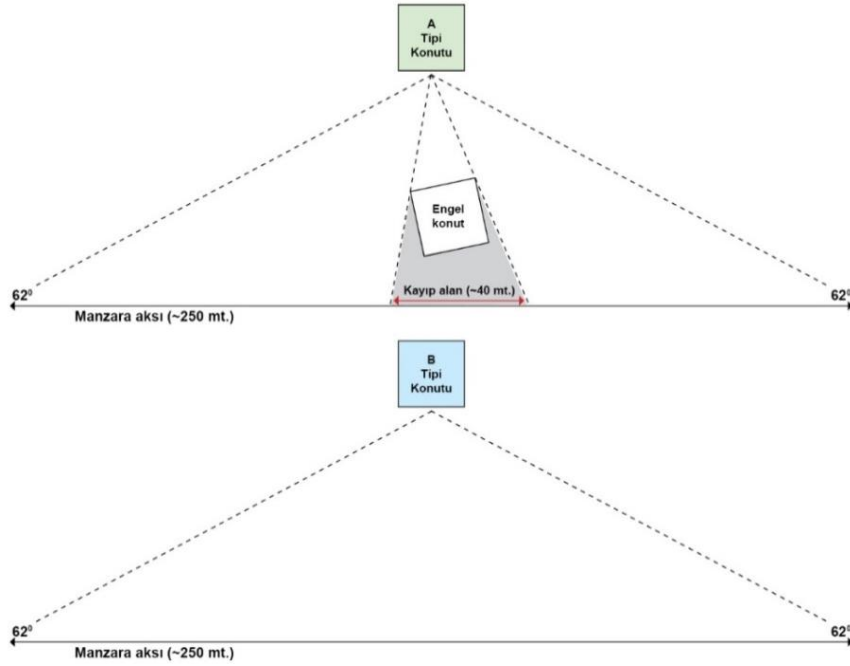
Manzara bileşeni, görsel algıya hitap ettiğinden dolayı insan görüş açısı veya görüş alanı ile ilgili olduğu görülmektedir. Bu bağlamda hesaplamalarda manzara etkisinin nitel verilere dayandırılabilmesi için insan görüş açısı üzerinden bir bağıntı yakalanmaya çalışılmıştır. Öncelikle insan görüş açısı ile ilgili literatür taranmış ve aşağıdaki verilere ulaşılmıştır.



Şekil 16. İnsan görme açıları (Panero ve Zelnik, 1979).

“İnsan görüş alanı”, baş ve göz hareketsizken izlenen ve açısal bir büyüklük olarak ölçülen uzayın bir parçasıdır. Her bir gözün görme alanına “monoküler görme” adı verilir. Keskin olan nesnelere Monoküler görme alanı içerisinde beyne iletilmez ve bu nesnelere dağınık ve belirsiz görünür. Bunun yanı sıra her iki gözün aynı anda bakmasıyla taranan alana ise “dürbün alanı” denilmektedir. Bu alan boyunca her bir gözün görme açısı üst üste binerek monoküler görme açısından daha geniş bir açıya sahip olunur ve böylece daha geniş bir merkezi alan oluşur. Şekil 16’da belirtildiği gibi bu açı sağ ve sol yönde 62 derece iken alt ve üst taraflarda ise 70 ve 50 derecedir. Dürbün alanı içerisinde beyne nesnenin keskin görüntüleri iletilir ve derinlik algısı oluşur (Panero ve Zelnik, 1979).

Görüldüğü gibi insan, belli bir açı aralığında manzarayı seyretmektedir. Görüş açısının önüne gelen sınırlayıcılar ise gördüğü alanı azaltmakta ve dolayısıyla manzara etkisinin de zayıflamasına sebep olmaktadır. Aşağıdaki deneme bu prensipten hareketle, “manzara” bileşeni, yatırım puanlamasının denklemine, rasyonel verilere dönüştürerek eklenebilmesi için yapılmıştır.



Şekil 17. A ve B tipi konutların insan görüş açısına göre manzara aksı.

Şekil 17’de görüldüğü gibi insan görüş açısı olan 124 derecelik bir açının kolları, A ve B tipi konutların pencere merkezinden çıkartılarak manzara aksı ile kesleştirilmiştir. Manzara dik mesafesi yaklaşık 70 mt tutularak bu kesişme sonrası 250 mt’lik bir manzara aksı elde edilmiştir. Şekilde de görüldüğü gibi A tipi konutun manzara aksı 20 x 20 mt’lik konutla engellenmiştir. Bu engellenme sonrasında görünür olarak kalan manzara aksı ölçülmüş ve A tipi konutun 250 mt’lik aksından yaklaşık 40 mt’lik bir kayıp yaşadığı ortaya çıkmıştır. B tipi konutun engelsiz olarak gördüğü 250 metreye A tipinin gördüğü 240 metrelik aks oranlandığı zaman, A tipi konutun manzaradan %16’lık bir kayıp yaşadığı sonucu elde edilmiştir.

4. Sonuçlar

Çalışmada, dijital platformlara örnek olarak Gayrimenkul Kıymetler Borsası (GABORAS) tarafından geliştirilen bir otomasyon sistem platformu (GOS) incelenmiştir. Son on yıl içerisinde gayrimenkul sektörü ulusal ölçekte öngörülemez bir büyüme içerisine girmiştir. Özellikle gelişmekte olan ülkeler baz alındığında yeterli hukuksal düzenlemeler ve teknolojik hamlelerin sağlanamaması sonucu karmaşık giden bir düzen oluşmuştur. İncelenen platform ve benzer sistemler bu karmaşık düzen içerisinde bilgiye ve bilime dayalı olarak bu karmaşıklığa yeni bir ölçek katmayı hedeflediği öngörülmektedir.

Bilindiği üzere gayrimenkul sektöründe birçok konuda karmaşa hâkimdir. Kayıt dışılığın yüksek olması sonucu gayri safi milli hâsıla olumsuz yönde etkilemektedir. Bu durum ise dolaylı olarak ülke ekonomisinin stabilizasyonunu etkilemektedir. Birbirini tetikleyen durumlar sonucu öncelikle konut stoku oluşmakta ve “inşaat sektörü” ve arkasından “gayrimenkul değerlendirme” bu olumsuz tetiklenmelere dâhil olmaktadır. Bir başka açıdan bakıldığında ise gayrimenkulün yanlış değer belirleme eğilimleri ve yanlış yatırım kararları sonucu yurt içi ve yurt dışı yatırımcılar için yatırımlar cazibesini kaybetmektedir.

İncelenen sistemin ve benzerler sistemlerin sektöre getirdiği doğru değer ve yatırım yönlendirmeleri ile mevcut yatırım karmaşasına pozitif yönde katkı sağlayabileceği gözlenmiştir. Doğru girdiler sayesinde oluşturulan raporlar ile inşaat piyasasında büyük rakamlara satın alınan ve sadece yapılacak proje için yaptırılan özel raporları, birkaç dakika içerisinde düşük ücretlerle her ada-parcel için oluşturabileceği gözlenmiştir. Bu durum gayrimenkul sektörü içerisinde doğru bilgilerin hızla yayılmasını ve kulaktan dolma değil bilgiye dayalı kararların alınabileceği ihtimalini doğurmuştur.

İncelenen platformunun getirdiği bir diğer yenilik ise birden fazla fiyat verilen gayrimenkullerin tüm Türkiye bazında tek fiyatlandırma eğilimidir. Sektördeki belirsizlik, güvensizliği ortaya çıkartmaktadır ve platform bu durumu ortadan kaldırmayı hedeflemektedir.

Bunun yanında günümüz modern dünyasında, özellikle küresel salgının da etkisiyle, çevrim içi erişimler oldukça dikkat çekici bir boyuta gelmektedir. Yerinde inceleme bu süreçte zor hale gelmiş ve gayrimenkul değerlendirme alanında

yavaşlamaya veya şifahen değerlendirme eğilimlerinin ortaya çıkmasına yol açmıştır. Bu ve benzeri sistemler ile alternatif olarak online platform üzerinden doğruya en yakın değerlemenin yapılması mümkün görülmektedir.

Bu kararsız ortamda dijital sistemler; gayrimenkullerin gerçek ederlerini tespit etmek, yatırım açısından kararsızlığı gidermek ve modern talepleri karşılamak gibi amaçlara yönelerek sektöre yeni bir soluk getirmeye çalışmaktadır. Sistem üzerine yapılan incelemelerle birlikte GOS sisteminin yukarıda değinilen sorunları gidermek ve talepleri karşılamak açısından önemli bir misyon yüklediği ve yazılımsal olarak da yeterli alt yapıya sahip olduğu izlenmiştir.

Yapılan içerik incelemelerinde, GOS platformunun odaklandığı teknik kriterlerin geniş bir yelpazeye sahip olduğu görülmüştür. Ancak puanlama sisteminde mimarlık bilimi açısından oldukça kıymetli olan parametrelerin dikkate alınmadığı gözlenmiştir. Bu gözlem sonucunda GOS puanlama sistemi tekrar incelenmiştir. Üç mimarlık parametresi üzerinden yapılan yeni değerlendirmeye göre sistemde eşit puana sahip ve eşit metrekarelerde olan farklı lokasyonlarda iki konut seçilmiştir.

Konutlardan A Tip’inde olanın B’ye göre daha doğru mekânsal oranlara sahip olduğu gözlemlenmiştir. Mekânsal oran Vitruvius’un kullanışlılık ilkesiyle bağdaşmaktadır. Günlük hayat içerisinde kolay kullanım ilkesine göre tasarlanmış konutlar ideal mekân oranlarına sahip olanlardır. Bu sebeple önemli mimari kriterler arasında bulunduğu ve yatırım puanına etki etmesi gerektiği gözlemlenmiştir.

Aynı zamanda hacimlerinin de Neufert’in Yapı Tasarımı kitabı baz alındığında güneşe göre daha doğru konumlandırıldığı izlenmiştir. Özellikle enerji etkin bina tasarımı kapsamında, güneş ışığının azami ölçüde kullanılması yüksek oranda enerji tasarrufu sağlamaktadır. Aynı şekilde gün içerisinde güneşin konutun odalara vurma saatine göre maksimum faydayı sağlaması yön faktörünün başlıca kriterlerinden birisidir. Bu izleme göre mimari tasarım ilkeleri açısından incelendiğinde B tipinin daha kıymetli olması gerektiği sonucuna varılmıştır.

İnsan fizyolojisi incelendiğinde normal bir insanın her iki gözüyle görme açısının sağ ve sol görüşlerde 62 derece yukarı ve aşağı görüşlerde 50 ve 70 olduğu gözlemlenmektedir. Bu görüş açısının adının dürbün alanı söylenmektedir. Verilen örnek konutlar incelendiğinde pencere merkezli aksı manzara ile kesiştirilmiştir. Manzara mesafesi 70 mt. tutulduğunda B tipi konutunu için 250 mt.’lik manzara elde edilmiştir. Ancak A tipi konut incelendiğinde aynı şekilde bir aks elde edildiğinde aksın 20x20’lik konutla engellendiği tespit edilmiştir. Buda yaklaşık 40 mt.’lik manzara kaybına sebep olmaktadır. Yüzdesele hesaplandığında B tipi konutunun %16’lık bir kayıp yaşadığı sonucuna varılmıştır.

Araştırmada mimari tasarım açısından çoğu zaman birçok önemli faktörün önüne geçen “manzara” kriteri de gayrimenkul puanlamaya etkisi açısından incelenmiştir. Birçok alt parametreye sahip olmakla matematiksel açıdan tespiti oldukça karmaşık olan bu bileşen için “insan görüş fizyolojisini temel alan bir denklem kurulmuştur. Böylece A ve B tipi konutların sahip olduğu manzara değerleri nitel verilere dayandırılmaya çalışılmıştır. Yaklaşımına göre hali hazırda GOS gayrimenkul puanlaması eşit gözükken konutlardan B tipi konutta, diğerine göre %16’lık bir kayıp tespit edilerek rasyonel bir veriye erişilmiştir. Manzaranın çeşitliliğinden doğan tespit zorluğu da göz önüne alınarak, çalışmada takip edilen yaklaşım benzeri yöntemlerin geliştirilmesi önerilmektedir. Böylece mimarlık için oldukça önemli olan manzara bileşenin daha sağlıklı şekilde analiz edilmesi ve gayrimenkul puanlamada daha doğru veriler olarak kullanılması mümkün olacaktır. Yapılan çalışma, GOS ve ilerleyen zamanlarda benzerlerinin geliştirilmesi muhtemel olan istatistik tabanlı sistemler için mimarlık kriterlerinin sisteme dahil edilmesinin zorunlu olduğunu ortaya koyması anlamında özgün bir bakış açısı sunmaktadır. Bu önerme ile bilimsel açıdan daha doğru sonuçların elde edileceği düşünülmektedir. Bu ve benzeri sistemlerin tasarlanması ve işletilmesinde mimarlarla daha çok görev yüklenmeli ve mimarlar sisteme dahil edilmelidir.

Teşekkür

Makale çalışması sırasında yardımlarını esirgemeyen ve kıymetli bilgilerini paylaşan GABORAS AŞ. Genel Müdürü Sn. Kurtuluş Altun’a, GABORAS çalışanlarından Sn. Nil Sezgin ve Sn. Rabia Kartal’a teşekkür ve saygılarımızı sunarız.

Etik Beyanı

Bu çalışmada, “Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesi” kapsamında uyulması gerekli tüm kurallara uyulduğunu, bahsi geçen yönergenin “Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiğine Aykırı Eylemler” başlığı altında belirtilen eylemlerden hiçbirinin gerçekleştirilmediğini taahhüt ederiz.

Yazarların Katkıları

Yazarların makaleye eşit miktarda katkısı olmuştur.

Çıkar Çatışması

Yazarlar, çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Kaynaklar

1. **Abayhan, A. D. (2009).** Manzara Sahipliliğinin Konut Fiyatına Etkisi: İzmir İli Buca İlçesi Yedigöller Rekreasyon Alanı Çevresine İlişkin Ampirik Çalışma. Dokuz Eylül Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 85.
2. **Aksoy, Y. B., Çağdaş, G., & Balaban, Ö. (2016).** Sürdürülebilir Toplu Konut Yerleşmesi Tasarımı İçin Pareto Genetik Algoritmaya Dayalı Bir Model Önerisi, Megaron, 11(2), 241–253.
3. **Alparslan B., Gültekin, A. B. & Dikmen, Ç. B. (2009).** Ekolojik Yapı Tasarım Ölçütlerinin Türkiye'deki Güneş Evleri Kapsamında İncelenmesi, 5. Uluslararası Teknolojiler Sempozyumu IATS 2009, Karabük.
4. **Altun, K.,** Kişisel iletişim: 11 Mart 2020.
5. **Büyükkaracıgan, N., Altınışık, İ., & Uzun, Ö. G. H. (2017).** Türkiye'de Gayrimenkul Değerleme Çalışmalarında Karşılaşılan Sorunlar ve Çözüm Önerileri, Selçuk Üniversitesi Sosyal ve Teknik Araştırmalar Dergisi, ; 4(1);1-13 (14).
6. **Curl, J. S. & Wilson, S. (2016).** The Oxford Dictionary Of Architecture, Oxford University Press, Oxford.
7. **Çay, T., & Boz, Y. (2018).** Gayrimenkul Değerleme Uzmanlığı Yeterlikleri Açısından Gelişmiş Ülkeler ile Türkiye'nin Karşılaştırılması. AKU J. Sci. Eng, 18, 959–971.
8. **Çelik, D. (2018).** S. S. Nüve Konut Yapı Kooperatifi Peyzaj Projesi, Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 20(3), 409–419.
9. **Çevrimli, B. A., & Beyhan, Ş. G. (2020).** Termal Turizm Yapıları Özelinde Mimari Kimlik Analizi ve Etkileşim Şemasının Oluşturulması: Pamukkale-Karahayıt Örneği, Çanakkale Onsekiz Mart University Journal of Advanced Research in Natural and Applied Sciences, 283–302.
10. **Çıkalı, G. (2010).** Türkiye'de Gayrimenkul Sektörü ve Gayrimenkul Yatırım Ortaklıkları. Dokuz Eylül Üniversitesi. Sosyal Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 189.
11. **Erbil, E. (2014).** Taşınmaz Mal Değerleme Amaçlı Coğrafi Bilgi Sistemi Tasarımı, 5. Uzaktan Algılama-CBS Sempozyumu (Uzal-CBS 2014), 14-17 Ekim 2014, İstanbul.
12. **Erdem, N. (2018).** Türkiye Taşınmaz Değerleme Sisteminin Yeniden Yapılandırılmasına Yönelik Bilimsel Çalışma Ve Öneriler Üzerine Bir Değerlendirme. Omer Halisdemir University Journal of Engineering Sciences, 7(1), 159–170.
13. **Ergül, H. (2015).** Mimarlığın İhmal edilen Sosyal ve Toplumsal Yönü. ISITES International Symposium On Innovative Technologies In Engineering And Science.
14. **GABORAS,** Gayrimenkul Kıymetler Borsası AŞ., Kurumsal Bilgiler, <https://gos.gaboras.com.tr/giris> (Erişim Tarihi: 11 Mayıs 2021).
15. **Hançer, G. (2019).** Toplu Konut Alanlarında Kentsel Mekân Kalitesinin Değerlendirilmesi: Gaziantep Örneği, Hasan Kalyoncu Üniversitesi, FBE, Yüksek Lisans Tezi, Gaziantep, 201.
16. **İlhan, A. T., & Semih, Ö. Z. (2020).** Yapay Sinir Ağlarının Gayrimenkullerin Toplu Değerlemesinde Uygulanabilirliği: Gölbaşı İlçesi Örneği, Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 2(2).
17. **Kocabıyık, İ., & Öktem, R. (2021).** Gayrimenkul Değerlemesinde Çok Boyutlu Yaklaşımlar. Finans Ekonomi ve Sosyal Araştırmalar Dergisi, 6 (1), 160-177.
18. **Livio, M. (2002).** The Golden Ratio, Broadway Books, New York.
19. **Neufert, E. (2008).** Yapı Tasarım Bilgisi, Beta, İstanbul.
20. **Panero, J., & Zelnik, M. (1979).** Human Dimension & Interior Space: A Source Book of Design Reference Standards, Watson-Guptill, New York.
21. **Saraç, E. (2012).** Yapay Sinir Ağları Metodu ile Gayrimenkul Değerleme, İstanbul Kültür Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul, 74.
22. **TKGM (2021).** Tapu Kadastro Genel Müdürlüğü, Tapuların Üzerindeki İşlemler, <https://www.tkgm.gov.tr/> (Erişim Tarihi: 11 Mayıs 2021).
23. **Tunca, E., & Üstüntaş, T. (2019).** Gayrimenkul Değerleme Modelinin Oluşturulmasında Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinin Kullanılması. TMMOB 6. Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, 23-25 Ekim 2019, Ankara, 23–25.
24. **Türk Medeni Kanunu (2001).** Resmî Gazete Sayı: 26607.

25. **TÜVİMER**, Türkiye Veri İşleme Merkezi, Kurum Faaliyetleri Hakkında Bilgi, <http://www.tumiver.com>, (Erişim Tarihi: 11 Mayıs 2021).
26. **Türkoğlu Ö. & Abişoğulları Ö.**, Kişisel iletişim: 16 Mayıs 2021.
27. **Ulvi, C., & Özkan, G. (2019)**. Taşınmaz Değerlemede Yapay Zekâ Tekniklerinin Kullanılabilirliği ve Yöntemlerin Karşılaştırılması, *Geomatik*, 4(2).
28. **Vitruvius, P. (2015)**. Vitruvius: Mimarlık Üzerine On Kitap, Şevki Vanlı Mimarlık Vakfı Yayınları, İstanbul.
29. **Yenice, T. K. (2019)**. Hasan Kalyoncu Üniversitesi Öğrenci Yurdu Mimari Proje Tasarım Süreci. *Journal of Architecture Sciences and Applications Research*, 4(2), 183–192.
30. **Yılmaz, E. M. (2017)**. Selçuklu Dönemi Medreselerinde Altın Oran-Estetik İlişkisi: Konya Örneği, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi FBE, Konya, 121.
31. **Yomraloğlu, T., Nişancı, R., Çete, M. & Candaş, E. (2011)**. Dünya’da ve Türkiye’de Taşınmaz Değerlemesi, Türkiye’de Sürdürülebilir Arazi Yönetimi Çalıştayı, 26-27 Mayıs 2011, Okan Üniversitesi, İstanbul.

SYNTHESIS AND POTENTIAL ENERGY APPLICATION OF MIL-140A AS A FILLER IN PVA MEMBRANE

Filiz Uğur Nigiz¹

¹ Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Çanakkale Onsekiz Mart University, 17020, ÇANAKKALE

Abstract

Ion exchange membranes are used in many areas from fuel cells to redox batteries, from electrolysis to catalytic membrane applications. The high ion variation capacity of these membranes, their stability in aqueous environments, and the most importantly their low prices, increase their usability. The most important component of energy applications, especially batteries, is electrolyte membranes. In this study, MIL-140A type metal organic framework was synthesized and added to the PVA (an inexpensive engineering polymer) membrane at a ratio of 1-4%. This membrane was synthesized for the first time in the literature. The usability of the membrane in batteries or fuel cells was determined by means of swelling test, water uptake capacity, ion exchange capacity and proton conductivity tests. As the MIL-140A ratio increased in the PVA matrix the stability of the membrane and the proton conductivity increased significantly. When the MIL-140A ratio increased from 0% to 3%, the dimensional swelling decreased from 145 % to 24 %, and the proton conductivity increased from 0.0011 S/cm to 0.00286 S/cm.

Key Words: Composite membrane, ion exchange membrane, MIL-140A, PVA

1. Introduction

Polymer electrolyte membranes, or proton conductive membranes, are smart materials that used in battery and fuel cell, electrolysis, and catalytic applications. Due to the proton conductive groups, they have become the most important components that provide electricity production and storage in both fuel cells and other batteries. Nafion membranes are the most well-known and commercially used proton conductive membranes. However, the price of Nafion membranes is high that prevents their usage in commercial scale. Besides Nafion, many membrane materials have been developed as alternatives. The disadvantages of these membranes are manufacturing difficulties, high fuel, or electrolyte permeability in batteries and chemically instability. However, appropriate modifications improve the properties of the membranes. Basically, there are some important features in a potential PEM membrane such as low cost, high ion (proton) conductivity, low fuel permeability, high mechanical strength, and high oxidative stability (Wang et al., 2011; Kim et al., 2015). Many different membranes are used in the literature. Mainly used membranes are polymeric or composite membranes. Fluorocarbon-based ion exchange membranes, polyether sulfones, polyether ketones, poly (arylene ethers), polyesters and polyimides are used in fuel cells, batteries, and energy storage application (Kim et al., 2015).

In order to improve the conductivity and durability of polymeric membranes during the long-time operation, inorganic fillers or functional materials such as metal oxide, heteropoly acid are incorporated (Smitha et al., 2005). In the literature, graphene-based materials, functionalized zeolites or clays, metal organic frameworks are used as filler in fuel cells and other batteries. Metal organic frameworks (MOFs) are organic-inorganic materials that include positively charged metal ions. The metal ions are surrounded with linker material. These materials are highly porous, and the cage size of the material is changed according to the metal ions and linkers. They have very large internal surface. Therefore, they can be used as absorber, catalyst, and separation material. Recently, MOFs membranes or MOFs incorporated membranes have been used for energy application (Morozan et al., 2012; Li et al., 2016). The cage structure of MOFs metal ions acts as a proton carrier in fuel cell and battery application. Moreover, the small pore size of materials contributes to prevent fuel passage through the membrane.

MIL-140A is a kind of MOF materials. Compared to other MOFs, MIL-140A consists of triangular lattices and short bonds (Voorde et al., 2015). MIL 140 and other derivatives (140 B,C,D, ect..) are zirconium metal-based MOFs like UiO-66. They have porous structure, high resistance to corrosion, superior chemical, and water. Owing

***Sorumlu Yazar (Corresponding Author):**

Filiz UĞUR NİĞİZ; Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Çanakkale Onsekiz Mart University, 17020, ÇANAKKALE

Geliş (Received) : 19.11.2021

Kabul (Accepted) : 03.12.2021

Basım (Published) : 31.12.2021

to the one-dimensional triangular channels and shorter binder, the water stability is higher than that of UIO-66. Since the binder length of MIL 140s are shorter, they have smaller pore sizes compared to UIO-66 (MIL-140A, MIL-140B=0.32 nm) (Sui et al., 2019; Yahaya et al., 2020).

In the literature, there are some studies on the use of MOFs in energy application (Patel et al., 2016; Morozan et al., 2012; Li et al., 2016). There are also studies on the use of UIO-66, a similar zirconium-based MOF, in energy application (Lin et al., 2020). However, there is no study on the use of MIL140-based MOFs. On the other hand, it has been reported that the MIL-140A contributes to enhance the hydrogen transition mechanism due to its lattice size (Prakash et al., 2015). Therefore, in this study, MIL-140A was synthesized and its effects on proton conductivity were investigated. In addition, it is aimed to increase the usability of polyvinyl alcohol (PVA) polymer, which is non-conductive and has low water resistance, as a fuel cell or battery membrane by enhancing its stability in the aqueous media. According to the author's knowledge, MIL-140A loaded PVA membranes was prepared for the first time to be used as an ion conductive membrane. The effect of MIL-140A content on the water uptake, membrane swelling, ion exchange capacity and proton conductivity were investigated.

2. Materials and Methods

Polyvinyl alcohol (Mowiol), zirconium chloride ($\geq 99.5\%$ purity) and terephthalic acid (98% purity) were purchased from Sigma Aldrich. Acetic acid ($\geq 99\%$, analytical grade), N,N-dimethylformamide (DMF) (99.8% purity), and methanol (anhydrous, 99.8%) were purchased from Merck Chemicals.

2.1. MIL-140A preparation

MIL-140A was synthesized by using solvothermal method (Soares et al., 2016). 0.06 mol terephthalic acid, 0.03 mol zirconium chloride, 35 ml DMF and 0.32 ml acetic acid was mixed and heated to 220 °C. The mixture was stirred at least for 5 hours. The solvent was allowed to cool at room temperature and washed with methanol, stirred overnight and filtrated. The X-ray diffraction analysis was done to determine the crystalline structure of MIL-140A. Powders were dried at 120 °C prior to XRD (PANalytical EMPYREAN) analysis. The test was conducted in the 2θ range 4–60° with the scan rate of 2°.

2.2. Membrane preparation

For the preparation of the pristine and MIL-140A loaded PVA membrane; an aqueous solution of 10 wt. % of PVA was prepared and mixed for 5 hours at 80 °C. MIL-140A was dissolved in acetic acid for 15 minutes using a sonicate mixer. Then, the polymer solution was added to the MIL-140A-acetic acid solution and was stirred for 2 hours at a stirring speed of 500 rpm. After obtaining a homogeneous mixture, the solution was poured onto a Teflon plate and kept at room temperature. The concentration of MIL-140A in the PVA matrix was arranged according to the weight of the polymer (from 1wt.% to 4wt.%). The membrane's morphology was investigated using scanning electron microscopy.

2.3. Water uptake test

The water uptake tests were done by immersing the membranes in distilled water at 60 °C for 24 hours. The water uptake capacity (WU) is calculated with the following equation (Eq.1) according to the difference between the dry (W_d) and the swollen (W_s) weight of the membrane. The dimensional swelling ratio of the membrane is calculated according to Equation 2 depending on the change in dimension (length) of the swollen (L_s) and dry (L_d) membrane

$$WU(\%) = \frac{W_s - W_d}{W_d} \times 100 \quad (1)$$

$$SD(\%) = \frac{L_s - L_d}{L_d} \times 100 \quad (2)$$

2.4. Proton Conductivity

Proton conductivities were determined by means of electrochemical impedance spectroscopy (EIS, VersaSTAT 3 Potentiostat Galvanostat). For this test, the membranes were washed with distilled water. Then, they were kept in

1M H₂SO₄ solution for two days and washed again. The conductivity was calculated by measuring the resistance of the membranes in a temperature-controlled conductivity test system. The conductivity (σ) is calculated with the following Equation (Eq.3). I and S represent the membrane thickness (cm) and the surface area (cm²), respectively. R (Ω) is the electrical resistance of the membrane.

$$\sigma = \frac{l}{RS} \quad (3)$$

2.5. Ion Exchange Capacity

Ion Exchange Capacity (IEC) of the membrane is important factor to determine ion conductivity capacity of the membrane. For this test, dry membranes were kept in 50 ml of 0.1N NaOH solution for 24 hours at 40°C. This solution was titrated with 0.1 N of HCl solution. IEC is calculated using the Equation 4 (Trindade et al., 2019).

$$IEC = \frac{(N_{NaOH} \times V_{NaOH}) - (N_{HCl} \times V_{HCl})}{W_d} \times 100 \quad (4)$$

where, N represents the normality of the solvent, V represents the volume of the solvent (spent volume of HCl)

3. Results and Discussion

3.1. Material preparation and characterization

The crystal structure of the prepared MIL-140A material was analyzed by means of X-ray diffraction test. The diffractions are seen in Figure 1. The positions and intensities of diffraction peaks revealed at the figure are in perfect agreement with the reported literature data (Liang et al. 2016). The pattern is an evidence that the MIL-140A was successfully prepared.

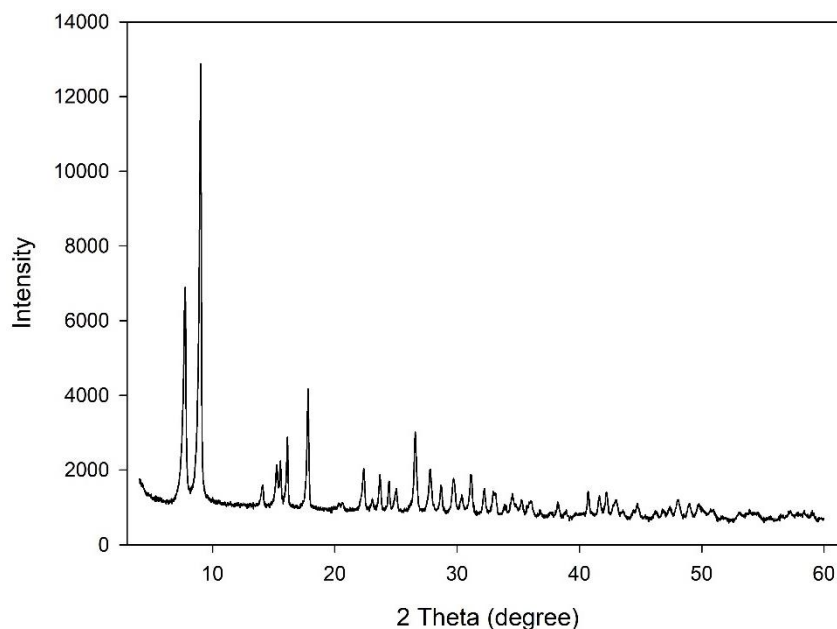


Fig. 1. XRD patterns of MIL-140A

The morphology of the synthesized MIL-140A and the composite membrane (2 wt.% MIL-140A loaded) was determined by means of SEM. Figure 2a shows that the structure of the prepared MIL-140A and it is good agreement with the reported micrographs in the literature (Liang et al., 2016). In the Figure 2b, the dark phase and small particles represent the PVA matrix and MIL-140A, respectively. In the cross-sectional view of the

membrane, it is important to observe homogeneous and non-porous structure. In particular, the selective structure of the membrane is important for selective proton transfer and for preventing the cross-passage of other fuels. Figure 2b indicates that the membrane is dense, non-porous and has a defect-free structure. The small particles seen in the micrographs show that the distribution of the MIL-140A material within the matrix is uniform.

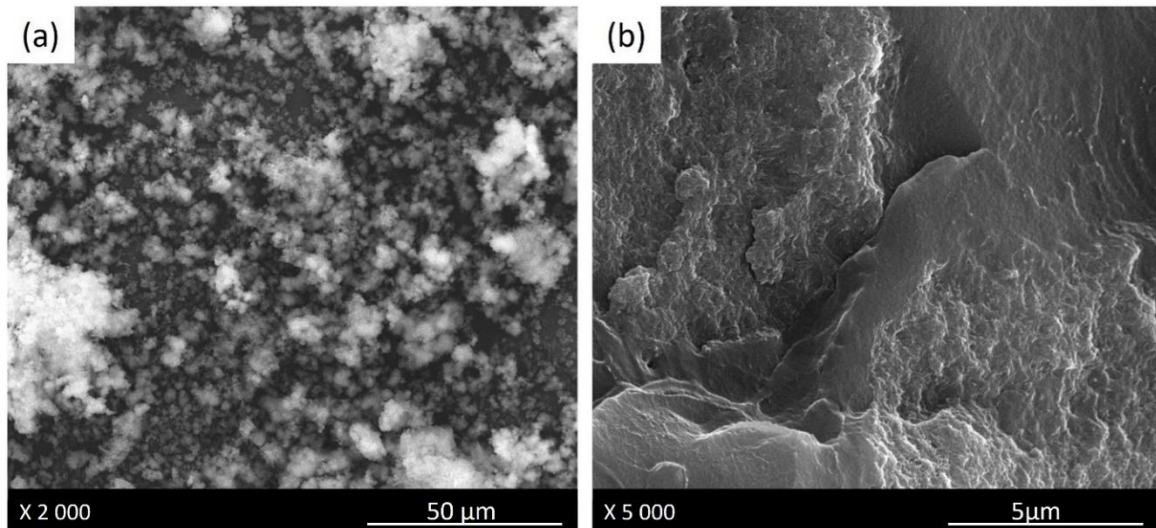


Fig. 2. Synthesized MIL 141A (a) and the cross-Sectional SEM micrograph of 2wt.% MIL-140A loaded PVA membrane (b)

3.2. Water Uptake and Swelling Degree

Figure 3 shows the water uptake and swelling degree results of the pristine PVA and MIL-140A loaded composite PVA membrane. Although the water uptake is a factor that increases the conductivity of the membrane, these values should be controlled since the mechanical and chemical stability of the membrane may decrease due to the excessive swelling and dimensional changes. Depending on the hydrophilic/hydrophobic properties of the membrane, the water uptake capacity facilitates the proton transport across the membrane. However, crossing of other ions along with proton (hydrogen) can occur through an excessive swollen membrane unselectively. In addition, due to the weakened intermolecular hydrogen bond, the mechanical strength of the membrane may undergo. Therefore, it is desired that the fuel cell and battery membranes to adsorb water until a certain point and to maintain its dimensional stability.

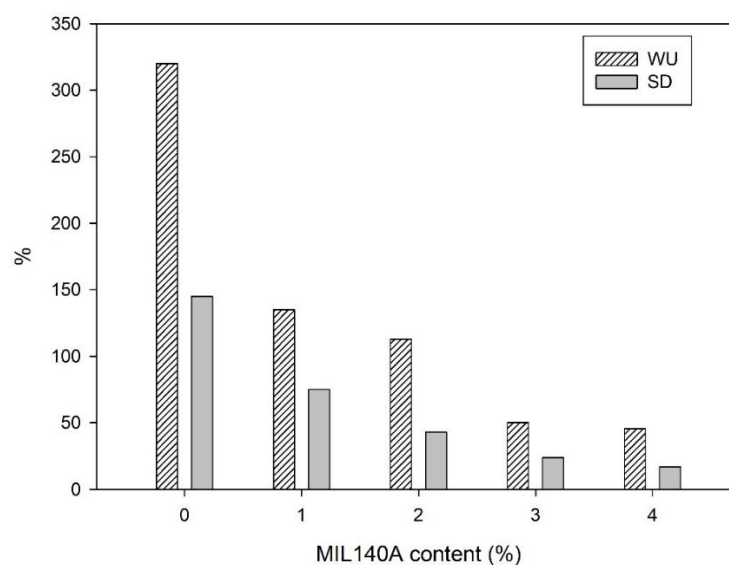


Fig. 3. Water uptake (WU) and Swelling Degree (SD) results of the membranes

As can be seen in Figure 3, the swelling degrees and the water uptake capacity of the membranes decreased significantly by MIL-140A incorporation. Since the PVA is a weak membrane against the water it was cross-linked prior to use in the present study. Although this procedure prevented the dissolving of the PVA membrane in water, excessive swelling was not prevented. On the other hand, MIL-140A is a stable material in aqueous media. Therefore, the MIL-140A incorporation significantly reduced the water uptake capacity of the PVA membrane. It also increased its dimensional stability (DS results). The only negative side of this situation is the possibility of the decrease in the conductivity.

3.3. Ion Exchange Capacity

Figure 4 shows the effect of MIL-140A loading on the ion exchange capacity (IEC). The amount of ion exchange groups in a membrane is evaluated according to the IEC values. This value is also giving an idea about the proton conductivity behavior of the membrane. The proton conductivity of membranes enhances by increasing exchangeable ion numbers inside the membrane. As seen in the figure, IEC values are increasing with the addition of MIL-140A. A slight decrease is observed when the MIL ratio was 4wt.%. This should be related to the pore blocking effect of the excessive fillers. These results should be evaluated with the result of the proton conductivity.

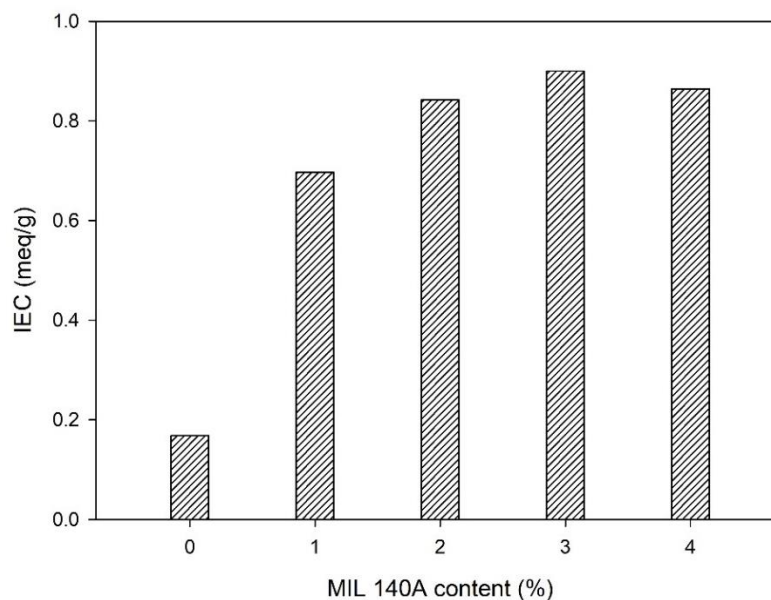


Fig. 4. IEC results of the membranes

3.4. Proton Conductivity

Figure 5 illustrates the proton conductivity results of the membranes in terms of the MIL-140A content. Proton conductivity is very important for the fuel cell or battery performance of the membrane. Especially in proton exchange membranes, this value is expected to be high. PVA is not a proton-conductive material. It has been reported in the literature that the sulfonation, adding additives such as conductivity-enhancing graphene oxide, zirconium oxide, titanium oxide, or by blending them with a conductive material improve the proton conductivity and the cell performance [Sahin, 2018; Zhiwei et al., 2019; Wong et al., 2020].

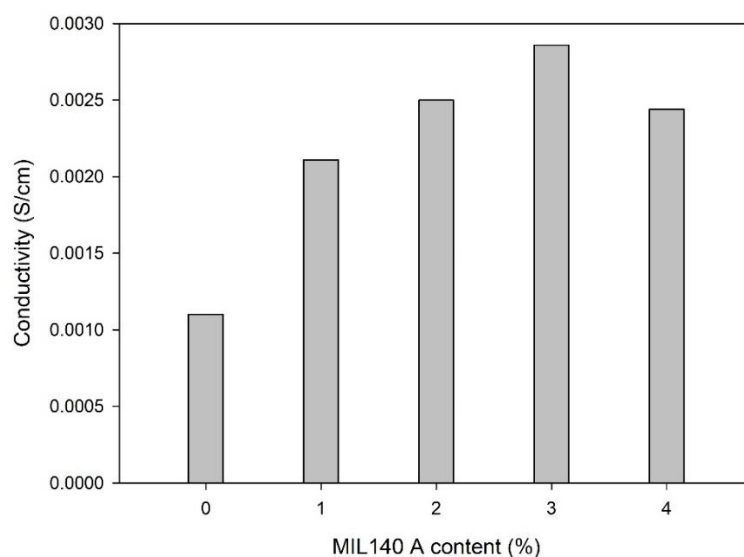


Fig. 5. Proton conductivity results of the membranes

As seen in the figure, even at the low content of MIL-140A, there is a significant improvement in the proton conductivity. The unsaturated metal sites of MIL-140A provide a hydroxyl group and it increases the number of hydrogen-bonded sites. The highest proton conductivity was obtained at 3wt.% of MIL-140A loading. When the MIL-140A content exceeded 4%, a decrease in conductivity was observed. This situation may be related to the limited water uptake. Additionally, researchers have reported that there is not a linear relationship between the conductivity or cell performance and MOFs ratio (Liu et al., 2020). The excessive incorporation of fillers may restrict the transport properties of the hydrogen. The agglomeration of MOF fillers could cause resistance to conductivity. Therefore, the ratio of the MOFs should be a reasonable value to prevent adverse effects. In the present study, that reasonable value was obtained as 3wt.% according to the polymer's weight.

4. Conclusion

In this study, nonconductive PVA polymer, was converted into a proton exchange membrane with modifications and its usability in applications such as fuel cells and batteries was investigated with characterization test. MIL-140A material prepared within the scope of the study and was added to the PVA polymer. The water uptake, swelling degrees, proton conductivities and ion exchange capacities of the pristine (without MIL-140A) and MIL-140A loaded composite membranes were investigated. According to the results, MIL-140A was successfully synthesized and properly distributed through the membrane. The incorporation of MIL-140A material into the PVA membrane prevented the excessive water retention and swelling. On the other hand, the ion exchange capacity and proton conductivity increased significantly. The highest proton conductivity value was obtained as 0.0026 S/cm with the 3% MIL-140A loaded membrane. As a result, the usability of the membrane as a proton exchange membrane in energy applications has been proven by obtaining important results within the scope of the study.

Acknowledgement

“This work was supported by the Office of Scientific Research Projects Coordination at Çanakkale Onsekiz Mart University. Grant number: FHD-2021-3583”.

Conflicts of Interest

The authors declare no conflict of interest.

References

1. **Kim, D. J., Jo, M. J., Nam, S.Y.(2015).** A review of polymer– nanocomposite electrolyte membranes for fuel cell application. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 21, 36–52.
2. **Li, B., Liu, J., Nie, Z., Wang, W., Reed, D., Liu, J., McGrail, P., and Sprenkle, V. (2016).** Metal–Organic Frameworks as Highly Active Electrocatalysts for High-Energy Density, Aqueous Zinc-Polyiodide Redox Flow Batteries, *Nano Lett.* 16, 4335–4340.
3. **Liang W., D’Alessandro, D. M. (2013).** Microwave-assisted solvothermal synthesis of zirconium oxide based metal–organic frameworks. *Chem. Commun.*, 49, 3706.
4. **Liu, Q., Li, Z., Wang, D., Li, Z., Peng, X., Liu, C., Zheng, P. (2020).** Metal Organic Frameworks Modified Proton Exchange Membranes for Fuel Cells, *Front Chem.* 8: 694.
5. **Morozana, A., Jaouen, F. (2012).** Metal organic frameworks for electrochemical applications. *Energy Environ. Sci.*,5, 9269-9290.
6. **Patel, H. A., N.,Mansor, S., Gadipelli, Dan J. L. Bretand Zhengxiao Guo. (2016).** Superacidity in Nafion/MOF Hybrid Membranes Retains Water at Low Humidity to Enhance Proton Conduction for Fuel Cells. *ACS Appl. Mater. Interfaces*, 45, 30687–30691.
7. **Prakash, M., Jobic, H. Ramsahye, N., Nouar, F., Damasceno Borges, D., Serre, C., Maurin, G.(2015)** Diffusion of H₂, CO₂, and Their Mixtures in the Porous Zirconium Based Metal–Organic Framework MIL-140A(Zr): Combination of Quasi-Elastic Neutron Scattering Measurements and Molecular Dynamics Simulations. *The Journal of Physical Chemistry C*, 119(42), DOI:10.1021/acs.jpcc.5b07253
8. **Sahin A. (2018).** The development of Speek/Pva/Teos blend membrane for proton exchange membrane fuel cells. *Electrochimica Acta*, 271, 127-136.
9. **Smitha, B., Sridhar S., Khan, A. A. (2005).** Proton Conducting Composite Membranes from Polysulfone and Heteropolyacid for Fuel Cell Applications. *J Polym Sci Part B: Polym Phys* 43, 1538–1547.
10. **Soares, V., C., Damasceno Borges, D., Wiersum, A., Martineau, C., Nouar, F., Llewellyn, P. L., Ramsahye, N. A., Serre, C., Maurin, G., Leitão A. A. (2016).** Adsorption of Small Molecules in the Porous Zirconium-Based Metal Organic Framework MIL-140A (Zr): A Joint Computational-Experimental Approach. *J. Phys. Chem. C* 120(13), 7192–7200.
11. **Sui, X., Ding, H., Leong, Z. Y. C. F., Goh, K., Lia, W., Yang, N., M.D’Alessandro, D., Chen, Y. (2019).** The roles of metal-organic frameworks in modulating water permeability of graphene oxide-based carbon membranes. *Carbon*, 148, 277-289.
12. **Trindade, L., Borba K.M.N., Zanchet, L., D. W. Lima, A. B. Trench, Fernando Rey, Diaz, U., Longo, E., Bernardo-Gusmão K., Martini, E.M.A (2019).** SPEEK-based proton exchange membranes modified with MOF-encapsulated ionic liquid. *Materials Chemistry and Physics*, 236, 121792, <https://doi.org/10.1016/j.matchemphys.2019.121792>.
13. **Voorde, B. V., Hezinová, M., Lannoeye, J., Vandekerkhove, A., Marszalek, B., Gil, B., Beurroies, I., Petr N. Dirk De Vos. (2015).** Adsorptive desulfurization with CPO-27/MOF-74: an experimental and computational investigation. *Phys. Chem. Chem. Phys.*, 17, 10759-10766.
14. **Wang, I. Y. Chen, K. S., Mishler, J. Cho, S. C. Adroher X. C. (2011).** A review of polymer electrolyte membrane fuel cells: Technology, applications, and needs on fundamental research. *Applied Energy*, 88, 981–1007.
15. **Wong, C. Y., Wong, W. Y., Loh, K. S., Daud, W. R. W., Lim, K. L. Khalid, M., Walvekar, R. (2020).** Development of Poly(Vinyl Alcohol)-Based Polymers as Proton Exchange Membranes and Challenges in Fuel Cell Application: A Review, *Polymer Reviews*, 60:1, 171-202.
16. **Yahaya, N.Z.S., Paiman, S. H., Abdullah, N., Mahpoz, N. M., Raffi, A. A., Rahman, M. A., Abas, K. H., Aziz, A. A., Othman, M. H. D., Jaafar, J. (2020).** Synthesis and characterizations of MIL-140B-Al₂O₃/YSZ ceramic membrane using solvothermal method for seawater desalination, *Journal of the Australian Ceramic Society*, 56, 291–300.
17. **Zhiwei, W., Hao, Z., Qiang, C. (2019).** Preparation and characterization of PVA proton exchange membranes containing phosphonic acid groups for direct methanol fuel cell applications. *J Polym Res.*, 26, 200 <https://doi.org/10.1007/s10965-019-1855-9>

KENEVİR LİFLERİNİN ELDESİ, ÖZELLİKLERİ VE KOMPOZİT UYGULAMA ALANLARI

Dilara Melek Demirbek^{1*}, Meliha Oktav Bulut¹

¹Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, 32100, ISPARTA

Öz

Kaynakların azalması ve çevre dostu yaklaşımların artması, bilim insanlarını ve sektörleri sürdürülebilir ve yenilebilir kaynaklar üzerine yoğun araştırmalar yapmaya sevk ediyor. Bu çerçevede, doğal elyaf takviyeli kompozitlerin çevre dostu, düşük maliyetli, işlenmesi kolay ve yüksek mekanik özelliklere sahip olmaları, sürdürülebilir ekonomiler kapsamında değerlendirildiğinde büyük önem taşıyor. Bu bağlamda ele alındığında kenevir bitkisi, sürdürülebilir ve yenilenebilir doğası ve üstün performans özellikleri nedeniyle endüstriyel ve ekonomik açıdan önemli bir malzeme haline gelmiştir. Kenevirin tarihi, arkeolojik kazılardan elde edilen bulgulara göre çok eskilere dayanmaktadır. Öte yandan, bu liflere olan ilgi, esrar üretiminde kullanılması ve zamanla sentetik liflerin yaygınlaşması nedeniyle giderek azalmıştır. Her ne kadar kenevire olan ilgi zamanla azalmış olsa da antistatik, anti alerjik ve antimikrobiyal davranışlarıyla yüksek hijyenik özellikler gösteren kenevir lifleri, cam elyafı ve diğer sentetik elyaflarla rekabet edebilecek kadar dayanıklı, sürdürülebilir ve biyolojik olarak parçalanabilen bir malzemedir. Böylece kenevir liflerinin kompozitlerde kullanımı gün geçtikçe artmıştır. Tekstil sanayi, otomotiv, inşaat, biyoyakıt, kozmetik vb. alanlarda yaygın bir kullanıma sahip olan kenevir lifleri, petrol ve petrokimyanın kullanıldığı her sektörde alternatif bir lif olarak karşımıza çıkmaktadır. Ülkemiz kenevir yetiştiriciliği için uygun iklim koşullarına sahiptir. Bu sayede yapılacak yatırımlar ve geri kazanımlar büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada ekolojik faydaları ve üstün performansıyla bilinen kenevir liflerinin özellikleri, üretim yöntemleri ve kompozit olarak uygulama alanları anlatılarak küresel bazda artan önemine dikkat çekmek amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kenevir, kimyasal özellikler, mekanik özellikler, sürdürülebilirlik, kenevir kompozit uygulamaları

PRODUCTION, CHARACTERISTICS AND COMPOSITE APPLICATION AREAS OF HEMP FIBERS

Extended Abstract

Oil prices, global waste problems and the environmental awareness of people are driving scientists and industries to do intensive research on renewable resources and sustainability. In recent years, global interest in the use of vegetable fibers as reinforcement material in environmentally friendly and sustainable composites has been increasing substantially. The increased demand is primarily due to the advantageous properties of natural fibers including biodegradability, low cost, low density and high stiffness and strength. In this context, the hemp plant has become an industrially and economically important material day by day due to its sustainable and renewable nature and its superior performance characteristics. According to the findings obtained from archaeological excavations, the history of hemp dates back to very old times. On the other hand, the interest in hemp fibers has decreased due to its use in the production of marijuana and the widespread use of synthetic fibers in time. Although the production of hemp has declined globally, hemp fibers are durable enough to rival glass fiber and other synthetic fibers that show high hygienic properties with their anti-static, anti-allergic and anti-microbial behaviours, being a sustainable and biodegradable material. Thus, the use of hemp fibers in composites has increased to day by day. Hemp fibers have a widespread usage area including textile industry, automotive, construction, biofuels, cosmetics and so on. For this reason, hemp is used as an alternative fiber in every sector where petroleum and petrochemicals are used. Our country has suitable climatic conditions for hemp cultivation. In this way, investments and recoveries to be made are of great importance. In this study, it is aimed to draw attention to the increasing importance of hemp fibers on a global basis by explaining the properties, production

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author):

Dilara Melek DEMİRBEK; Suleyman Demirel University, Faculty of Engineering,
Department of Textile Engineering,
32100, Isparta-Turkey.

Geliş (Received) : 24.05.2021

Kabul (Accepted) : 07.12.2021

Basım (Published) : 31.12.2021

methods and application areas of hemp fibers, which are known for their ecological benefits and superior performance.

Key Words: Hemp, chemical properties, mechanical properties, sustainability, hemp composite applications

1. Giriş

Tüm petrol fiyatlarındaki artış, küresel atık problemleri ve insanlardaki çevre bilinci, bilim insanlarını ve sektörleri yenilebilir kaynaklar ile sürdürülebilirlik üzerine yoğun araştırmalar yapmaya sevk ediyor (Dai ve Fan, 2010). Bu kapsamda sürdürülebilir ve yenilenebilir olması ve sergiledikleri üstün performans özellikleri nedeniyle kenevir bitkisi endüstriyel ve ekonomik anlamda gündün güne önem kazanan bir malzeme konumuna gelmiştir.

Yüksek mukavemeti ve uzun lif özellikleri ile kenevir lifi, kâğıt ve tekstil ürünlerinin yanı sıra halat ve yelken üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır (Dai ve Fan, 2010). Güçlü ve sert lif yapısı nedeniyle kenevir lifleri kompozit yapılarda takviye malzemesi olarak da kullanılabilir. Kenevir bitkisinin saklarında bulunan bu lifler, cam liflerinkine benzer bir sertliğe sahiptir (Manaia vd., 2019).

Kenevir bitkisi, ılıman ve tropikal ülkelerde yetiştirilebilmesine rağmen anavatanı Hindistan ve İran'dır. Rusya, %33 'lük yetiştirme oranıyla kenevir lifi üretiminde sıralamanın en üst basamağındadır. Fransa, Almanya, İtalya, Şili, Çin, Japonya ve Peru gibi ülkeler diğer kenevir lifi üreticileridir (Manaia vd., 2019).

Kenevir, Cannabinaceae familyasına ait odunsu bir bitki olup tüm Dünya'ya Asya'dan yayılmıştır. Günümüzde Cannabis Sativa ve Cannabis Indica olarak iki alt türü mevcuttur. Sektörel olarak lif üretiminde kullanılan cinsi Cannabis Sativadır (Gedik vd., 2010). Uzun ve güçlü lifleri ile tohumları için yetiştirilen kenevir (*Cannabis Sativa*), dünyanın en eski mahsullerinden biridir (Salentijn vd., 2015).

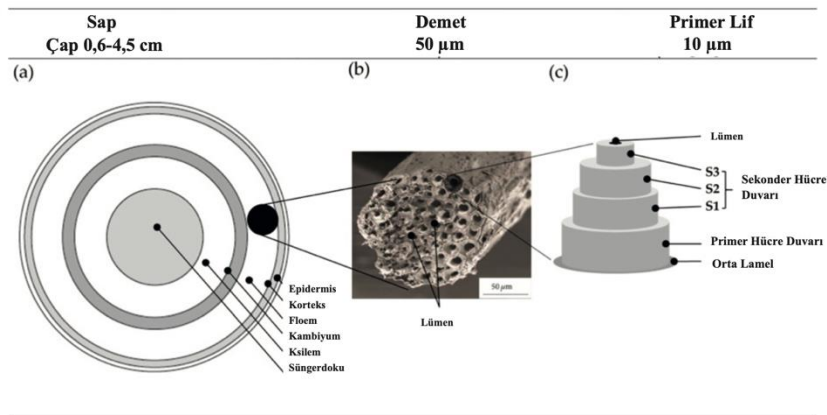
Arkeolojik kazılardan elde edilen bulgulara göre kenevirin tarihi M.Ö. 8000 yıllarına kadar dayanmaktadır. M.Ö.1500 yıllarında kenevir tarımı Mezopotamya'da başlamıştır (Aksoy vd., 2019).1545-1606 yıllarında Şili ve Kuzey Amerika'da, 1840-1860 yıllarında urgan halat ve yelken bezi üretimi için Missouri ve Illinois'de kenevir kullanımı gerçekleşmiştir (Kurtuldu ve İşmal, 2019). Dünya ekonomisinde çarpıcı yeri olan kenevirin 19. yy 'in bitimine kadar %80 oranında tekstil sektörünün hammaddesini oluşturduğu gözlemlenmiştir (Aksoy vd., 2019).

Pamuk teknolojisinin gelişimi, esrar karşıtı yasalar ve sentetik liflerin piyasa çıkması neticesinde 20. yy'dan itibaren kenevir önemini yitirmiştir. Günümüzde ise pandeminin etkisi ve çevresel sorunlar nedeniyle kenevir lifi eski önemini tekrar kazanmaya başlamış ve bu doğrultuda doğal ve sentetik liflerle kompozit karışımlar elde edilerek üstün özellikli, sürdürülebilir ürünlerinin üretimi ivme kazanmıştır (Acar ve Dönmez, 2016).

2. Kenevir Liflerinin Yapısı ve Özellikleri

Bitkisel Kenevirin Cannabis Sativa türünün erkek eşeyli bireyleri tekstil endüstrisinde kullanılır ve enine kesiti boyunca uzanan düzensiz bir şekli vardır. Şekil 1 'de bitki sapının uzunluğu boyunca uzanan ve yaklaşık %70-74 selüloz, %15-20 hemiselüloz ve %3,5-5.7 lignin, %0,8 pektin ve %1,2-6.2 bal mumu içeren bir lif demetinden oluşan primer sak lifleri yer almaktadır. Primer lifler tekstil için uygun olan liflerdir. Kenevir sakı boğumlar içerir ve boğumlar arasındaki mesafeye göre lif uzunluğu ve verimi değişir.

Demet şeklinde olan lifler kabuk bölümünde yer alır ve lif demetleri 30-50 lif hücrelerine sahiptir. Sakın altına doğru gidildikçe lif kalınlığı artar ve lif hücresi 20-35 mikron arasında değişir. Kenevir lifleri sarı-kahverengi arası parlak liflerdir (Gedik vd., 2010; Manaia vd., 2019). Kenevir liflerinde olgunluk, tekstil sektöründeki uygulamalar doğrultusunda önem kazanır. Lifin olgunluğu sekonder duvarın gelişimiyle paralellik gösterir. İnce hücre duvarı ve küçük lümen hacmi olgunlaşmış bir sakın göstergesidir. Hasat edilme dönemlerine göre lifin özellikleri değişkenlik gösterir (Gedik vd., 2010).



Şekil 1. Kenevir lifinin yapısı (Manaiia vd., 2019).

Lif olgunluğuna göre hasat edilebilme dönemleri:

1. Erkek bitkilerin çiçeklenmesinden sonra hasat edilebilir,
2. Dişi bitkilerin lifinden yararlanabilmek amacıyla erkek ve dişi bitkilerin tozlaşmasından sonra hasat edilir,
3. Tohum eldesi için tohum oluşumundan sonra dişi ve erkek bitkiler hasat edilir (Gedik vd., 2010).

3. Kenevir Liflerinin Kimyasal Özellikleri

Kenevir liflerinin yapısında %70-74 selüloz, %15-20 hemiselüloz ve %3,5-5,7 lignin, %0,8 pektin ve %1,2-6,2 bal mumu bulunur. Pektin maddesi kenevir bitkisinde primer duvar ve orta lamellerde bulunur ve zank ile birbirine tutunurlar. Polisakkarit türevi olan pektin maddelerin su tutma kabiliyetleri yüksektir. Lignin maddesi ise fenilpropan türevidir ve kristalin olmayan izotopik yapıdadır. Kenevir lifleri içerdikleri lignin nedeniyle kaba lifler olarak tanımlanır ve lifi daha sert ve kırılğan hale getirir. Lignin maddeleri kimyasallara karşı dirençli ve ayrıştırmaları zordur. Hemiselülozlar heterojen pentoz, heksoz ve şeker asidi içerirler. Homojen kimyasal yapıları yoktur. Nefes alabilirlik, ısı izolasyonu vb. özellikleri life kazandırır (Kaya ve Öner, 2020; Gedik vd., 2010).

Tablo 1. Kenevir ve diğer selülozik liflerin kimyasal bileşenleri (Manaiia vd., 2019; Karaduman vd., 2017).

Lif	Selüloz (%)	Lignin (%)	Hemiselüloz (%)	Pektin (%)	Mum (%)
Kenevir	70-74	3,5-5,7	15-20	0,8	1,2-6,2
Jüt	61-72	61-72	18-22	0,2	0,5
Sisal	78	78	10	-	2
Keten	64-72	2-2,2	18-20	1,8-2,3	-
Rami	69-91	0,4-0,7	5-15	1,9	-
Kenaf	45-57	22	8-13	0,6	0,8
Pamuk	85-90	-	5,7	0-1	0,6

Kenevir lifleri selüloz içerdikleri için derişik inorganik asitlerden etkilenirler. Sıcaklık arttıkça zayıf asitler liflerde mukavemet kaybına sebebiyet verirler. Alkalilerle işlem görmüş kenevir lifleri oldukça dayanıklıdır. Bazik işlemlerde kotonize uygulanmış kenevir liflerinin mukavemetleri iyidir. Sıcak ve yoğun bazik ortamlarda lifler erir, soğuk yoğun bazik ortamlarda lifler merserize olur. Mikroorganizmalara karşı dayanıklıdırlar (Gedik vd., 2010).

4. Kenevir Liflerinin Fiziksel Özellikleri

Rami lifinden sonra kenevir lifleri en kuvvetli doğal lifler kategorisindedir. Mukavemeti yaşken bir miktar daha artar. Sıcaklıktan çok etkilenmez ve yüksek sıcaklıklara dayanır. Pilling (boncuklanma) ve statik elektriklenme

gibi durumlarla karşılaşmaz. 20 °C’de %65 bağıl nem altında %12, %95 bağıl nem altında %30 nem çekme kabiliyeti vardır. Bu değerler pamuk ve ketenden yüksektir (Özdemir ve Tekoğlu, 2012; Gedik vd., 2010).

Tablo 2. Kenevir ve diğer liflerin fiziksel özellikleri (Manaia vd., 2019).

Lif	Uzunluk (mm)	Yoğunluk (g/cm ³)	Gerilme Direnci (Mpa)	Young Modülü (Gpa)	Nem İçerik (%)
Kenevir	5-55	1,4	550-1110	30-70	8
Jüt	2-120	1,3-1,5	393-800	10-55	12
Sisal	900	1,3-1,5	507-855	9,4-28	11
Keten	5-900	1,5	345-1830	27-80	7
Rami	900-1200	1,5	400-938	44-128	12-17
Cam Lifi	-	2,5	2000-3000	70	<0,1

Kenevir sürdürülebilir, organik ve yenileyici bir tarım mahsulü olarak pamukla yapabileceğimiz çoğu şey, Dünya’ya çok daha az etkiyle kenevirden yapılabilir. Yetiştirilmesi zorlu bir ürün olan, çok su, kimyasal gübre ve böcek ilacı gerektiren pamuğun aksine, kenevir bir ot olduğu için yabani ot gibi büyür. Hızlı ve temiz büyür ve doğal olarak böceklere direnir (Danziger, 2018). Kenevir lifleri yüksek hijyenik (yüksek emici ve higroskopik, bakteriyostatik), anti – statik ve anti – mikrobiyel özellikleri ile UVR engelleme ve anti-alerjik performans özelliklerine sahiptir. Bu özellikleri sayesinde kenevir lifi endüstride, sağlıklı ve UV korumalı tekstil üretiminde gözde liflerden biri konumuna gelmiştir (Kocic vd., 2019).

5. Kenevirden Lif Eldesi



Şekil 2. Primer lifler (Gizlenci vd., 2019).

Biyoloji Havuzlama: Dış pektinin parçalanma esasına dayanır. Pektin mikroorganizmalar sayesinde parçalanır ve lif demetleri saptan ayrılır (Gizlenci vd., 2019).

Mekanik Yöntem: Lif ve odunsu kısımlar makine ile birbirinden ayrılır. Elde edilen lifler sert ve pektin maddesi içerdiğinden tekstil lifi olarak kullanılamazlar (Kaya ve Öner, 2020).

Kimyasal Yöntem: Bu yöntemle eşit uzunlukta ve temiz lifler elde edilir. Alkali banyoda sapları kesilmiş kenevir pişirilir ve pektin maddesinden arındırılır. Pamuk ve diğer liflerle karıştırılarak iplik oluşturmak üzere kenevir lifleri kurutulur (Kaya ve Öner, 2020).

6. Kenevir Liflerinin Kullanım Alanları

Kenevir lifinden;

Kumaş, çanta, ayakkabı, giysi vb, tekstil ürünleri,
Ağ, halat, halı tuval vb. teknik tekstil ürünleri,

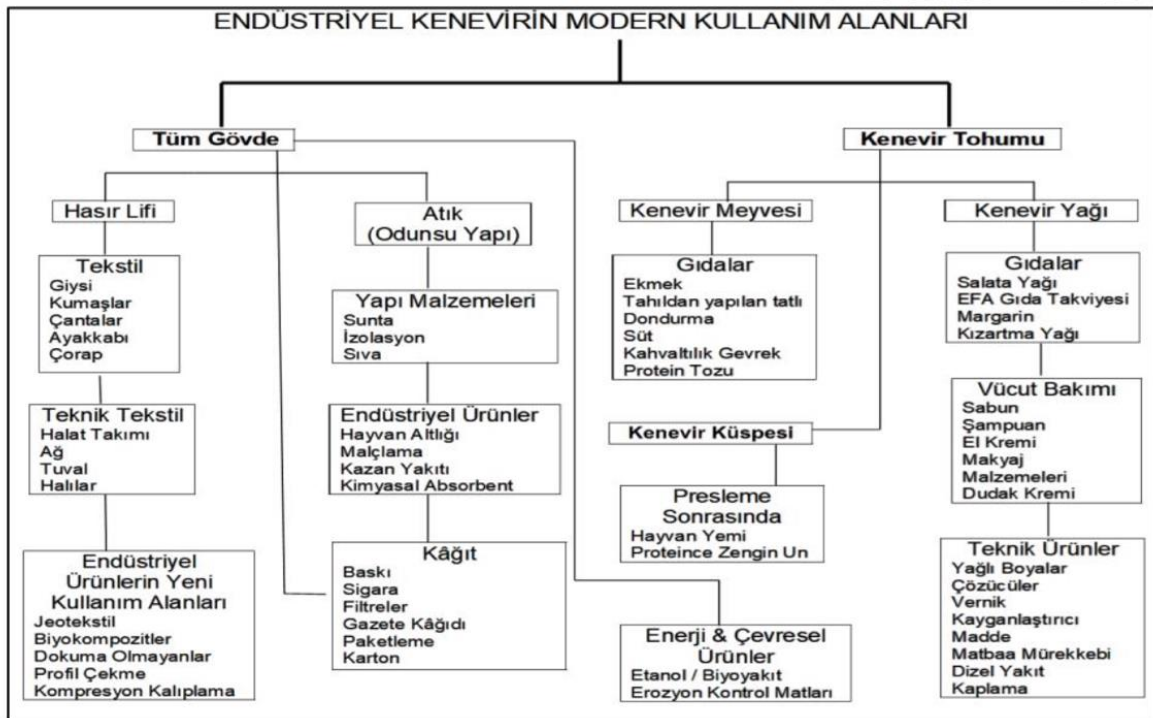
Jeotekstiller, biyokompozitler, otomotiv vb. endüstriyel ürünler üretilebilir (Gizlenci vd., 2019).



Şekil 3. Kenevir bitkisi.



Şekil 4. Kenevir kompozit koltuk (Gizlenci vd., 2019).



Şekil 5. Kenevir bitkisinin kullanım alanları (Gizlenci vd., 2019).

Kenevir sapından;

Paketleme, karton, gazete kâğıdı sigara filtreler vb. kâğıt türleri,
Biyoyakıt, etanol, erozyon kontrol matları, briket vb. çevresel ve enerji ürünleri üretilebilir (Gizlenci vd., 2019).

Kenevir tohumundan;

Protein tozu, kahvaltılık gevrek, dondurma vb. gıda ürünleri,
Küspe üretilebilir (Gizlenci vd., 2019).



Şekil 6. Kenevirden Üretilmiş Yalıtım Malzemesi (Gizlenci vd., 2019).

Kenevir yağından;

Margarin, salata yağı, kızartma yağı gibi yağlar,
Sabun, şampuan, el kremi vb. kozmetik ürünler,
Matbaa mürekkebi, biyodizel, kaplama, yağlı boyalar, vernik vb. teknik ürünler üretilebilir (Gizlenci vd., 2019).

7. Dünya’da ve Türkiye’de Kenevir

Kenevir pamuğa kıyasla çevresel olarak sürdürülebilir özelliklere sahip olmasına rağmen esrar ile yanlış anlaşılma ilişkisi nedeniyle birçok ülkede yasaklanan kutuplaştırıcı bir bitkidir. Kenevir, kuru ağırlık başına en fazla %0,3 tetrahidrokanabinol (THC) içeriğine sahipken esrar bitkileri %0,3’ten fazla THC değeri içerir. Bununla birlikte, gün geçtikçe kenevire karşı tutumlar değişiyor ve birkaç ülke bu yasakları kaldırmalarıyla birlikte ekonomilerine keneviri yeniden dahil ediyorlar (Schumacher vd., 2020).

Çin, yılda yaklaşık 44000 ton ile dünyada kenevir yetiştiriciliğinde %40 pay sahibidir. Avrupa’da en çok Fransa’da, Güney Amerika’da ise en çok Şili’de kenevir üretimi yapılmaktadır. 2025 yılına kadar endüstriyel anlamda kenevir pazar büyüklüğünün 10,6 milyar dolara ulaşacağı tahmin edilmektedir. Kenevir tohumu ürünleri (kenevir yağı, kenevir protein tozu vb.) kapsamında Kanada lider konumundadır. İnşaat ve otomotiv ham maddesi olarak kenevir, Avrupa’da Romanya, Macaristan Rusya vb. ülkelerde üretimi yapılmaktadır. Türkiye’de kenevir tohumu üretimi en çok Samsun’da yapılmaktadır (Orta Anadolu Kalkınma Ajansı, 2019).



Şekil 7. Kenevir yetiştirilen ülkeler (Schumacher vd., 2020).

Endüstriyel kenevir üretimi 2019 yılında 19 ilde serbest bırakılmıştır (Başer ve Bozoğlu, 2020).



Şekil 8. Türkiye’de kenevir ekim alanları (Başer ve Bozoğlu, 2020).

8. Kenevir Liflerinin Kompozit Uygulama Alanları

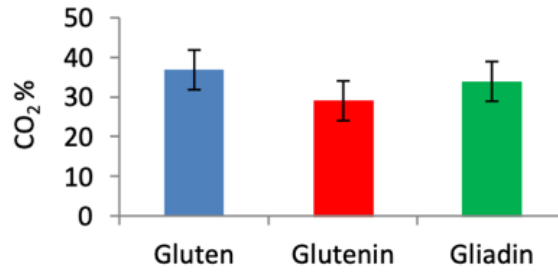
Biyobozunur, sürdürülebilir ve geri dönüştürülebilir malzemelere yönelik taleplerin artması, kenevir liflerinin kompozit yapılarda takviye malzemesi olarak kullanımı gündeme getirmiştir. Kenevir lifleri bitkinin gövdesinde bulunur ve bu da onlara, kompozit malzemelerin takviyesi için gerekli olan mukavemetli yapıyı kazandırır. Kenevir lifi takviyeli buğday glütenu (WG) kompozitler, beklenenden iyi gerilme özellikleri sergilemeleri ve çevre dostu olmaları nedeniyle birçok uygulamada petrokimya bazlı plastiklere alternatif olmuşlardır.

Ancak, ticari üretim süreçleri için çaba sarf edilmeden önce kompozitler açısından sürdürülebilirliğin değerlendirilmesi önemlidir. Muneer (2012), yaptığı bu çalışmayı sentetik plastiklerden daha az fosil kaynağı kullanan tamamen bitki bazlı kompozitlerin bir örneği olan ve potansiyel olarak biyolojik olarak parçalanabilir kenevir lifi takviyeli buğday glütenu (WG) kompozitlere dayandırmıştır ve kenevir üreticilerinin, kenevir lifi takviyeli WG kompozitleri hakkındaki görüşlerini derlemiştir. Tüketicilerin kenevir lifi ile güçlendirilmiş WG kompozitlerini seçme ve ödeme istekliliği için bir tüketici analizi de yapılmıştır (80 katılımcı).

Yapılan literatür araştırmaları, WG plastiklerinde kenevir lifinin varlığının, kenevir lifi olmayan malzemelere kıyasla daha iyi sertlik sağladığını ve malzemeleri daha güçlü kıldığını göstermiştir. Çekme özelliklerini incelemek amacıyla gliadin ve glütenu doğal lifler olmaksızın termoplastik filmlerin işlenmesinde kullanılmıştır. Sonuçlar, glütenu daha yüksek mukavemet ve modüle sahip ancak daha düşük uzama özellikleri sergilediğini, buna karşın gliadinin daha düşük mukavemet ve artan uzama özellikleri gösterdiğini ortaya çıkarmıştır.

Bu çalışmada öncelikle 200 ml %70 etanol içinde on altı gr buğday glütenu çözülerek glutenin ve gliadin tozları elde edilmiştir. Rastgele katlanmış ve preslenmiş kenevir lifleri 5x10 cm'lik parçalar halinde kesilmiştir. Kenevir lifi matların yüzeyine tam WG, gluteninle zenginleştirilmiş ve gliadinle zenginleştirilmiş tozlar dökülerek preslenmiştir.

Üretilen kompozitler, ASTM D5988-03 standardı kullanılarak biyolojik olarak parçalanabilirlik testine tabi tutulmuştur. Kenevir elyafı ile güçlendirilmiş WG kompozitleri için yaşam döngüsü değerlendirme analizi (LCA) de yapılmıştır. Biyobozunurluk analizine göre kenevir elyafı ile güçlendirilmiş WG kompozitlerinin WG için %37, glutenin için %29 ve gliadin bazlı kompozitler için %34 ile biyolojik olarak parçalanabilir olduğunu göstermiştir (90 günlük periyottan sonra karbonun CO₂'ye dönüşümü). Yaşam döngüsü değerlendirme analizi, kenevir lifi takviyeli WG kompozitlerinin sentetik plastiklere kıyasla daha az enerji tükettiğini ve daha az sera gazı yaydığını göstermiştir.



Şekil 9. Biyobozunurluk analizi (Muneer, 2012)

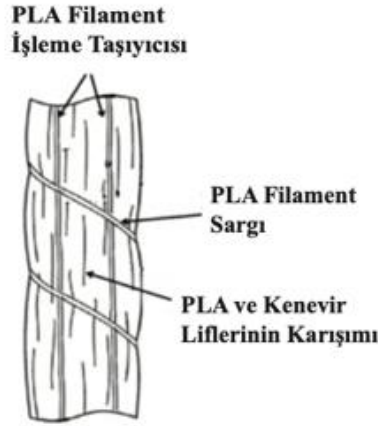
Üreticiler, kenevir lifi ile güçlendirilmiş WG kompozitlerine olumlu tepki göstermişler ve kenevir üretimini artırmaya istekli olduklarını belirtmişlerdir. Tüketici analizinde %75,3'ü kenevir elyaf takviyeli WG plastikleri seçeceğini, %4,9'u ise sentetik plastikleri seçeceğini söylemişlerdir. Bu çalışmada kenevir elyaf takviyeli WG kompozitlerinin sentetik plastiklere kıyasla daha sürdürülebilir olduğu tespit edilmiş ve gelecekte kullanımının giderek artacağı öngörülmüştür.

Lu ve Oza (2013), çalışmalarında kenevir lifinin %5 silan (silan çözeltisi, 50/50 etanol/su karışımı ilave edilerek hazırlanmıştır) ve %5 NaOH işlemlerinin, kenevir-yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) kompozitlerinin termal ve termo-mekanik özellikleri üzerindeki etkisini araştırmıştır. Elde edilen sonuçlara göre elyaf ilavesinin artması kompozitlerin termal stabilitesini azaltmıştır. Hem silan hem de NaOH işlemleri, kenevir-HDPE kompozitlerinin termal stabilitesini iyileştirmiştir. Bu iki yüzey işleme yöntemi arasında, silanla işlem gören kenevir-HDPE kompozitleri, üstün termal stabilite sergilemiştir. Termo-mekanik sonuçlar hem işlem görmüş hem de işlem görmemiş kenevir kompozitlerinin sertliğinin, elyaf hacim oranının (Vf) %40'a kadar artışıyla arttığını ve ardından %50'de azaldığını, bu da daha yüksek sertliğin maksimum faydasının yalnızca %40 elyaf takviyesi ile elde edilebileceğini göstermiştir. Sertlikteki artış, işlem görmüş kenevir-HDPE kompozitleri için işlem görmemiş kompozitlere göre çok daha yüksek çıkmıştır. Silan ile işlem görmüş kenevir kompozitleri, NaOH ile işlem görmüş olanlara kıyasla daha güçlü bağ oluşumu sergilemiş ve bu da silan ile işlem görmüş kompozitlerin daha yüksek elastik mekanik özellikler göstermesine neden olmuştur.

Baghaei vd. (2014), çalışmalarında kenevir / Polilaktik asit (PLA) sargılı eğrilmiş iplikler kullanarak üretilmiş kenevir kompozitlerinin termal ve mekanik davranışının yanı sıra nem emilimini incelemiştir.

Polilaktik asit (PLA), biyolojik olarak parçalanabilirlik gerektiren uygulamalar için kullanılabilen önemli biyotermoplastiklerden biridir. Ayrıca yüksek sıcaklıklarda uzun süreli dayanıklılık veya yüksek mekanik performans gerektirmeyen uygulamalar için oldukça iyi özellikler gösterir.

Bu kapsamda endüstriyel uygulamalarda PLA'nın potansiyel kullanımını artırmak için, mekanik özellikleri doğal lifler gibi takviyeler kullanılarak geliştirilebilir. Bu sebeple sunulan bu çalışmada takviye malzemesi olarak kenevir lifi tercih edilmiş ve yapısal veya yarı yapısal uygulamalarda kullanıma uygun ve daha düşük miktarda gözenekliliğe sahip yüksek performanslı doğal elyaf takviyeli kompozitler için düşük bükümlü yeni hibrit ipliklerin geliştirilmesi tartışılmıştır.



Şekil 10. Hibrit ipliğin yapısı (Baghaei vd., 2014).

Tek eksenli kompozitler, kütlece %30'u kenevir olacak şekilde basınç altında kalıplama kullanılarak imal edilmiştir. Kompozitlerin kenevir lif oryantasyonu (hızalı ve rastgele), eksen dışı açısı ve alkali (%4 NaOH çözeltisi) işlemi açısından özellikleri araştırılmıştır. Test yönünün kompozitlerin mekanik özelliklerini etkilediği bulunmuştur.

Alkali ile işlem görmüş kenevir / PLA ipliği, işlem görmemiş kenevir/PLA ipliğine kıyasla mekanik özelliklerinde maksimum gelişme sağlamıştır. En iyi performans özellikleri, 77,1 MPa'lık gerilme mukavemeti, 10,3 GPa'lık Young modülü, 100,9 MPa'lık eğilme mukavemeti, 7,1 GPa'lık eğilme modülü ve 18,8 kJ / m²'lik bir darbe mukavemetine yol açan, alkali işlem görmüş kenevir / PLA ipliği ile elde edilmiştir. Kompozitlerin çekme, eğilme ve darbe değerleri bakımından eksen dışı kompozitler, 0° eksenli kompozite göre azalma eğilimi göstermiştir. Tüm kompozitler için su absorpsiyonu, hem oda sıcaklığında hem de 80 ° C'de pürüzsüz PLA'dakinden daha yüksek çıkmıştır. Termo-mekanik testler, alkali ile işlem görmüş kenevir lifleri içeren kompozitlerin, gelişmiş ara yüzey bağlanması sergilediklerini göstermiştir.

Doğal lifler, termoplastik polimerlerle kullanıldığında, geri dönüştürülebilirlik, düşük yoğunluk, iyi sönümleme, düşük aşındırıcılık, gelişmiş enerji geri kazanımı, yüksek mukavemet/ağırlık oranı ve toksik olmama gibi büyük avantajlar sağlar. Bu yenilenebilir lifler, koltuk arkalığı, kapı ekleri, gövde altı panelleri ve gösterge panelleri gibi yarı yapısal otomotiv bileşenleri dahil olmak üzere çeşitli uygulamalarda geleneksel sentetik liflerin yerini alma potansiyeli sunar. Doğal liflerin sentetik liflere göre sahip olduğu avantajlara rağmen termoplastik endüstrisinde bu liflerin özelliklerini etkileyen çeşitli dezavantajları vardır. Başlıca dezavantajlarından bazıları, polipropilen (PP) gibi hidrofobik polimer matris malzemelerine zayıf bağlanma/yapışma ve nem emme eğilimidir. Araştırmacılar, malzeme işlemleriyle doğal lifler ve matris arasındaki bağın/yapışmanın artırılmasında ilerleme kaydetmiştir. Sullins vd. (2017) araştırmalarında birtakım işlemlerin kenevir lifi takviyeli polipropilen (PP) kompozitlerinin mekanik davranışları üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Bu işlemler, kenevir lifinin farklı konsantrasyonlarda NaOH ile kimyasal olarak işlenmesi ve / veya PP matrisine maleik anhidrit aşılanmış polipropilen (MAPP) eklenmesi ile gerçekleştirilmiştir. Bu işlemlerin amacı, kenevir lifleri ile polipropilen matris arasındaki bağı güçlendirmektir, aksi takdirde düşük yüzey enerjisine ve sınırlı bağlanmaya sahip olacaktır. Mekanik davranışlar, %5 MAPP, %5 NaOH ile işlenmiş kenevir lifi, %10 NaOH ile işlenmiş kenevir lifi ve %5 NaOH + %5 MAPP gibi farklı işlem kombinasyonları ile araştırılmıştır. Alkali ile elyaf işlemi ve / veya bir maleatlanmış bağlama maddesinin ilavesinin, kenevir elyafı ile güçlendirilmiş PP kompozitdeki elyaf ile matris arasındaki ara yüzey yapışmasını iyileştirdiği, bükülme ve gerilme özelliklerini arttırdığı kanıtlanmıştır. Bu işlemlerde kompozitlere ağırlıkça %15 ve %30 oranında kenevir lifi takviye edilmiştir. 15-5 MAPP (%5 MAPP + %15 lif), saf PP'ye kıyasla sırasıyla %37, %37, %68 ve %213 oranında eğilme mukavemeti ve modülünde, gerilme mukavemeti ve modülünde artış göstermiştir. 30-5 MAPP (%5 MAPP + %30 lif), saf PP'ye kıyasla eğilme mukavemeti ve modülü ile gerilme mukavemeti ve modülü için sırasıyla %91, %132, %122 ve %297 oranlarında artış göstermiştir. %5 MAPP ilaveli kompozitler en iyi mekanik özellikleri sergilemiştir.

Doğal elyaf takviyeli kompozitler, cam veya karbon takviyeli polimer kompozitlerin yerine kullanılabilirleri bakımından çok ilgi görmektedir. Bununla birlikte doğal liflerin hidrofobik termoplastik matris ile zayıf ara yüzey

bağlanmaları vardır. Bu da kompozitlerin mekanik özelliklerinin bozulmasına yol açar. Bu kusur lifleri daha az hidrofilik hale getirerek giderilebilir. Bu kapsamda Sepe vd. (2018) çalışmalarında, doğal elyaf takviyeli kompozitlerin daha da geliştirilmesi için birtakım deneyler yapmışlardır. Kenevir liflerinin işlenmemiş ve işlenmiş yüzeyleri, Fourier Dönüşümü Kızılötesi (FTIR) spektroskopisi ve Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) kullanılarak karakterize edilmiştir.

Kenevir elyaf takviyeli epoksi kompozitlerin üretiminde vakum infüzyon işlemi kullanılmıştır. Mekanik test sonuçları ve SEM incelemeleri, kenevir liflerinin (3-Glycidylxypropyl) trimetoksisilan (%1, %5, %20 oranlarında) işleminin, yüksek değerler elde edilmemesine rağmen, kenevir lifi takviyeli epoksi kompozitlerin çekme ve eğilme özelliklerini iyileştirdiğini göstermiştir. Alkali işlemi (%1 NaOH ve %5 NaOH), lignin ve hemiselülozu doğal elyafların yüzeyinden uzaklaştırmıştır, ancak alkali işlemi elyaftaki fibrilin kolayca çekilmesine (fibrilasyon) neden olarak kompozitlerin mekanik özelliklerini azaltmıştır. FTIR, silan işleminin lifleri kapladığını göstermiştir. Silan ile işlem görmüş kompozitler, işlem görmemiş ve alkali ile işlem görmüş olanlardan daha büyük gerilme modülüne sahip ve özelliklerinin alkali işlem görmüş kompozitlerden daha iyi olduğu sonucu çıkmıştır. Mekanik özellikleri iyileştirmek için %1'lik silan konsantrasyonu kullanımı optimum değer olarak tespit edilmiştir.

Doğal elyaf bazlı termoplastik kompozitlerin çevresel etki ve maliyet açısından sunduğu avantajlara rağmen, mekanik performansları genellikle sentetik muadillerinden daha düşüktür. Mineral liflerle (bazalt) hibritleşme, doğal lif takviyeli kompozitlerin endüstriyel uygulamalarını genişletebilir. Bu bakış açısıyla Sarasini vd. (2018) deneysel çalışmalarında doğal elyaf takviyeli kompozitlerin endüstriyel uygulamalarını genişletmek amacıyla bazalt, kenevir ve bazalt / kenevir elyaf takviyeli hibrit yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) kompozitlerinin termal ve mekanik özelliklerini incelemişlerdir.

Ticari bazalt lifleri ve HDPE arasındaki yüzey yapışmasının analizine göre maleatlanmış birleştirme ajanının kompozit yapıya dahil edilmesi önemli ölçüde artan bir yapışma seviyesi ortaya çıkarmıştır. Aynı olumlu etkiler, kenevir elyaf kompozitleri için de gözlenmiştir ancak her iki durumda da elyaf/matris uyumluluğu ile dengelenen kristallikte bir azalma tespit edilmiştir. Bazalt elyaflarla melezleme, kenevir elyaf kompozitlerinin gerilme özelliklerini, genel kristalliklerini ve Vicat yumuşama sıcaklığını artırmıştır. Kompozitlerdeki lif uzunluğu dağılımı, bazalt liflerinin kenevir liflerine kıyasla yoğun kırılmaya maruz kaldığını ve kenevir ve bazalt liflerinin karışımının, bazalt-bazalt ve kenevir-kenevir etkileşiminden daha az zarar verdiğini göstermiştir. Tüm bu sonuçlar, enjeksiyonla kalıplanmış kısa kenevir / bazalt / HDPE hibrit kompozitlerin, uygulamalarda kullanılabilecek gelişmiş performansla sonuçlandırıldığını göstermiştir.

Doğal polimer bazlı kompozitler, sentetik elyaf takviyeli petrol bazlı kompozitlere göre biyolojik olarak parçalanabilirlik, biyoyuyluluk, tasarım esnekliği ve sürdürülebilirlik açısından önemli avantajlar sunmaktadır. Bununla birlikte, doğal lifler yüksek heterojenliğe, iplik yapısını engelleyen zayıf kırım özelliklerine, sınırlı işleme sıcaklıklarına sahiptir. Ayrıca hidrofilik olmaları sebebiyle birçok matris malzemesi ile doğal olarak uyumsuzluk gösterirler. Bu bilgiler ışığında Pappu vd. (2019) çalışmalarında, eriyik işleme ve enjeksiyon kalıplama teknikleriyle polilaktik asit ile sisal ve kenevir elyafı kullanarak hibrit elyaf takviyeli biyolojik olarak parçalanabilir kompozitlerin üretimini araştırmışlardır. Öncelikli olarak granül sisal ve kenevir lifleri harmanlanmış ardından hibrit kompozitler, ekstrüzyon ve enjeksiyon kalıplama yoluyla laktik asitten (PLA) oluşan alifatik polyester kullanılarak üretilmiş ve performansları değerlendirilmiştir.

Tablo 3. Hibrit kompozitlerin fiziksel ve mekanik özellikleri (Pappu vd., 2019).

Numune	Yoğunluk (g/cm ³)	Gerilme Mukave meti (MPa)	Gerilme Modülü (MPa)	Eğilme Mukave meti (MPa)	Eğilme Modülü (MPa)	Özgül Gerilme Mukave meti	Özgül Eğilme Mukave meti	Maksimum Uzama (%)	Darbe Dayanımı (kJ/m ²)
R1	1,25	33,40	3522,81	81,97	3138,41	26,72	66,57	0,96	6,2
R2	1,23	38,49	3245,77	79,50	3332,67	30,79	63,60	1,22	6,8
R3	1,26	32,74	3690,40	81,97	3138,41	26,19	65,57	0,87	6,3
Ortalama	1,25	34,88	3484,33	81,15	3203,16	27,90	64,92	1,02	6,43
SD	0,02	3,14	224,54	1,42	112,15	2,51	1,13	0,18	0,32

Tablo 4. PLA'nın fiziksel ve mekanik özellikleri (Pappu vd., 2019).

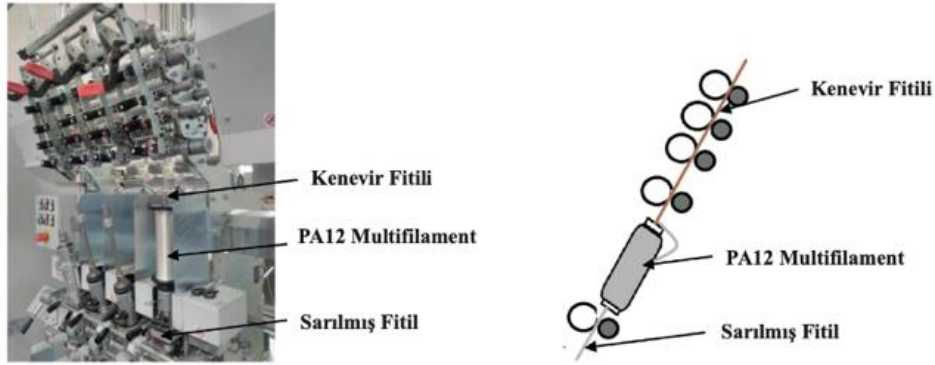
Numune	Yoğunluk (g/cm ³)	Gerilme Mukavemeti (MPa)	Gerilme Modülü (MPa)	Eğilme Mukavemeti (MPa)	Eğilme Modülü (MPa)	Özgül Gerilme Mukavemeti	Özgül Eğilme Mukavemeti	Maksimum Uzama (%)	Darbe Dayanımı (kJ/m ²)	Su Absorpsiyonu (Wt %)
R1	1,16	39,82	6626,06	104,88	5153,66	34,27	90,26	0,67	10,04	1,13
R2	1,21	43,36	6281,00	104,29	5804,85	35,86	86,24	0,77	10,04	0,94
R3	1,17	45,66	6392,18	81,03	6487,15	39,05	69,30	0,78	9,21	1,42
R4	1,22	59,23	4967,74	102,74	6030,19	48,39	83,93	1,63	11,08	0,99
R5	1,18	43,19	6238,57	81,21	6728,08	36,73	69,05	0,79	11,08	0,91
Ortalama	1,19	46,25	6101,11	94,83	6040,79	38,86	79,76	0,93	10,29	1,08
SD	0,02	6,75	582,42	11,21	550,34	5,00	8,87	0,35	0,79	0,21

Deneysel sonuçlar, hibrit kompozitlerin yoğunluk, kopma uzaması ve su emme kapasitesinin sırasıyla $1,14 \pm 0,07$ g / cm³, $0,93 \pm 0,35$ ve $1,06 \pm 0,18$ olduğunu ortaya koymuştur. Hibrit lif takviyeli PLA kompozitlerden elde edilen ortalama gerilme mukavemeti (46.25 ± 6.75 MPa), Young modülü (6.1 ± 0.58 GPa) ve spesifik gerilme mukavemeti (38.86 ± 5.0), saf PLA'ya kıyasla iyileştirilmiştir. Hibrit lif kompozitlerin eğilme mukavemeti (94.83 ± 11.21 MPa), eğilme modülü (6.04 ± 0.55 GPa) ve spesifik eğilme mukavemeti (79.76 ± 8.80) de saf PLA örneklerinden daha iyi performans göstermiştir. Sisal ve kenevir lifinin polilaktik ile birleştirilmesi, kompozitlerin darbe dayanımını önemli ölçüde artırmıştır. Özetle hibrit kompozitler, çekme mukavemeti, Young modülü, eğilme mukavemeti, düşük yoğunluk ve düşük su emilimi açısından iyi malzeme özellikleri sergilemişler ve çevre dostu malzeme olarak otomotiv, ambalaj, elektronik, iç mekân ve tarımsal uygulamalarda kullanılabilirler uygun olarak değerlendirilmiştir.

Kompozitlerin mekanik özellikleri, esas olarak takviye edici liflerin doğasına bağlıdır. Takviye liflerini optimize etmek için bu liflerin miktarı (lif hacim oranı), yerleşimi ve dağılımı, tekstil formları (dokuma, örgülü, örme kumaşlar, vb.) vs. geniş çapta incelenmektedir. Kompozit malzemelerde en iyi tek eksenli mekanik özellikler genellikle lifler, uygulanan yük yönünde hizalandığında elde edilir. Ne yazık ki, sonlu uzunlukları nedeniyle, bitkisel liflerle bir hizalama elde etmek, sentetik liflere göre daha zordur. Corbin vd. (2020), çalışmalarında dokuma parametrelerinin ve örgü deseninin etkilerini farklı ölçeklerde incelemişlerdir. Kenevir dokuma kumaş üretiminde manuel armürlü tezgâh kullanılmış olup farklı dokuma diyagramlarına sahip üç kumaş üretilmiştir (H1: Bezayağı, H2: Saten H3: Dimi). Ardından iki tip kompozit üretilmiştir: bunlar plakalar ve IFBT (Emprenye Elyaf Demeti Testi) numuneleridir. Kompozit plakalar, kenevir kumaşları ve epoksi reçine ile sıcak presleme yöntemiyle elde edilmiştir. Dokuma kumaşlarla güçlendirilmiş kompozitlerin özelliklerini karşılaştırmak için saf, tek yönlü keten takviyeli bir "referans" kompozit de üretilmiştir.

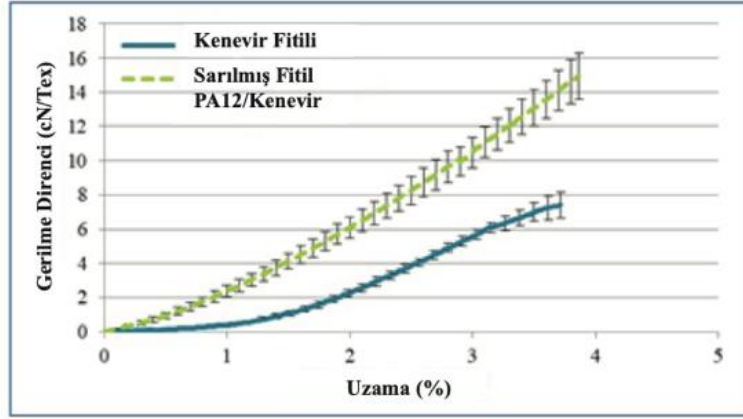
IFBT numuneleri kenevir demetlerinin hizalanması ve GreenPoxy 56 reçinesi ile emprenye edilmesiyle hazırlanmıştır. Mekanik karakterizasyonlardan ve X-ışını nanotomografisinden elde edilen kompozit ölçөгindeki sonuçlar, en iyi keten çapraz katlı laminatlara benzer mekanik özelliklerin, düşük bükülmüş demetlerden yapılan kenevir dokuma kumaşlarla da elde edilebileceğini göstermiştir.

Corbin vd. (2020), çalışmalarında kompozit üretimi için uyarlanmış hibrit kenevir/termoplastik fitil geliştirmeyi amaçlamışlardır. Hibrit fitil, tekstil üretim süreçlerinin neden olduğu gerilim ve aşınma streslerini sürdürmek için yeterince dayanıklı olmalıdır. Bu kapsamda termoplastik bir polimer olan poliamid 12 ile sarılmış kenevir fitili ile kompozit plakalar üretilmiştir.



Şekil 11. İplik büküm prosesi (Corbin vd., 2020).

Bu işlemde, PA12 multifilamentleri kenevir fitilinin etrafına sarılmıştır ve bu durum fitilin mekanik özelliklerinde iyileşmeye yol açmıştır. Bu fitil, dokumada ve özellikle ipliklere uygulanan yüklerin önemli olduğu çözgü yönünde kullanılabilmesi amacıyla uygun mukavemete sahip olmuştur.



Şekil 12. Sarılı kenevir / PA12 fitili ve kenevir fitilinin mekanik özellikleri (Corbin vd., 2020).

Sarım sayısındaki artış, dokuma açısından form başına daha yüksek bir kalınlığa ve alan yoğunluğuna yol açmıştır ve bu durum gelecekteki uygulamalar için bir sorun olabilir. Bu nedenle çözüm olarak sarılmış iplik sayısını azaltmak gerektiği tespit edilmiştir.

Hafif kompozit malzemeler sıklıkla nakliye veya mobilya kutularının iç kısımlarında kullanılır. Bu malzemelerin yüzeylerinin aşınması, solunum sistemini ve cildi etkileyen potansiyel bir sağlık riski taşır. Bu nedenle, insan sağlığı için daha az tehlikeli olan doğal lifler, kompozitlerde takviye malzemesi olarak sentetik liflerin yerine tercih edilebilmektedir. Bu kapsamda Fazio vd. (2020), çalışmalarında takviye olarak kenevir, cam veya karbon içeren farklı kumaş kompozit türleri üzerinde aşınma testleri yapmışlardır ve sonuçlar, kenevir / epoksi kompozitlerin kayda değer aşınma davranışını sergilediklerini göstermiştir.

Kompozit laminatın aşınmadan veya çizilmeden sonra dış yüzeyinde görülebilen doğal lifler, cam veya karbon lifleri gibi bazı sentetik malzemeler kadar insan sağlığı için tehlikeli değildir. Bu özellik, kenevir elyaf kompozitini, insan vücudu ile sürekli temas halinde olduğu tüm uygulamalar için önemli bir malzeme haline getiriyor (Otomotiv veya uçak iç bileşenleri, bina mobilyaları, tıbbi cihazlar, spor malzemeleri vb.). Bu çalışmada dokuma kumaş şeklindeki kenevir, cam ve karbon elyaflarına vakum infüzyon işlemi ile epoksi reçine emprenye edilmiştir.

Tablo 5. Numune türleri (Fazio vd., 2020).

Numune	Kumaş	Matris	Kat Sayısı	Kalınlık (mm)	Elyaf Hacim Oranı (%)
H	Kenevir	Epoksi	4	1,52	30,0
C	Karbon	Epoksi	4	1,56	29,7
G	Cam	Epoksi	4	1,80	34,2

Pim test sonuçlarına göre düşük yük (10N) altında, kenevir kumaşlarından oluşan kompozitlerin faydalı aşınma davranışlarını gösteremediği, çünkü yük koşullarının lifleri aşırı derecede zorlamak için yeterli olmadığı ortaya çıkmıştır. Sonuç olarak, uzun süre ve yüksek yük altında (50 ve 70 N) kenevir lifleri ile güçlendirilmiş laminatlar iyi aşınma davranışı göstermiştir.

Asthana ve Srivastava (2021) yaptıkları çalışmada doğal kenevir ve ipek lifleri ile güçlendirilmiş epoksi ve çelik yününden alaşım lifine dayalı kompozitlerin darbe ve eğilme mukavemetini ele almışlardır.

Tablo 6. Epoksi-lif kompozit numune sonuçları (Asthana ve Srivastava, 2021).

Malzeme	Darbe Dayanımı (İzot) (KJ/m ²)	Eğilme Mukavemeti (MPa)	Eğilme Modülü (MPa)
Numune 1 (Epoksi ve Kenevir)	2,98	35,52	5305,3
Numune 2 (Epoksi ve İpek)	2,85	21,54	4542
Numune 3 (Epoksi ve Çelik Yünü)	6,02	29,53	5110,1

Elde edilen sonuçlar, numune 1'in (kenevir + epoksi) eğilme mukavemetinin 35.32 MPa olduğunu, bu da numune 2' den (ipek + epoksi) %63,9 ve numune 3' ten (çelik yünü + epoksi) %19 daha fazla olduğunu göstermektedir. Ayrıca kenevir/epoksi numunesi 5305.3 MPa'lık değeriyle en yüksek bükülme modülüne sahiptir ve bu değer numune 2' den %39, numune 3' ten %16,3 daha fazladır. Darbe dayanımı numune 3' e göre dikkate alınırsa, 6,02 KJ / m² ile numune 1'den %50, numune 2' den %52,6 daha üstün sonuçlar vermektedir. Bu çalışma kapsamında kenevir elyaf takviyeli epoksi kompozitlerin sentetik elyaf takviyeli malzemeler için alternatif bir malzeme olarak kullanılabilirliği önerilmektedir.

Nachippan vd. (2021), çalışmalarında cam elyafın işlenmemiş kenevir elyafı ve işlenmiş kenevir elyafı ile hibritleşmesi sonucu mekanik özellikler üzerindeki etkisini incelemek için deneysel araştırmalar yapmışlardır. Kenevir lifi, %10 NaOH çözeltisi kullanılarak alkali işlemden geçirilmiş ve mekanik özellikleri incelenmiştir.

Kenevir ve cam elyafın takviyesi, matris malzemesi olarak epoksi ile yapılmış ve el yatırma tekniği kullanılarak imal edilmiştir. Test numuneleri, cam elyaf / epoksi kompozit (C-1), cam elyaf / işlem görmemiş kenevir elyaf / epoksi kompozit (C-2) ve cam elyaf / işlem görmüş kenevir elyaf epoksi kompozit (C-3) olarak ASTM standartlarına göre hazırlanmıştır. Üretilen numunelerde mekanik özelliklere ulaşmak için çekme testi, darbe testi, sertlik testi yapılmıştır. Ayrıca, boşlukları, kırılmaları ve lif sıyrılmalarını değerlendirmek için taramalı elektron mikroskobu kullanılarak ara yüz analizi gerçekleştirilmiştir. Deneysel test sonuçları, cam elyafı epoksi kompozitin iyi gerilme mukavemeti sergilediğini, ancak zayıf darbe mukavemeti ve sertlik değerlerine sahip olduğunu, buna karşın doğal elyaf hibrit kompozitin önemli ölçüde daha düşük gerilme mukavemetine, ancak çok iyi darbe mukavemeti ve sertlik değerlerine sahip olduğunu göstermiştir. Bu nedenle, doğal elyaf hibrit kompozitler, yüksek darbe mukavemeti ve sertliği gerektiren otomobil endüstrisinde yaygın olarak kullanılabilirler.

Tablo 7. Kompozit malzemelerin gerilme dayanımı (Nachippan vd., 2021).

Sıra N.	Malzeme	Numune	Gerilme Mukavemeti (MPa)
1	Cam Elyaf/Epoksi Kompozit (C1)	Numune 1	84,51
		Numune 2	78,26
2	Cam Elyaf/İşlem Görmemiş Kenevir Elyaf/Epoksi Kompozit (C2)	Numune 1	22,70
		Numune 2	26,73
3	Cam Elyaf/İşlem Görmüş Kenevir Elyaf/Epoksi Kompozit (C3)	Numune 1	25,05
		Numune 2	22,24

Tablo 8. Kompozit malzemelerin darbe dayanımı (Nachippan vd., 2021).

Sıra N.	Malzeme	Numune	Darbe Dayanımı (J)
1	Cam Elyaf/Epoksi Kompozit (C1)	Numune 1	3,7
		Numune 2	3,2
2	Cam Elyaf/İşlem Görmemiş Kenevir Elyaf/Epoksi Kompozit (C2)	Numune 1	10
		Numune 2	8
3	Cam Elyaf/İşlem Görmüş Kenevir Elyaf/Epoksi Kompozit (C3)	Numune 1	8
		Numune 2	6

Tablo 9. Kompozit malzemelerinin sertliği (Nachippan vd., 2021).

Sıra N.	Malzeme	Penetrasyon Noktası	Barcol Sertliği (B)
1	Cam Elyaf/Epoksi Kompozit (C1)	Nokta 1	40
		Nokta 2	24
		Nokta 3	34
2	Cam Elyaf/İşlem Görmemiş Kenevir Elyaf/Epoksi Kompozit (C2)	Nokta 1	34
		Nokta 2	30
		Nokta 3	38
3	Cam Elyaf/İşlem Görmüş Kenevir Elyaf/Epoksi Kompozit (C3)	Nokta 1	44
		Nokta 2	45
		Nokta 3	46

9. Sonuç

Son yıllarda çevre dostu ve sürdürülebilir kompozitlerde takviye malzemesi olarak bitkisel liflerin kullanımına olan küresel ilgi hızla artmaktadır. Artan ilgi öncelikle, biyolojik olarak parçalanabilirlik, düşük maliyet, düşük yoğunluk ve yüksek sertlik ve mukavemet dahil olmak üzere doğal elyafların avantajlı özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Kimyasal gübre ve böcek ilacı gerektiren diğer liflerin aksine kenevir lifi doğal olarak böceklere direnir ve toprağı havalandırır. Temiz büyümeleri, sürdürülebilir ve biyolojik olarak parçalanabilir olmaları nedeniyle kenevir lifleri ekolojik açıdan önemli avantajlara sahiptir. Bu kapsamda değerlendirildiğinde sürdürülebilir kalkınmayı ön plana alan sektörlerde kenevir lifinin daha yaygın kullanılması sağlanmalıdır. Cam liflerine nazaran düşük yoğunluk ve yüksek sertlik özellikleri sergileyen kenevir lifi kompozit yapılarda hafif uygulamalar için ideal bir malzeme haline gelmektedir.

Kenevir lifi takviyeli kompozitler, sentetik lif takviyeli kompozitlere göre sürdürülebilirlik, biyolojik olarak parçalanabilirlik, mukavemet ve sertlik açısından önemli avantajlar sunmaktadır. Bu nedenle kenevir liflerinin otomotiv, uçak, ambalaj, spor malzemeleri, elektronik, iç mekân ve tarımsal uygulamalarda kullanılmalarında ciddi artış beklenmektedir.

Zaman içinde sentetik liflerin piyasa çıkması ve esrar karşıtı yasalar neticesinde kenevir liflerine olan ilgi azalsa da anti-statik, anti-alerjik ve anti-mikrobiyel davranışları ile yüksek hijyenik özellikler göstermeleri, kenevir liflerinin tıbbi uygulamalardaki kullanımını günden güne artıracığı öngörülmektedir. Ülkemizde endüstriyel kenevir üretimi birçok ilde serbest bırakılmıştır. Kenevir lifinin uygulama alanlarının Türkiye açısından geliştirilmesi hem ülke ekonomisine hem de istihdama büyük katkı sağlayacaktır.

Kaynaklar

1. **Acar, M. & Dönmez, A. (2016).** Kenevire Farklı Bir Bakış. 2. *Ulusal Biyoyakıtlar Sempozyumu Bildiriler Kitabı*, 27-30 Eylül, Samsun, 265-270.
2. **Aksoy, D., Aytaç, S. & Pashı, R. (2019).** Endüstriyel Kenevir Gerçeği. 2. *Uluslararası 19 Mayıs Yenilikçi Bilimsel Yaklaşımlar Kongresi*, 27-29 Aralık 2019, Samsun, Türkiye, 850-858.
3. **Asthana, A. & Srivastava, V. (2021).** Mechanical Behavior Of Silk/Hemp/Steel Wool – Epoxy Composite. *Materials Today: Proceedings*, 44, 2228–2231
4. **Baghaei B., Skrifvars M., Salehi M., Bashir T., Rissanen M. & Nousiainen P. (2014).** Novel Aligned Hemp Fibre Reinforcement For Structural Biocomposites: Porosity, Water Absorption, Mechanical Performances And Viscoelastic Behaviour. *Composites: Part A*, 61, 1–12.
5. **Başer, U. & Bozoğlu, M. (2020).** Türkiye'nin Kenevir Politikası ve Piyasasına Bir Bakış. *Tarım Ekonomisi Araştırmaları Dergisi*, 6(2), 127-135.
6. **Corbin A., Soulat, D., Ferreira M., Labanieh A.R., Gabrion X., Malecot P. & Placet V. (2020).** Towards hemp fabrics for high-performance composites: Influence of weave pattern and features. *Composites Part B*, 181, 107582.
7. **Corbin, A.C., Ferreira, M., Labanieh, A.R. & Soulat, D. (2020).** Natural Fiber Composite Manufacture Using Wrapped Hemp Roving With PA12. *Materials Today: Proceedings*, 31, S329–S334.
8. **Dai, D. & Fan, M. (2010).** Characteristic and Performance of Elementary Hemp Fibre. *Materials Sciences and Applications*, 1, 336-342.
9. **Danziger, P.N. (2018).** <https://www.forbes.com/sites/pamdanziger/2019/10/03/why-the-fashion-industry-needs-to-turn-on-to-hemp/?sh=74ff01e3154a> (Erişim Tarihi: 11.04.2021).
10. **Fazio, D., Boccarusso, L. & Durante, M. (2020).** Tribological Behaviour of Hemp, Glass and Carbon Fibre Composites. *Biotribology*, 21, 100113 1-10.
11. **Gedik, G., Avınç, O.O. & Yavaş, A. (2010).** Kenevir Lifinin Özellikleri ve Tekstil Endüstrisinde Kullanımıyla Sağladığı Avantajlar. *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 4(3), 39-48.
12. **Gizlenci, Ş., Acar, M., Yiğen, Ç. & Aytaç, S. (2019).** *Kenevir Tarımı, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü*. Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitü Müdürlüğü, Samsun.
13. **Karaduman, Y., Özdemir, H., Karaduman, N.Ş. & Özdemir, G. (2017).** *Interfacial Modification of Hemp Fiber Reinforced Composites*. ss 18-39. Günay, E., ed., 2018. Natural and Artificial Fiber-Reinforced Composites as Renewable Sources, IntechOpen.
14. **Kaya, S. & Öner, E. (2020).** Kenevir Liflerinin Eldesi, Karakteristik Özellikleri ve Tekstil Endüstrisindeki Uygulamaları. *Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(1), 108-123.
15. **Kocic, A., Bizjak, D., Poparic, G.B. & Stankovic, S.B. (2019).** UV protection afforded by textile fabrics made of natural and regenerated cellulose fibres. *Journal of Cleaner Production*, 228, 1229-1237.
16. **Kurtuldu, E. & İşmal, Ö.E. (2019).** Sürdürülebilir Tekstil Üretim ve Tasarımında Yeniden Değer Kazanan Lif: Kenevir. *SDÜ Art E, Güzel Sanatlar Fakültesi Sanat Dergisi*, 12(24), 694-718.
17. **Lu, N. & Oza, S. (2013).** Thermal Stability and Thermo-Mechanical Properties Of Hemp-High Density Polyethylene Composites: Effect Of Two Different Chemical Modifications. *Composites: Part B*, 44, 484–490.
18. **Manai, J., Manai, A.T. & Rodrigues, L. (2019).** *Industrial Hemp Fibers: An Overview*. *Fibers*, 7(106), 1-16.
19. **Muneer, F. (2012).** *Evaluation Of The Sustainability Of Hemp Fiber Reinforced Wheat Gluten Plastics*. Degree Project for M.Sc. Thesis in Agriculture.A2E. Swedish University of Agricultural Sciences, Alnarp.
20. **Nachippan, N.M., Alphonse, V., Raja B., Shasidhar S., Teja, G.V. & Reddy, R.H. (2021).** Experimental Investigation Of Hemp Fiber Hybrid Composite Material For Automotive Application. *Materials Today: Proceedings*, 44, 3666–3672.
21. **Orta Anadolu Kalkınma Ajansı (2019).** Kenevir Yetiştiriciliği. https://www.oran.org.tr/images/dosyalar/20190318134910_0.pdf
22. **Özdemir, S. & Tekoğlu, O. (2012).** Ekolojik Tekstil Ürünlerinde Kullanılan Hammaddeler. I. Uluslararası Moda ve Tekstil Tasarımı Sempozyumu Bildirileri Özel Sayı. *Akdeniz Sanat Dergisi*, 5 Mart, Antalya, 27-30.
23. **Pappu, A., Pickering, K.L. & Thakur, V.K. (2019).** Manufacturing and Characterization of Sustainable Hybrid Composites Using T Sisal And Hemp Fibres As Reinforcement Of Poly (Lactic Acid) Via Injection Moulding. *Industrial Crops & Products*, 137, 260–269.
24. **Salentijn, E.M.J., Zhang, Q., Amaducci, S., Yang, M. & Trindade, L.M. (2015).** New Developments in Fiber Hemp (Cannabis Sativa L.) Breeding. *Industrial Crops and Products*, 68, 32-41.

25. **Sarasini, F., Tirillò, J., Sergia, C., Seghinia, M.C., Cozzarinib, L. & Graupner, N. (2018).** Effect Of Basalt Fibre Hybridisation And Sizing Removal On Mechanical And Thermal Properties Of Hemp Fibre Reinforced HDPE Composites. *Composite Structures*, 188, 394–406.
26. **Schumacher, A.G.D., Pequito, S. & Pazour J. (2020).** Industrial Hemp Fiber: A Sustainable and Economical Alternative to Cotton. *Journal of Cleaner Production*, 268:122-180.
27. **Sepe, R., Bollino, F., Boccarusso, L. & Caputo, F. (2018).** Influence of Chemical Treatments on Mechanical Properties of Hemp Fiber Reinforced Composites. *Composites Part B: Engineering*, 133, 210-217.
28. **Sullins, T., Pillay, S., Komus, A. & Ning, H. (2017).** Hemp Fiber Reinforced Polypropylene Composites: The Effects of Material Treatments. *Composites Part B*, 114, 15-22.

POLİLAKTİK ASİT TEMELLİ MEMBRANIN MORFOLOJİSİNİN DESALİNASYON PERFORMANSINA ETKİSİ

Betül Karakoca^{1*}, Filiz Uğur Nigiz¹

¹ Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, 17020, ÇANAKKALE

Öz

Nüfus artışı, küresel ısınma ve insanların sebep olduğu kirlilikler nedeni ile su kaynaklarımız azalmaktadır. Dünya üzerindeki sular doğrudan kullanılmayan tuzlu sulardan oluşmaktadır. Bu nedenle mevcut su kaynaklarının kullanımı için ayırma işlemlerinin kullanılması son yıllarda önem kazanmaktadır. Pervaporasyon tekniği, tuzlu sulardan saf su elde etmek için yeni gelişen bir tekniktir. Bu çalışmada, deniz suyunun saflaştırılması için Polilaktik asit (PLA) polimeri ile membranlar üretilmiş, membranın hidrofilitesini ve ayırma performansını iyileştirmek, aynı zamanda kararlılıklarını da korumak polietilen glikol (PEG) polimeri eklenmiştir. Çalışma kapsamında, gözeneksiz yoğun ve asimetric olmak üzere iki farklı membran hazırlanmıştır ve morfolojik yapı farklılıklarının desalinasyon performansına etkileri incelenmiştir. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve temas açısı testi ile membranlar karakterize edilmiş, ardından tuzlu su desalinasyon testleri yapılmıştır. Sonuç olarak membranın hidrofobitesi azaltılmış bu sayede akı değerleri artmıştır. Tüm membranlar %99 üzerinde tuz reddi elde edilmiştir. En iyi sonuçlar ise %5 PEG içeren PLA membran ile elde edilmiştir. Bu membranın akısı 1,57 kg/m²h, tuz reddi ise %99,98 olarak hesaplanmıştır. Üretilen membranın asimetric yapıda olması akıyı arttırmış buna rağmen yüksek saflıkta su elde edilmesini sağlamıştır.

Anahtar Kelimeler: Desalinasyon, pervaporasyon, PLA membran

THE EFFECT OF THE MORPHOLOGY OF A POLYLACTIC ACID BASED MEMBRANE ON DESALINATION PERFORMANCE

Extended Abstract

The water resources are decreasing due to population growth, global warming, and pollution. The water on Earth consists of salt water that cannot be used directly. For this reason, separation processes for the use of existing water resources, has gained importance in recent years. Pervaporation is a novel desalination technique for obtaining pure water from the saline water source. The most important part of the pervaporation method is the membrane. The difference of the pervaporation from other membrane-based techniques is the non-porous and selective membrane usage. It is possible to obtain high purity water due to the selective separation capability of pervaporation membranes. Therefore, most of the studies in the literature are related to innovative membrane production. Pervaporative desalination membranes should have high salt rejection and acceptable flux values. Moreover, the use of sustainable and environmentally friendly materials has also important to determine the membrane types. In this study, polylactic acid (PLA) based membranes prepared and used for the purification of sea water. Polyethylene glycol (PEG) polymer was added to improve the hydrophilicity and the separation performance of the membrane, while maintaining its stability. Within the scope of the study, two different membranes, nonporous dense and asymmetric, were prepared and the effects of morphological structure differences on the desalination performance were investigated. Scanning electron microscopy (SEM) and the contact angle tests were performed and the saltwater desalination tests were performed. As a result, the hydrophobicity of the membrane was decreased, and the flux was increased. The salt rejection results were obtained over 99%. The best results were obtained with % of PEG containing PLA membrane. The flux of this membrane was calculated as 1.57 kg/m²h, and the salt rejection was calculated as 99.98%. The asymmetrical structure of the produced membrane increased the flux, as well as providing high purity water.

Key Words: Desalination, pervaporation, PLA membrane

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author):

Betül KARAKOCA; Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi,
Kimya Mühendisliği Bölümü
17020, Çanakkale-Turkey.

Geliş (Received) : 30.11.2021

Kabul (Accepted) : 14.12.2021

Basım (Published) : 31.12.2021

1. Giriş

Dünya yüzeyinin büyük bir kısmını sular oluşturmaktadır. Ancak bu suların çoğunluğu doğrudan kullanılmayan tuzlu sulardan oluşmaktadır. Küresel ısınma ve kirlilikler nedeni ile su kaynakları azalmaktadır (Kaminski vd., 2018). Özellikle su kıtlığı olan bölgelerde insanların temiz suya ulaşması oldukça zordur. Bu problemin çözümü olarak, deniz suyunun ve atık suların; tuz ve diğer safsızlıklardan arındırılması işlemi olan desalinasyon kullanılmaktadır (Gude, 2017). Desalinasyon yöntemi, termal temelli ve membran temelli yöntemler olmak üzere iki gruba ayrılmaktadır. Termal proseslerde, buharlaşma ve yoğunlaşma sistemi kullanılarak desalinasyon yapılmaktadır. Membran prosesleri ise modüler yapıda, düşük maliyetli ve enerji tasarrufu sağlayan yöntemlerdir. Bu prosesler hem makro hem de mikro seviyelerdeki kirleticilerin, sulardan ayrılması için kullanılan yöntemlerdir. Özellikle suların içerisinde ppm seviyesinde bulunan organik bileşenlerin, çözünmüş tuzların, bazı iyon ve ağır metallerin ayrılması için daha ileri düzey membran ayırma sistemlerinin kullanılması zorunludur (Burn vd., 2015).

Membran temelli yöntemlerden desalinasyon için en çok kullanılan proses ters ozmosdur. Dünya üzerinde kurulu tesislerin %60'ının kullandığı bu proses oldukça etkili bir yöntemdir ve bu yöntemle %99 üzerinde kirlilik giderimi sağlanmaktadır. Bu proseslerin besleme kısmında yüksek basınç uygulamak gerekmektedir. Membranda uygulanan yüksek basınçla birlikte kirleticiler de geçebilmektedir. Bunu engellemek için birkaç kademeli ayırım yapılmaktadır. Yine de henüz ters ozmos kadar etkili, ileri düzey bir arıtım sistemi gelişimi sağlanamamıştır. Bununla birlikte bazı yeni yöntemler üzerine yeni çalışmalar yapılmaktadır. Bunlar arasında ise membran distilasyon ve pervaporasyon yöntemleri yer almaktadır. Membran distilasyon ve pervaporasyon prosesleri de ileri düzey su saflaştırma yöntemleri olup, bu proseslerle %99,9 üzerinde kirlilik giderilebilmektedir. Ancak bu yöntemlerde, nispeten düşük akı değerleri elde edildiği için özellikle “membran üretimi” basamağı ile ilgili detaylı araştırmalara ihtiyaç vardır (Wang vd., 2016).

Pervaporasyon (PV) ile desalinasyon işlemi 21. yüzyılın başlarında gelişmeye başlamıştır. Son yıllarda ise bu konu ile ilgili çalışmalar çoğalmıştır ve bu yöntem yeni bir su arıtım metodlarından birisi haline gelmiştir. Pervaporasyon, çok uzun yıllardan beri alkol kazanımı, alkol saflaştırma, organik madde giderimi gibi birçok işlemde etkinliğini kanıtlamıştır. Pervaporasyonun diğer yöntemlerden farkı; gözeneksiz membran kullanımı ve basınç farkının, membranın alt akımından oluşturulan vakum ile sağlanmasıdır. Pervaporasyon proseslerinde gözeneksiz membran kullanımı, seçici madde geçirimi sağlamaktadır. Basınç farkının vakum ile sağlanması ise membran tarafından seçilen ürünün alt akıma buhar olarak geçmesini sağlamaktadır. Gözeneksiz membran, hiçbir kirleticinin süzünüye (membrandan seçilerek geçirilen akım) geçmemesini sağlamaktadır. Ancak gözeneksiz membran kullanımı nedeni ile diğer yöntemlere göre daha düşük akılar elde edilebilmektedir. Bir membran prosesinin üretkenliğini yani ticari kullanımını sağlayan en önemli faktörden biri akıdır. Bu nedenle özellikle akı değerlerinin iyileştirilmesi gerekmektedir. Son yıllarda grafen oksit temelli nano malzemelerin kullanıldığı membranların desalinasyonda kullanılması ile ters ozmos tekniğinde elde edilen akılara yakın akı değerleri, ters ozmos yönteminden çok daha yüksek kirlilik giderimi ile sağlanmıştır (Liu vd., 2018; Liang vd., 2015; Qian vd., 2018; Zhang vd., 2016). Literatürde, polivinil alkol (PVA) (Liang vd., 2014), sülfolanmış polietilen (Korin vd.,1996), gibi hidrofilik polimerik membranlar, MFI-1 tipi zeolit (Drobek vd., 2012), klinoptilolit (An vd., 2014), hidroksisodalit (Khajavi vd., 2010) gibi inorganik membranlar veya karma matrisli membranlar (Xie vd., 2011; Liang vd., 2015) üretilmiş ve tamamında %95 üzerinde tuz tutma değerleri elde edilmiştir. Sistemin en önemli kısmı pervaporasyonda kullanılan membranın kendisidir. Bu nedenle yapılan araştırmaların tamamına yakını uygun ve yüksek performanslı membran üretimine yöneliktir. Literatürde polimerik, inorganik ve karma matrisli membranlar ile pervaporasyon çalışmaları yapılmıştır. Hidrofilik polimerik membranların kullanımında, özellikle uzun süreli su ayırımlarında membranların şişmesi ve mekanik dayanımlarının azalması çok önemli bir sorundur ve işlemin pratikte kullanımını imkânsız hale getirir.

Bu çalışmada pervaporatif desalinasyonda kullanılmak üzere, hidrofobik yapıda polilaktik asit (PLA) membranı üretilmesi amaçlanmıştır. Membranın hidrofilitesini ve ayırma performansını iyileştirmek, aynı zamanda kararlılıklarını da korumak için PLA içine, polietilen glikol (PEG) eklenmiştir. PEG, sadece hidrofilik membranlarda değil, hidrofobik membranda da geçirgenlik özelliklerini geliştirmekte kullanılmaktadır (Wongchitphimon vd., 2011). Bu çalışma kapsamında PEG eklenmeyen yoğun membran ve PEG eklenen asimetrik membranlar hazırlanarak ayırma performansları karşılaştırılmıştır.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışmada 2003D kodlu polilaktik asit (PLA) (Natureworks'den temin edildi), kloroform (CHCl₃) (%99,9), dimetilformamid (DMF) (%99,9), etil laktat (C₅H₁₀O₃)(%98), sodyum klorür (NaCl) (%99,5), poletilen glikol (PEG400)(HO(C₂H₄O)_nH) kullanılmıştır.

2.1. Gözeneksiz yoğun ve homojen membran hazırlama

Bu çalışmada Natureworks2003D kodlu PLA kullanılmıştır. Kullanımdan önce polimerler etüvde kurutulmuştur. Saf PLA membranı için, %15 PLA içeren etil laktat-PLA karışımı çözünene kadar 80 °C sıcaklıkta karıştırılır. Ardından cam petriye dökülerek tamamen kuruyuncaya kadar 50 °C sıcaklıkta bekletilir (Galiano vd., 2019; Zereski vd., 2010). Membranların kalınlıkları 60 µm olacak şekilde hazırlanmıştır. Membran kalınlıkları Dasqua 4310 digital mikrometresi ile ölçülmüştür.

2.2. Asimetrik membran hazırlama

PEG katkılı PLA membran için; bir önceki aşamada hazırlanan PLA çözeltisinin içine kütlece %1-5 arası oranlarda PEG eklenir ve karıştırılır. Homojen hale kadar karıştırılan çözeltiler cam petriye dökülerek 50 °C sıcaklıkta bir saat kurutulur. Ardından membranlar su banyosuna alınarak 10 dakika bekletilir. Bu sayede membranın cam ile temas etmeyen yüzeyi gözenekli hale gelirken, cam ile temasta olan yüzeyi yoğun olarak kalır.

2.3. Karakterizasyon testleri

Membranın kesit morfolojisini ve PLA-PEG madde arasındaki uyumu belirlemek için SEM (QUANTA 400F Field Emission) analizi yapılmıştır.

Membran çeşitlerinin yüzey hidrofilik-hidrofobik özelliklerini belirlemek için temas açısı testleri (Attension, KSV) kullanılmıştır. Sessile drop yöntemi ile membranların yüzeylerinin belirli noktalarından ölçümler alınarak ortalama temas açısı değerleri belirlenmiştir.

2.4. Desalinasyon testleri

Desalinasyon testleri paslanmaz çelik membran hücresinin kullanıldığı bir pervaporasyon test sisteminde yapılmıştır. Bu test için, hazırlanan membranlar membran hücresinin içine yerleştirilir. Pervaporasyon desalinasyon işlemi boyunca sıcaklık kontrolü sağlanması için membran hücresi etüv içinde tutulur. %3 NaCl-su karışımı hazırlanır. Sonrasında membranın üst bölümünden pompa ile besleme yapılır. Membran hücresi soğuk kapanlara ve soğuk kapanlar ise vakum pompasına bağlanır. Alt akımda 30 mbar basınç sağlanarak ve üst akım atmosferik koşullarda tutularak bir basınç farkı oluşturulur ve kimyasal potansiyel farkına bağlı olarak ayırım işlemi gerçekleştirilir.

Pervaporatif desalinasyonun performansı su akısı ve tuz tutma kapasitesinin fonksiyonu olarak hesaplanmıştır. Deneysel sonucu membrandan birim zamanda (t) birim membran alanından (A) geçen madde miktarına göre (M) "akı" (J) değerleri hesaplanmıştır (Denklem 1).

$$J = \frac{M}{A.t} \quad (1)$$

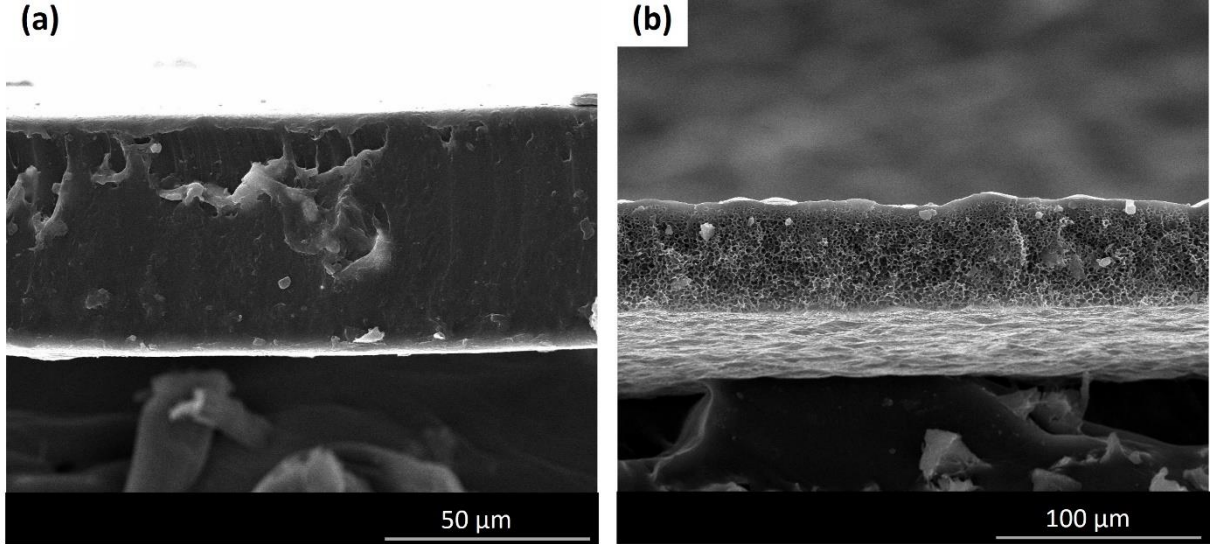
Membrandan geçen (C_p) ve membrana ilk beslenen (C_f) tuzların kondüktometrik (MettlerToledo Seven Compact) sonuçlarına göre de toplam tuz tutma kapasitesi (R) ya da diğer bir ifade ile toplam madde tutma kapasitesi hesaplanmıştır (Denklem 2).

$$R = \frac{C_f - C_p}{C_f} * 100 \quad (2)$$

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Membran karakterizasyon

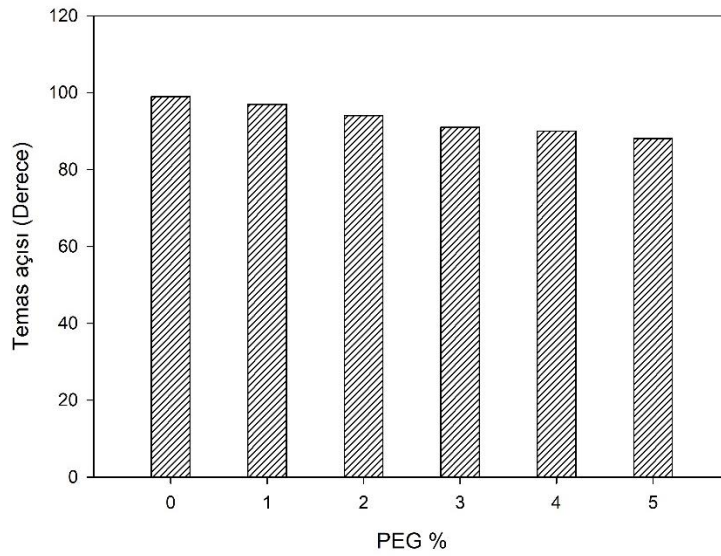
Şekil 1’de PEG katkısız (yoğun) ve %5 PEG katkılı (asimetrik) membranların kesit alanlarının taramalı elektron mikroskop (SEM) görüntüleri görülmektedir.



Şekil 1. Gözeneksiz yoğun (a) ve asimetrik (b)(%5 PEG katkılı) membranın SEM görüntüsü

Katkısız PLA membran gözeneksiz olarak üretilmiştir. Bu membranda SEM sonuçları Şekil 2a’da yer almaktadır. Üretilen membran kalınlığı 55,95-57,13 µm olarak ölçülmüştür. Membranın tamamının homojen ve gözeneksiz yapıda olduğu görülmüştür. Hazırlanan %5 PEG katkılı asimetrik membran Şekil 2b’de görülmektedir. Buna göre membranın alt bölümünün homojen gözeneklerle dolu olduğu üst bölümünün ise (yaklaşık 4 µm’lik bir kalınlıkta) yoğun bir yapıda olduğu görülmektedir. SEM analizleri sonucunda özellikle PEG katkılı asimetrik membranın başarılı bir şekilde üretildiği görülmüştür.

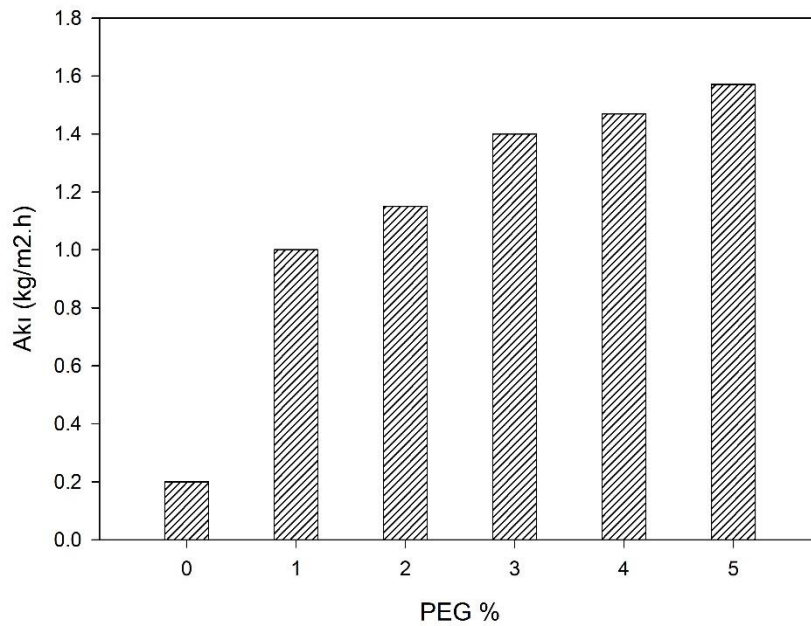
Şekil 2’de membranların yüzeylerinin su ile yaptıkları temas açıları görülmektedir. Membranlara PEG eklenmesi sonucunda yapısı asimetrik olarak değişse de, membranların yüzeyi yine gözeneksizdir. Ancak PEG malzemesi sahip olduğu yapıdan dolayı membran yüzeyinin hidrofobitesini bir miktar düşürmüştür. PEG eklenmeyen membranın temas açısı 99 iken, PEG eklenmesi ile bu oran 88’e kadar gerilemiştir. Bu sonucun da desalinasyon performansına olumlu şekilde yansımaları beklenmektedir.



Şekil 2. Membranların PEG katkısına göre temas açısı sonuçları

3.2. Desalinasyon sonuçları

Hidrofobik bir malzeme olan PLA'ya PEG eklendikçe akı üzerindeki etkisini Şekil 3'deki grafikte görülmektedir.

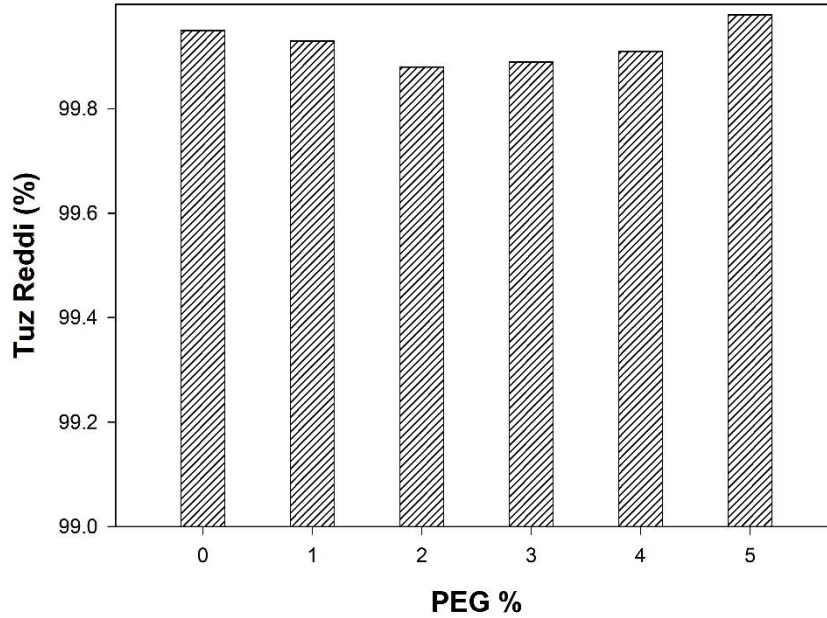


Şekil 3. % PEG katkılı PLA membranların akı grafiği

Membranın temel malzemesini oluşturan PLA hidrofobik bir malzeme olduğu için, membran ilgisine göre su geçişi sağlanmamaktadır. Bu membranda su geçişi yalnızca polimerin yapısal boşluklarından, boşluk mekanizmasına göre gerçekleşmektedir. Bu nedenle de akı değerleri düşük olmaktadır. Literatürde, PLA'nın hidrofilitesini arttırmak ve ayırma performansını iyileştirmek için PEG eklendiği görülmüştür. Shen ve arkadaşları (2013) tarafından yapılan bir çalışmada, PEG katkılı içi boş fiber PLA membranlar üretilmiş, PEG katkısı arttıkça membranın hidrofilitesinin de arttığını bulunmuştur. Ancak bu aynı zamanda gözenekli yapıyı da arttırabileceği için bu değerler bu çalışmada %5 ile sınırlandırılmıştır. Mevcut çalışmanın temel amacı nispeten hidrofob bir malzeme ile desalinasyon çalışması yapmaktır. Yeterince ince yapılan membranın, hidrofobik olsa da, yapısal boşluklarından suyun geçebileceği görülmüştür. Bu nedenle, PEG eklenmeyen membran akısı 0.2 kg/m²h olarak elde edilmiştir. PLA matrisine PEG eklendikçe akı oranlarında artma gözlenmiştir. PEG, PLA

membranı asimetrik membran haline getirmiştir. PEG katkılı PLA membranların hidrofobitesi azalmıştır. Asimetrik olarak hazırlanan membranın üst ayırma tabakası yoğun ve gözeneksiz, alt tabakası ise gözeneklidir. En yüksek akı değerleri %5 PEG katkılı PLA membranda hesaplanmıştır. Çalışmanın devamında PEG oranları %10'a kadar artırılmış ancak %5'den sonra tuz reddi değerlerinde önemli düşüşler olmuştur. Bu nedenle çalışma kapsamında yalnızca %5 PEG oranına kadar olan etkiye yer verilmiştir.

Şekil 4'de PEG katkılı PLA membranlar için, tuzlu su ile yapılan deneylerdeki tuz reddi oranları verilmiştir. Katkısız PLA membranda tuz reddi %99.95 olarak hesaplanmıştır.



Şekil 4. % PEG katkılı PLA membranların % tuz reddi grafiği

PEG katkılı membranlarda ise tuz reddi oranları arasında çok büyük farklar görülmemektedir. Tüm değerler %99 üzerindedir ve bu saf su eldesi için çok önemli bir bulgudur. En yüksek tuz reddi, %5 PEG katkılı PLA membran ile %99,98 olarak elde edilmiştir. Asimetrik membranın üst tabakası çok ince gözeneksiz, alt tabakası ise gözenekli olduğu için kütle transfer hızı bu sayede artırılmıştır. Yüzeyinin yoğun yapısından dolayı iyon geçişi engellenmiş, geçen su buharı ise gözenekli yapıdan dolayı hızlanmış, dolayısıyla akı değerleri önemli derecede artarken tuz reddi etkilenmemiştir. Bu durum genellikle akı ve tuz reddi arasında olan “trade-off” yani biri azalırken diğ erinin artması ilişkisini engellemiştir. Membran teknolojisi açısından bu bulgu önemlidir. Yapılan detaylı literatür araştırmasında, PLA ile pervaporatif desalinasyon çalışmasına hiç rastlanmamıştır. Ancak, polimerik membranların kullanıldığı, membran kalınlıklarının bu çalışmaya yakın olduğu, benzer sıcaklık ve vakum basınçlarında yapılan bazı çalışmalarda da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Quinones-Bolanos vd. (2005) polyester membran kullanarak oda koşullarında 0.13 kg/m².h akı elde etmişlerdir. Zwijnenberg vd. (2005) yüksek sıcaklıkta poliamid membran ile benzer vakum değerlerinde 0.56 kg/m².h akı elde etmişlerdir. Huth vd. (2014) benzer koşullarda 0.54 kg/m².h akı değeri ve %99.84 tuz reddi elde etmiştir. Görüldüğü gibi mevcut çalışmada elde edilen değerler bu açıdan umut vericidir.

4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada pervaporasyon prosesinde kullanılmak üzere yoğun ve asimetrik PLA membranlar hazırlanmıştır. Hazırlanan membranların hepsi ince yapıya sahiptirler. PLA membran gözeneksiz ve hidrofobik bir yapıya sahip olduğu için su geçişi çok fazla olmamıştır. Bu membrana PEG eklendiğinde ise su geçişi artmıştır ve tuz reddi aynı oranlarda kalmıştır. Pervaporasyon prosesinde 50°C’de %3 NaCl-su çözeltisi kullanılarak deneyler yapılmıştır. Katkısız PLA membranda akı 0,2 kg/m².h olarak elde edilmiştir. PEG katkısı eklendikçe akı değerlerinde artma gözlenmiştir. En iyi sonuçlar, %5 PEG katkılı PLA membran ile elde edilmiştir. Bu membranın akı değeri 1,57 kg/m².h, tuz reddi ise %99,98 olarak hesaplanmıştır. Yapılan bu çalışmada, hazırlanan asimetrik membranlar ile pervaporasyon prosesleri için umut verici sonuçlar elde edilmiştir.

Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından 121Y080 numaralı proje numarası ile desteklenmiştir.

Çıkar çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Kaynaklar

1. An, W., Zhou, X., Liu, X., Chai, P. W., Kuznicki, T., & Kuznicki, S. M. (2014). Natural zeolite clinoptilolite-phosphate composite membranes for water desalination by pervaporation. *Journal of membrane science*, 470, 431-438.
2. Burn, S., Hoang, M., Zarzo, D., Olewniak, F., Campos, E., Bolto, B., & Barron, O. (2015). Desalination techniques—A review of the opportunities for desalination in agriculture. *Desalination*, 364, 2-16.
3. Drobek, M., Yacou, C., Motuzas, J., Julbe, A., Ding, L., & da Costa, J. C. D. (2012). Long term pervaporation desalination of tubular MFI zeolite membranes. *Journal of Membrane Science*, 415, 816-823.
4. Galiano, F., Ghanim, A. H., Rashid, K. T., Marino, T., Simone, S., Alsahy, Q. F., & Figoli, A. (2019). Preparation and characterization of green polylactic acid (PLA) membranes for organic/organic separation by pervaporation. *Clean Technologies and Environmental Policy*, 21(1), 109-120.
5. Gude, V. G. (2017). Desalination and water reuse to address global water scarcity. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 16(4), 591-609.
6. Huth, E., Muthu, S., Ruff, L., & Brant, J. A. (2014). Feasibility assessment of pervaporation for desalinating high-salinity brines. *Journal of Water Reuse and Desalination*, 4(2), 109-124.
7. Kaminski, W., Marszalek, J., & Tomczak, E. (2018). Water desalination by pervaporation—Comparison of energy consumption. *Desalination*, 433, 89-93.
8. Korin, E., Ladizhensky, I., & Korngold, E. (1996). Hydrophilic hollow fiber membranes for water desalination by the pervaporation method. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 35(6), 451-457.
9. Khajavi, S., Jansen, J. C., & Kapteijn, F. (2010). Production of ultra pure water by desalination of seawater using a hydroxy sodalite membrane. *Journal of Membrane Science*, 356(1-2), 52-57.
10. Liang, B., Zhan, W., Qi, G., Lin, S., Nan, Q., Liu, Y., ... & Pan, K. (2015). High performance graphene oxide/polyacrylonitrile composite pervaporation membranes for desalination applications. *Journal of Materials Chemistry A*, 3(9), 5140-5147.
11. Liang, H. Q., Wu, Q. Y., Wan, L. S., Huang, X. J., & Xu, Z. K. (2014). Thermally induced phase separation followed by in situ sol-gel process: A novel method for PVDF/SiO₂ hybrid membranes. *Journal of membrane science*, 465, 56-67.
12. Liu, X., Demir, N. K., Wu, Z., & Li, K. (2015). Highly water-stable zirconium metal-organic framework UiO-66 membranes supported on alumina hollow fibers for desalination. *Journal of the American Chemical Society*, 137(22), 6999-7002.
13. Qian, X., Li, N., Wang, Q., & Ji, S. (2018). Chitosan/graphene oxide mixed matrix membrane with enhanced water permeability for high-salinity water desalination by pervaporation. *Desalination*, 438, 83-96.
14. Quinones-Bolanos, E., Zhou, H., Soundararajan, R., & Otten, L. (2005). Water and solute transport in pervaporation hydrophilic membranes to reclaim contaminated water for micro-irrigation. *Journal of Membrane Science*, 252(1-2), 19-28.
15. Shen, P., Moriya, A., Rajabzadeh, S., Maruyama, T., & Matsuyama, H. (2013). Improvement of the antifouling properties of poly (lactic acid) hollow fiber membranes with poly (lactic acid)-polyethylene glycol-poly (lactic acid) copolymers. *Desalination*, 325, 37-39.
16. Wongchitphimon, S., Wang, R., Jiraratananon, R., Shi, L., & Loh, C. H. (2011). Effect of polyethylene glycol (PEG) as an additive on the fabrication of polyvinylidene fluoride-co-hexafluoropropylene (PVDF-HFP) asymmetric microporous hollow fiber membranes. *Journal of Membrane Science*, 369(1-2), 329-338.
17. Wang, Q., Li, N., Bolto, B., Hoang, M., & Xie, Z. (2016). Desalination by pervaporation: A review. *Desalination*, 387, 46-60.
18. Xie, Z., Hoang, M., Duong, T., Ng, D., Dao, B., & Gray, S. (2011). Sol-gel derived poly (vinyl alcohol)/maleic acid/silica hybrid membrane for desalination by pervaporation. *Journal of Membrane Science*, 383(1-2), 96-103.

19. Zereszki, S., Figoli, A., Madaeni, S. S., Simone, S., Jansen, J. C., Esmailinezhad, M., & Drioli, E. (2010). Poly (lactic acid)/poly (vinyl pyrrolidone) blend membranes: Effect of membrane composition on pervaporation separation of ethanol/cyclohexane mixture. *Journal of Membrane Science*, 362(1-2), 105-112.
20. Zhang, Y., Feng, X., Yuan, S., Zhou, J., & Wang, B. (2016). Challenges and recent advances in MOF–polymer composite membranes for gas separation. *Inorganic Chemistry Frontiers*, 3(7), 896-909.
21. Zwijnenberg, H. J., Koops, G. H., & Wessling, M. (2005). Solar driven membrane pervaporation for desalination processes. *Journal of Membrane Science*, 250(1-2), 235-246.

YENİ SENTEZLENEN İKİ SÜLFONAMİD BİLEŞİĞİNİN *DROSOPHILA MELANOGASTER*'DE TERATOJENİK DEĞERLENDİRİLMESİ

Bahar Özbölük¹, Ayla Karataş^{1*}

¹Kocaeli Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Umuttepe Kampüsü, Kocaeli

*Sorumlu yazar: karatasayla@gmail.com

Öz

Enzimler sık kullanılan ilaç hedefleridir. Karbonik anhidraz enzimleri (KA) sık kullanılan ilaç hedeflerinden biridir. Karbonik anhidrazlar CO₂'nin hidrasyonu veya bikarbonatın dehidrasyon reaksiyonlarını tersinir olarak katalizlenmesini sağlarlar. Aday ilaç hammaddelerinin olası teratojenik etkisinin araştırılması önemlidir. Bu çalışmada insan karbonik anhidraz I ve II izoenzimlerini inhibe ettiği daha önce tespit edilmiş olan, dolayısıyla ilaç ham maddesi olarak kullanılabilme potansiyeli olan iki maddenin, *Drosophila*'nın bazı gelişimsel özelliklerine etkisi araştırılmıştır. İlk aday olan 6B (4-(((1,3-dimetil-2,4,6-trioksotetrahidropirimidin-5(2H)-iliden)methyl)amino)benzensülfonamid) ve ikinci aday olan 2E (4-(((1,3-dimetil-2,4,6-trioksotetrahidropirimidin-5(2H)-iliden)methyl)amino)benzensülfonamid) moleküllerinin, *Drosophila melanogaster*'in F₁ ve F₂ neslinde ergin birey sayısı ve fenotipik özelliklerine etkisi araştırılmıştır. *Drosophila* toksisite çalışmalarında sık kullanılan bir deney organizmasıdır. Uygulama konsantrasyonlarında K_i değerleri baz alınmıştır. Ki değeri o molekülün toksik inhibisyon değeridir. K_i değerleri baz alınarak üç farklı konsantrasyonda 6B molekülü (0,85µl, 1,706 µl ve 3,4 µl) ve 2E molekülü (2,6 µl, 5,2 µl ve 10,4 µl) hazır besiyerine ilave edilerek beslenme yoluyla uygulanmıştır. Uygulama ergin bireylere yapılmış ve sonraki iki nesil incelenmiştir. Bunun için her iki nesilde birey sayısı, birey fenotipi, gelişimsel özellikler; cinsiyet göz önünde bulundurularak incelenmiştir. Madde uygulaması yapılan bireylerden F₁ nesli elde edilmiş ve incelenmiştir. Bu bireyler daha sonra normal besiyerine (madde içermeyen besi yeri) başlangıç konsantrasyonuna bağlı olarak aktarılmış ve F₂ nesli elde edilerek bu nesil de incelenmiştir. Genellikle araştırmalarda uygulamadan sonraki ilk nesil incelenir. İkinci neslin de incelenmesi araştırmanın özgün yanıdır. 6B molekülü F₁ ve F₂ neslinde ergin birey sayısını arttırmıştır. Ayrıca anormal fenotipli birey oranını her iki nesilde düşürmüştür. Molekülün hem ergin birey sayısını arttırması hem de anormal birey sayısını her iki nesilde düşürmesi oldukça olumlu bir sonuçtur. 2E molekülü ise her iki nesilde hem ergin birey sayısını düşürmüş hem de anormal birey oranını arttırmıştır. Bu verilere göre, 6B molekülünün ilaç olarak kullanılma potansiyelinin yüksek, 2E molekülünün ise düşük olduğu ifade edilebilir. 6B molekülünün her iki nesilde gözlenen pozitif etkisi nedeniyle ilaç hammaddesi olma potansiyeli dışında, besicilik ve biyolojik kontrol için üretilecek böceklerde fertilitiyi artırıcı ajan olarak kullanılma potansiyelinin araştırılması faydalı olabilir.

Anahtar Kelimeler: *Drosophila melanogaster*, toksik etki, karbonik anhidraz inhibitörleri, gelişimsel özellikler.

TWO NEWLY SYNTHESIZED SULFONAMIDE COMPOUNDS TERATOGENIC EVALUATION in *DROSOPHILA MELANOGASTER*

Extended Abstract

Enzymes are common drug targets. Carbonic anhydrase enzymes (CA) are one of the frequently used drug targets. Carbonic anhydrases reversibly catalyze the hydration of CO₂ or the dehydration of bicarbonate. It is important to investigate the possible teratogenic effects of candidate drug raw materials. In this study, the effects of two substances, which were previously determined to inhibit human carbonic anhydrase I and II isoenzymes, and therefore have the potential to be used as raw materials, on some developmental characteristics of *Drosophila* has been investigated. The effects of the first candidate 6B (4-(((1,3-dimetil-2,4,6-trioksotetrahidropirimidin-5(2H)-iliden)methyl)amino)benzensülfonamid) and the second candidate 2E (4-(((1,3-dimetil-2,4,6-

***Sorumlu Yazar (Corresponding Author):**

Ayla KARATAŞ; Kocaeli Üniversitesi, Eğitim Fakültesi, Umuttepe Kampüsü,
Kocaeli 17020, Kocaeli-Türkiye

Geliş (Received) : 02.11.2021

Kabul (Accepted) : 31.12.2021

Basım (Published) : 31.12.2021

trioksotetrahidropirimidin-5(2H)-iliden)methylamino)benzensülfonamit) on the adult number and phenotypic characteristics of *Drosophila melanogaster* in the F₁ and F₂ generations has been investigated. *Drosophila* is an experimental organism frequently used in toxicity studies. Application concentrations has been based on K_i values. The K_i value is the toxic inhibition value of these molecules. Based on the K_i values, three different concentrations of 6B molecules (0.85 µl, 1.706 µl and 3.4 µl) and 2E molecules (2.6 µl, 5.2 µl and 10.4 µl) has been added to the prepared medium and applied by feeding. The application has been made to adults and the next two generations has been examined. For this purpose, the number of individuals, individual phenotype, developmental characteristics has been analyzed according to gender in both generations. F₁ generation has been obtained from the individuals who were administered substance and examined. These individuals have been transferred to normal medium (medium-free medium) depending on the initial concentration and the F₂ generation has been obtained and this generation has been also examined. Generally, the first generation after application is studied in research. Examining the second generation is the original aspect of the research. The 6B molecule increased the number of adults in the F₁ and F₂ generations. It also reduced the rate of individuals with abnormal phenotype in both generations. It is a very positive result that the molecule both increases the number of mature individuals and decreases the number of abnormal individuals in both generations. The 2E molecule both decreased the number of adults and increased the rate of abnormal individuals in both generations. According to these data, it can be stated that the 6B molecule has a high potential to be used as a drug, while the 2E molecule has a low potential. Due to the positive effect of the 6B molecule observed in both generations, it may be useful to investigate its potential to be used as a fertility-enhancing agent in insects to be produced for livestock and biological control, apart from its potential as a drug raw material.

Key Words: *Drosophila melanogaster*, toxic effect, carbonic anhydrase inhibitors, developmental features.

1. Giriş

En önemli ilaç hedefleri enzimlerdir. Enzimler bilinen ilaç hedeflerinin yaklaşık %40'ını teşkil etmektedir (Imming vd., 2006; Şen, vd., 2017). Karbonik anhidraz izoenzimleri insan vücudunda hem fizyolojik hem patolojik süreçlerde önemli rol oynamaları nedeniyle ilaç tasarımında oldukça dikkat çekici olmuşlardır (Gelheard, 2009).

1933 yılında ilk kez memeli eritrositlerinden saflaştırılan karbonik anhidrazın (KA) temel fizyolojik fonksiyonu, CO₂'nin hidrasyonu veya bikarbonatın dehidrasyon reaksiyonlarını tersinir olarak katalizlenmesini sağlamaktır (Badger ve Price, 1994; Supuran, 2018; İrende, 2019). Bu reaksiyon ile beraber birçok fizyolojik ve patolojik olayda rol oynayan KA'nın en önemli fonksiyonu ise, doku kılcal damarlarında, metabolizma ürünü olan karbondioksitin (CO₂), karbonik asite (H₂CO₃), akciğer pulmoner kapilerde ise H₂CO₃'ün CO₂'e dönüşmesi reaksiyonunu katalizlemesidir. Bununla beraber pH homeostazisi, kemik resorpsiyonu, kalsifikasyon, tümör oluşumu, idrar asidifikasyonu, ve daha birçok biyosentez reaksiyonunda görev almaktadır (Pastarekova vd., 2004). KA doğada bulunan en aktif enzimlerden biridir. KA tüm vücutta yaygın olarak bulunan ve fizyolojik öneme sahip bir grup enzimdir. İnsanda KA'nın 14 izoenzimi olduğu gösterilmiştir. H₂CO₃ oluşumunu ve degradasyonunu 10.000 ila 100.000 kez aktive eder. Sadece memelilerde değil diğer hayvan ve bitkilerde de bulunur. İnsanda başta kan olmak üzere, beyin, akciğer, mide, pankreas, karaciğer, böbrekler, kas dokusu gibi pek çok dokuda gösterilmiştir. İnsan vücudunda bulunan en önemli tampon sistemlerindedir (Doğanay ve Fırat, 2007). Son yıllarda çoğu KA izoformunun birçok hastalıkla olan ilişkisi keşfedildiğinden dolayı bu izoformlar ilaç dizaynında hedef olarak kullanılmaktadır (Whittington vd., 2001). KA izoenzimlerini inhibe ederek, bazı insan hastalıklarının tedavi edilmesini sağlayan farmakolojik ajanlara karbonik anhidraz inhibitörleri (KAİ) denir (Babu, 2012). 1940 yılında sülfonamidlerin spesifik bir karbonik anhidraz enzimi inhibitörü (KAİ) gibi davrandığını ortaya koymuşlardır (Mann ve Keilin, 1940). Bilinen en güçlü organik karbonik anhidraz inhibitörleri ise sülfonamidlerdir. Bu sebeple, KAİ ilaçların senteziyle ilgili çalışmalarda motif olarak en çok sülfonamidler kullanılmıştır (Şen vd., 2017).

Yeni ilaçların geliştirilmesinde temel yaklaşım, hastanın yararı için değiştirilmesi gereken fizyolojik ya da patolojik süreçte rol oynayan biyolojik moleküllerin hedef olarak seçilmesi ve bu moleküllerle etkileşime girecek kimyasal moleküllerin sentezlenmesidir (Şen vd., 2017). İlaç üretiminde yapılacak ilk adımlar toksisite testleridir. Aday ilaçların akut, subakut, kronik, subkronik, immunotoksik, nörotoksik, teratojenik, reproduktif toksisite, genotoksisite, karsinojenite gibi etkileri araştırılmalıdır.

Bu çalışmada Sakarya Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümünde sentezlenmiş olan iki ayrı karbonik anhidraz inhibitörü ilaç adayının olası toksik, teratogenik ve reproduktif toksisite özellikleri araştırılmıştır. İnsan karbonik anhidraz I ve II izoenzimlerini inhibe ettiği tespit edilmiş olan dolayısıyla ilaç ham maddesi olarak kullanılabilme potansiyeli olan 4-(((1,3-dimetil-2,4,6-trioksotetrahidropirimidin-5(2H)-

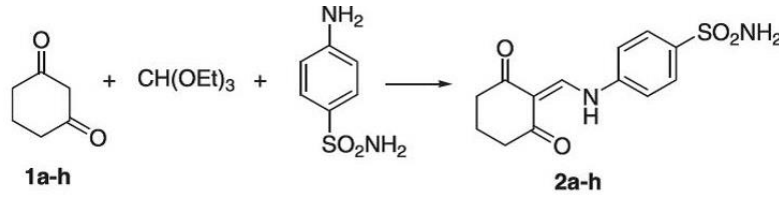
iliden)methyl)amino) benzen sülfonamit (2E) ve 4-(1-methyl-2-oxo-3'H-spiro[indoline-3,2'-[1,3,4]oxadiazole]-5'yl) benzene sülfonamit (6B) bileşiklerin, *Drosophila melanogaster*'in bazı gelişimsel özelliklerine etkisi araştırılmıştır. *In vivo* araştırma olması ve F₂ neslinin de takip edilmesi bu araştırmanın özgün yanıdır.

Model organizma olarak *D. melanogaster*'in tercih edilmesini sağlayan bazı önemli özellikleri vardır. Genom dizileri, insan hastalıklarında belirlenen genlerin %70'ından fazlasının *D. melanogaster* uyumlu olduğunu yani genetik kodlarının insanlara benzediğini göstermiştir (Fortini vd., 2000). *D. melanogaster* ve insan hücre rotasyonları ve düzenleyici yolları birbirine çok yakınlık göstermektedir. Bu da tümör oluşumunda, çoğalma süreci çalışmalarında, model olarak kullanılmasını sağlar (Potter vd., 2000). *D. melanogaster* küçük bir genom hacmine sahip olduğu için mutasyonların incelenmesi daha kolaydır (Graf vd., 1992). İnsanlar ve *D. melanogaster* birçok korunmuş fizyolojik ve biyolojik yolağa sahiptir (Jafari, 2010). Dokuları, kalp ve böbrek de dahil olmak üzere memelilere *Caenorhabditis elegans*'dan daha çok benzerdir (Pipera ve Partridge, 2017). Bu avantajlar göz önünde bulundurulduğunda *D. melanogaster*, günümüzde tercih edilen bir organizmadır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Çalışmalarda Kullanılan Kimyasal Maddeler ve Karbonik Anhidraz İnhibitörleri

Karbonik anhidraz inhibitörü olan birinci molekül 6B'nin molar kütlesi 358 g/mol, K_i değeri 0,273 µM'dur. İkinci molekül olan 2E'nin ise molar kütlesi 238,34 g/mol ve K_i değeri 5.20 µM'dur (Şekil 1). K_i değeri o molekülün toksik inhibisyon değeridir, bu nedenle deneylerde moleküllerin inhibisyon değerleri altında üç konsantrasyon seçilmiştir. Araştırmada uygulanan maddelerin toksik etkisini karşılaştırmak için pozitif kontrol grubu olarak sodyum arsenit (Molar kütle: 129,91 g/mol) kullanılmıştır (Karataş ve Bahçeci, 2010a). Karbonik anhidraz inhibitörlerin çözülmesi için dimetil sülfoksit kullanılmıştır (Molar kütle: 78,13 g/mol).



Compound	2a	2b	2c	2d	2e	2f	2g	2h
1a-h								

Şekil 1. Metilenaminobenzen sülfonamit türevlerinin sentezi (Demirci vd., 2014).

Çalışmalarda karbonik anhidraz inhibitörlerini uygulamak için toksik inhibisyon değerleri baz alınmıştır. Buna göre deney gruplarında besiyerine, 6B maddesi için 0,85µl, 1,706 µl ve 3,4 µl ve 2E maddesi için 2,6 µl, 5,2 µl ve 10,4 µl çözelti ilave edilmiştir. Negatif kontrol grubu olarak distile su, pozitif kontrol grubu olarak sodyum arsenit (10mM NaAsO₂), çözücü kontrol grubu olarak DMSO kullanılmıştır.

2.2. Morfolojik karakterleri gözlemek için yapılan uygulama

Deney ve kontrol gruplarına ait besi yerlerine, 15 erkek ve 15 dişi birey konulduktan sonra, pupa evresinin gözleendiği gün, parental bireyler besi yerinden uzaklaştırılmıştır. F₁ neslindeki bireyler ilk çıktığı günden itibaren gözlemlenmiş ve bu süreç sekiz gün boyunca devam etmiştir. *Drosophila*'da gelişim süreci ortalama 10 günde tamamlanmaktadır. Bu yüzden çalışmalarda gelişim sürecini sekiz günle sınırlandırılıp F₂ nesli ile karışması önlenmiştir. Deneyler üç tekrarlı yapılmıştır.

F₁ neslindeki fenotipik anormallikleri gözlemek amacıyla, ilk ergin bireyin gözleendiği günden itibaren, sekiz gün boyunca ergin bireyler Olympus SZ 51 Stereo mikroskop altında, dişi ve erkek birey ayrımı yapılarak,

morfolojik açıdan tek tek incelenmiştir. Gözlenen anormallikler not edilmiştir (Mukhopadhyay ve Zimm, 2003; Piper vd., 2005; Suckow ve Suckow, 2006; Keser ve Karataş, 2012).

Araştırmada sadece F₁ nesli değil F₂ nesli de incelenmiştir. F₁ neslinden elde edilen bireyler, başlangıç konsantrasyonlarına bağlı kalınarak, normal besiyerine aktarılmış ve ayrı ayrı çaprazlanmıştır. Bu sayede F₂ neslinde madde uygulanmamış, fakat F₁ neslinde maruz kalınan maddenin etkisini görmek için F₂ nesli elde edilmiştir. Gözlemlerde F₁ neslinde yapılan işlemlerin aynısı F₂ neslinde de tekrar edilmiştir.

Deneyleerde, *D. melanogaster* (Diptera: Drosophilidae)'in kendileşmiş yabanıl tip Oregon-R soyu kullanılmıştır. *Drosophila* kültürleri yabanıl tip *D. melanogaster* için standart kabul edilen 25±1°C sıcaklıkta, %60 bağıl nem koşullarına sahip NÜVE marka iklim dolabında muhafaza edilmiştir. Kültür şişesi olarak, sık sık steril edilen 250ml'lik cam süt şişeleri kullanılmıştır.

3. Bulgular

3.1. 6B maddesinin F₁ neslinde birey sayısına etkisi

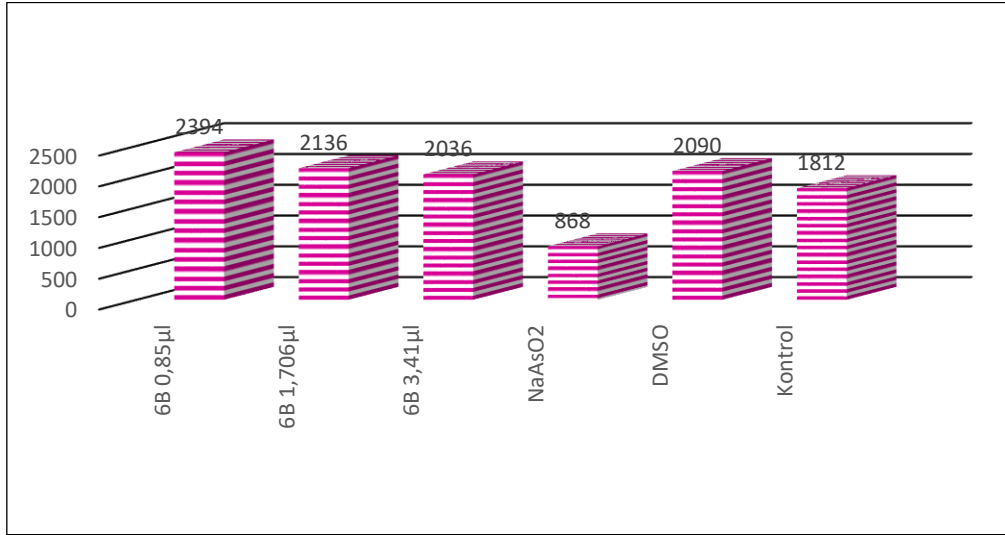
6B maddesi uygulanan üç deney grubunda da ergin birey sayısı negatif kontrol gruplarına göre artmıştır ve bu fark istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bu artış 0,85 µl konsantrasyonunda, negatif kontrol grubuna göre %32,12 oranında (**p<0,01), 1,706 µl konsantrasyonunda %17,88 oranında (**p<0,01), 3,41 µl konsantrasyonunda ise %12,36 oranındadır (**p<0,01) (Tablo 1).

Tablo 1. 6B maddesinin F₁ neslinde birey sayısına etkisi.

Gruplar	Toplam	Grup Karşılaştırma	Standart Sapma	Z Değeri
0,85 µl	2394 (G1)	(G1-G2)	0,0039	-0,414
		(G1-G3)	0,0038	-0,839
		(G1-G4)	0,0075	3,579**
		(G1-G5)	-1,1741	-1,174
		(G1-G6)	-6,0483	-6,048**
1,706 µl	2136 (G2)	(G2-G3)	0,0038	-0,417
		(G2-G4)	0,0075	3,786**
		(G2-G5)	0,0043	-1,542
		(G2-G6)	0,0060	-6,301**
3,41 µl	2036 (G3)	(G3-G4)	0,0075	4,011**
		(G3-G5)	0,0042	-1,937
		(G3-G6)	0,0060	-6,605**
Pozitif Kontrol (NaAsO ₂)	868 (G4)	(G4-G5)	0,0077	2,834**
		(G4-G6)	0,0088	-1,032
Çözücü Kontrol (DMSO)	2090 (G5)	(G5-G6)	0,0062	-4,980**
Negatif Kontrol (Su)	1812 (G6)			

*p<0,05; **p<0,01

Çözücü kontrol grubunda da ergin birey sayısı, negatif kontrol grubuna göre artmıştır ve bu aradaki fark istatistik açıdan önemli bulunmuştur. NaAsO₂ uygulaması ergin birey sayısını düşürmüştür (Şekil 2).

Şekil 2. 6B maddesinin F₁ neslinde toplam birey sayısı

3.2. 6B maddesinin F₂ neslinde birey sayısına etkisi

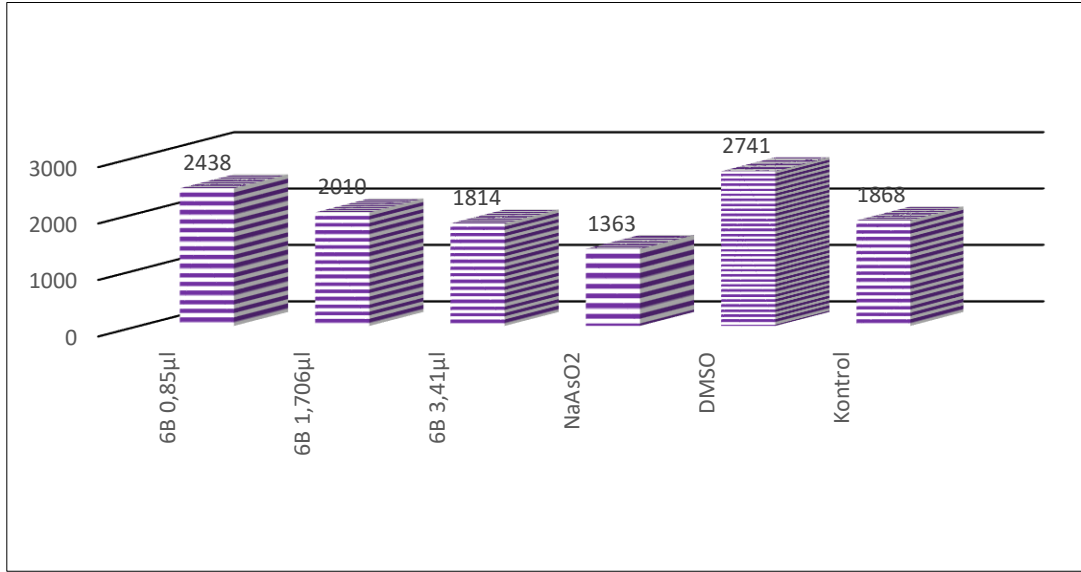
6B maddesi içeren 0,85 µl'lik ergin birey sayısı artmıştır ve diğer tüm gruplarla karşılaştırıldığında istatistik açıdan fark ortaya çıkmıştır (**p<0,01) (Tablo 2).

Çözücü kontrol grubu (DMSO) ergin birey sayısında artış gerçekleşmiştir (Şekil 3) ve bu fark istatistik açıdan anlamlıdır (**p<0,01). Ayrıca çözücü kontrol grubu içerisindeki birey sayısı, pozitif kontrol grubu (1363 birey) ve 6B maddesi içeren diğer konsantrasyonlar (0,85 µl; 1,706 µl ve 3,41 µl) ile istatistik açıdan fark ortaya çıkmıştır (**p<0,01).

Tablo 2. 6B maddesinin F₂ neslinde birey sayısına etkisi.

Gruplar	Toplam	Grup Karşılaştırma	Standart Sapma	Z Değeri
0,85 µl	2438 (G1)	(G1-G2)	0,0061	2,873**
		(G1-G3)	0,0062	2,234**
		(G1-G4)	0,0069	2,183**
		(G1-G5)	0,0045	3,426**
		(G1-G6)	0,0067	-4,188**
1,706 µl	2010 (G2)	(G2-G3)	0,0070	-0,539
		(G2-G4)	0,0077	-0,339
		(G2-G5)	0,0056	5,932**
		(G2-G6)	0,0074	-1,381
3,41 µl	1814 (G3)	(G3-G4)	0,0077	0,155
		(G3-G5)	0,0056	5,188**
		(G3-G6)	0,0075	-1,877
Pozitif Kontrol (NaAsO ₂)	1363 (G4)	(G4-G5)	0,0064	4,762**
		(G4-G6)	0,0081	-1,593
Çözücü Kontrol (DMSO)	2741 (G5)	(G5-G6)	0,0061	-7,052**
Negatif Kontrol (Su)	1868 (G6)			

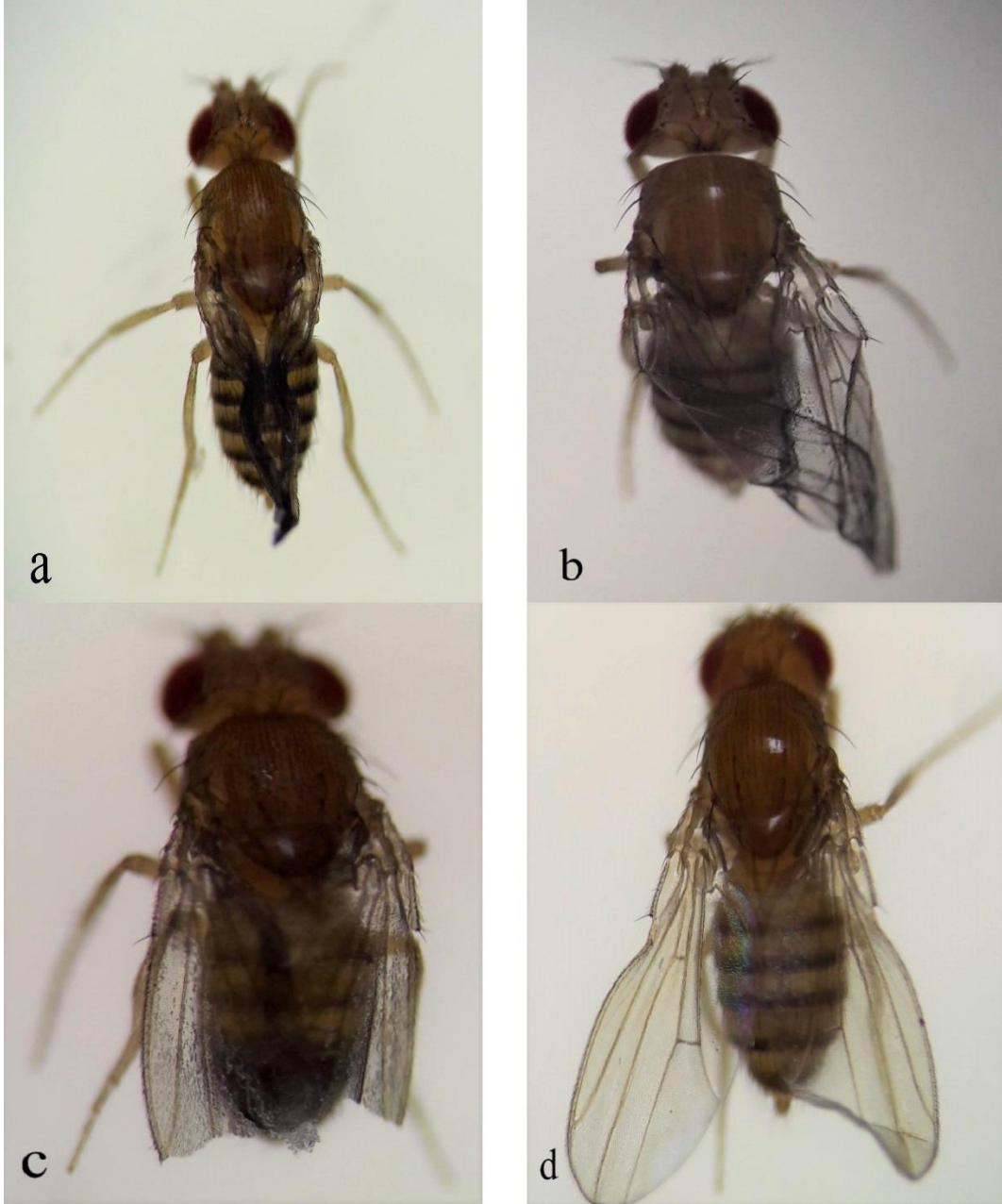
*p<0,05; **p<0,01



Şekil 3. 6B maddesinin F₂ neslinde toplam birey sayısı

3.3. 6B maddesinin fenotipe etkisi

6B maddesi içeren besiyerinde gelişen bireylerde, çözücü kontrol grubu, pozitif kontrol grubu sodyum arsenit ve negatif kontrol grubundaki bireylerde bazı morfolojik anormalliklere rastlanmıştır. Bu anormallikler, kıvrık kanatlılık, kanadın mızrak biçimini alması, kanadın vücuda yapışmış olması, püskül kanatlılık, kanadın abdomene yapışması, kanat körelmesi, segment eksikliği, segmentlerin kaynaşması gibi anormalliklerdir (Şekil 4).



Şekil 4. 6B maddesinin morfolojik karakterler üzerine etkileri (a-Her iki kanat mızrak, b-İki kanat üst üste yapışık ve kıvrık, c-Her iki kanat kırık, d-Sağ kanat kıvrık)

3.4. 6B maddesinin F₁ neslinde anormal birey sayısına etkisi

F₁ neslinde gözlenen anormallikler ve yüzdeler oranlarına ait veriler Tablo 3'te sunulmuştur.

6B maddesi içeren tüm deney gruplarında gözlenen anormal birey oranı negatif kontrol grubu ile karşılaştırıldığında aradaki önemlidir ($p < 0,01$).

6B maddesi içeren üç konsantrasyonun (0,85 µl, 1,706 µl ve 3,41 µl) anormal birey sayıları, pozitif kontrol grubu (NaAsO₂) ile karşılaştırıldığında aradaki fark istatistiksel olarak $p < 0,01$ düzeyinde anlamlı bulunmuştur. Çözücü kontrol grubu içeren besiyeri içerisindeki 2042 bireyin %2,30'u fenotipik anormallik göstermiştir ve bu oran negatif kontrol grubu ile karşılaştırıldığında aradaki fark istatistik açıdan önemlidir ($p < 0,01$).

Tablo 3. 6B maddesinin F₁ neslinde anormal birey sayısına etkisi.

Gruplar	Normal	(%)	Anormal birey Sayısı	(%) Anormal Birey Yüzdesi	Toplam	Grup Karşılaştırma	Standart Sapma	Z Değeri
0,85 µl	2351	98,2	43 (G1)	1,80	2394			0,415
						(G1-G2)	0,0038	0,841
						(G1-G3)	0,0038	-
						(G1-G4)	0,0075	3,584*
						(G1-G5)	0,0042	*
						(G1-G6)	0,0060	1,176
1,706 µl	2101	98,37	35 (G2)	1,63	2136			0,418
						(G2-G3)	0,0038	-
						(G2-G4)	0,0075	3,791*
						(G2-G5)	0,0043	*
						(G2-G6)	0,0061	1,546
								6,309*
3,41 µl	2006	98,52	30 (G3)	1,48	2036	(G3-G4)	0,0075	-
						(G3-G5)	0,0042	4,017*
						(G3-G6)	0,0060	*
Pozitif Kontrol (NaAs ₂)	829	95,5	39 (G4)	4,50	868	(G4-G5)	0,0077	1,942
						(G4-G6)	0,0088	6,614*
Çözücü Kontrol (DMSO)	2042	97,7	48 (G5)	2,30	2090	(G5-G6)	0,0062	*
Negatif Kontrol (Su)	1714	94,60	98 (G6)	5,4	1812			4,986*

*p<0,05; **p<0,01

3.5. 6B maddesinin F₂ neslinde anormal birey sayısına etkisi

F₂ nesli gözlemleri esnasında da hem deney hem de kontrol grubunda bazı morfolojik anormalliklere rastlanmıştır.

6B maddesi içeren tüm deney gruplarında anormal birey sayısı düşük ve negatif kontrol grubu ile karşılaştırıldığında aradaki fark istatistik açıdan anlamlıdır. Çözücü kontrol grubunda da anormal birey oranı negatif kontrol grubuna göre düşük ve fark istatistik açıdan önemli bulunmuştur. F₁ neslinde gözlemlendiği gibi F₂ neslinde de negatif kontrol grubu en fazla anormal birey yüzdesine sahiptir (Tablo 4).

Tablo 4. 6B maddesinin F₂ neslinde anormal birey sayısına etkisi.

Gruplar	Norma l	(%)	Anorma l birey Sayısı	(%) Anorma l Birey Yüzdesi	Topla m	Grup Karşılaştırm a	Standart Sapma	Z Değeri
0,85 µl	2355	96,60	83 (G1)	3,4	2438			-
								2,876*
						(G1-G2)	0,0061	*
						(G1-G3)	0,0062	-2,236*
						(G1-G4)	0,0070	-2,185*
						(G1-G5)	0,0045	-
(G1-G6)	0,0067	3,432*						
1,706 µl	1906	94,82	104 (G2)	5,18	2010			4,192*
								*
						(G2-G3)	0,0070	0,539
						(G2-G4)	0,0076	0,339
						(G2-G5)	0,0056	-
						(G2-G6)	0,0074	5,940*
3,41 µl	1727	95,2	87 (G3)	4,80	1814			*
								1,382
						(G3-G4)	0,0077	-0,155
						(G3-G5)	0,0056	-
						(G3-G6)	0,0075	5,195*
								*
Pozitif Kontrol (NaAsO ₂)	1296	95,09	67 (G4)	4,91	1363			1,879
						(G4-G5)	0,0064	-
						(G4-G6)	0,0081	4,768*
Çözücü Kontrol (DMSO)	2690	98,13	51 (G5)	1,87	2741			*
						(G5-G6)	0,0061	7,059*
Negatif Kontrol (Su)	1752	93,80	116 (G6)	6,2	1868			*

*p<0,05; **p<0,01

3.6. 2E maddesinin F₁ neslinde birey sayısına etkisi

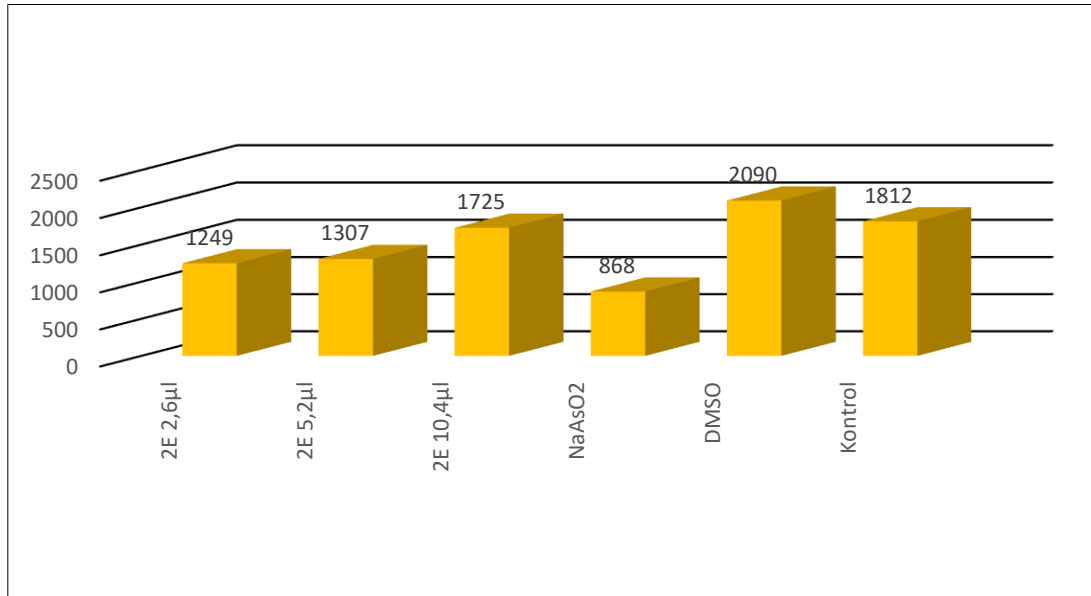
F₁ neslinde 2E maddesi içeren deney gruplarında konsantrasyon azaldıkça birey sayısında da azalma gözlenmiştir (Tablo 5). 10,4 µl'lik konsantrasyon hariç diğer deney gruplarında bu azalma istatistik açıdan anlamlıdır. DMSO grubundaki ergin birey sayısı negatif kontrol grubuna göre artmıştır ve bu bireyler negatif kontrol grubu ile karşılaştırıldığında aradaki fark istatistik açıdan önemli bulunmuştur (Şekil 5).

Tablo 5. 2E maddesinin F₁ neslinde birey sayısına etkisi.

Gruplar	Toplam	Grup Karşılaştırma	Standart Sapma	Z Değeri
---------	--------	--------------------	----------------	----------

2,6 µl	1249 (G1)	(G1-G2)	0,0085	-5,021**
		(G1-G3)	0,0089	-2,580**
		(G1-G4)	0,0101	-2,525*
		(G1-G5)	0,0079	5,974**
		(G1-G6)	0,0089	-1,825
5,2 µl	1307 (G2)	(G2-G3)	0,0068	2,923**
		(G2-G4)	0,0084	2,079*
		(G2-G5)	0,0056	0,822
		(G2-G6)	0,0070	-3,794**
10,4 µl	1725 (G3)	(G3-G4)	0,0087	-0,298
		(G3-G5)	0,0061	4,042**
		(G3-G6)	0,0074	-0,880
Pozitif Kontrol (NaAsO ₂)	868 (G4)	(G4-G5)	0,0078	2,834**
		(G4-G6)	0,0088	-1,032
Çözücü Kontrol (DMSO)	2090 (G5)	(G5-G6)	0,0062	-4,980**
Negatif Kontrol (Su)	1812 (G6)			

*p<0,05; **p<0,01

Şekil 5. 2E maddesinin F₁ neslinde toplam birey sayısı

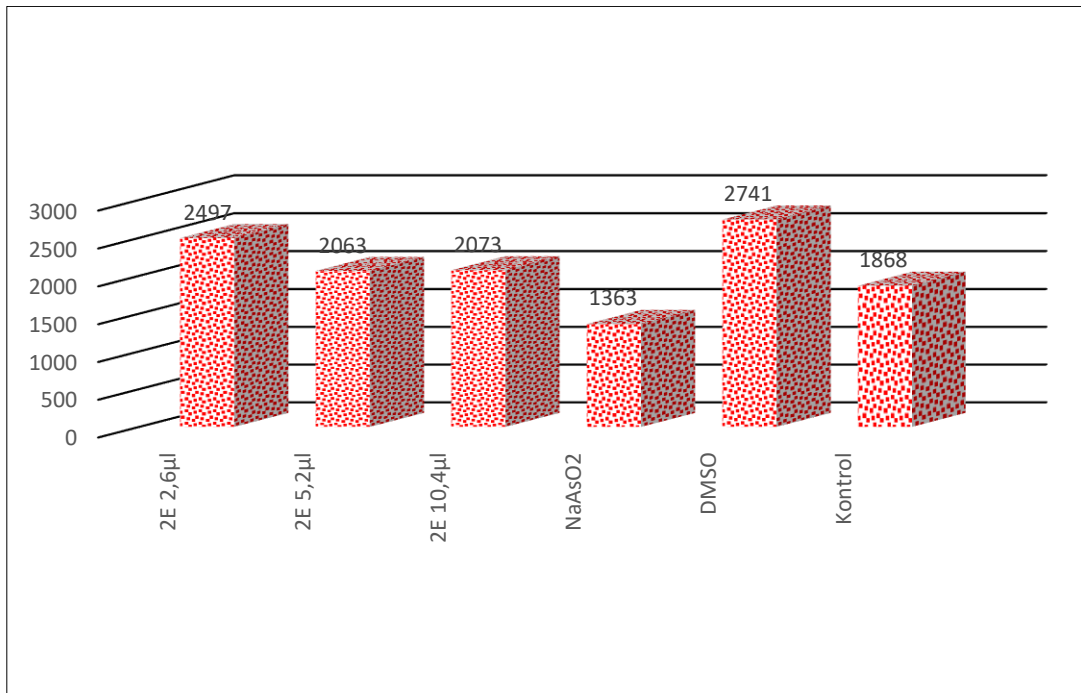
3.7. 2E maddesinin F₂ neslinde birey sayısına etkisi

2E maddesi uygulanan üç deney konsantrasyonunda da ergin birey sayısı negatif kontrol grubuna göre artmıştır ve bu artış konsantrasyon azaldıkça birey sayısında artma şeklinde gözlemlenmiştir (Şekil 6). Tüm konsantrasyonlardaki fark istatistik açıdan önemlidir. Bununla birlikte, 5,2 µl'lik konsantrasyonu ile çözücü kontrol grubu arasında da istatistik açıdan anlamlı bir fark ortaya çıkmıştır ($p<0,01$). DMSO grubundaki ergin birey sayısı negatif kontrol grubuna göre artmıştır. Ayrıca pozitif kontrol grubu ile çözücü kontrol grubu arasında istatistik açıdan anlamlıdır.

Tablo 6. 2E maddesinin F₂ neslinde birey sayısına etkisi.

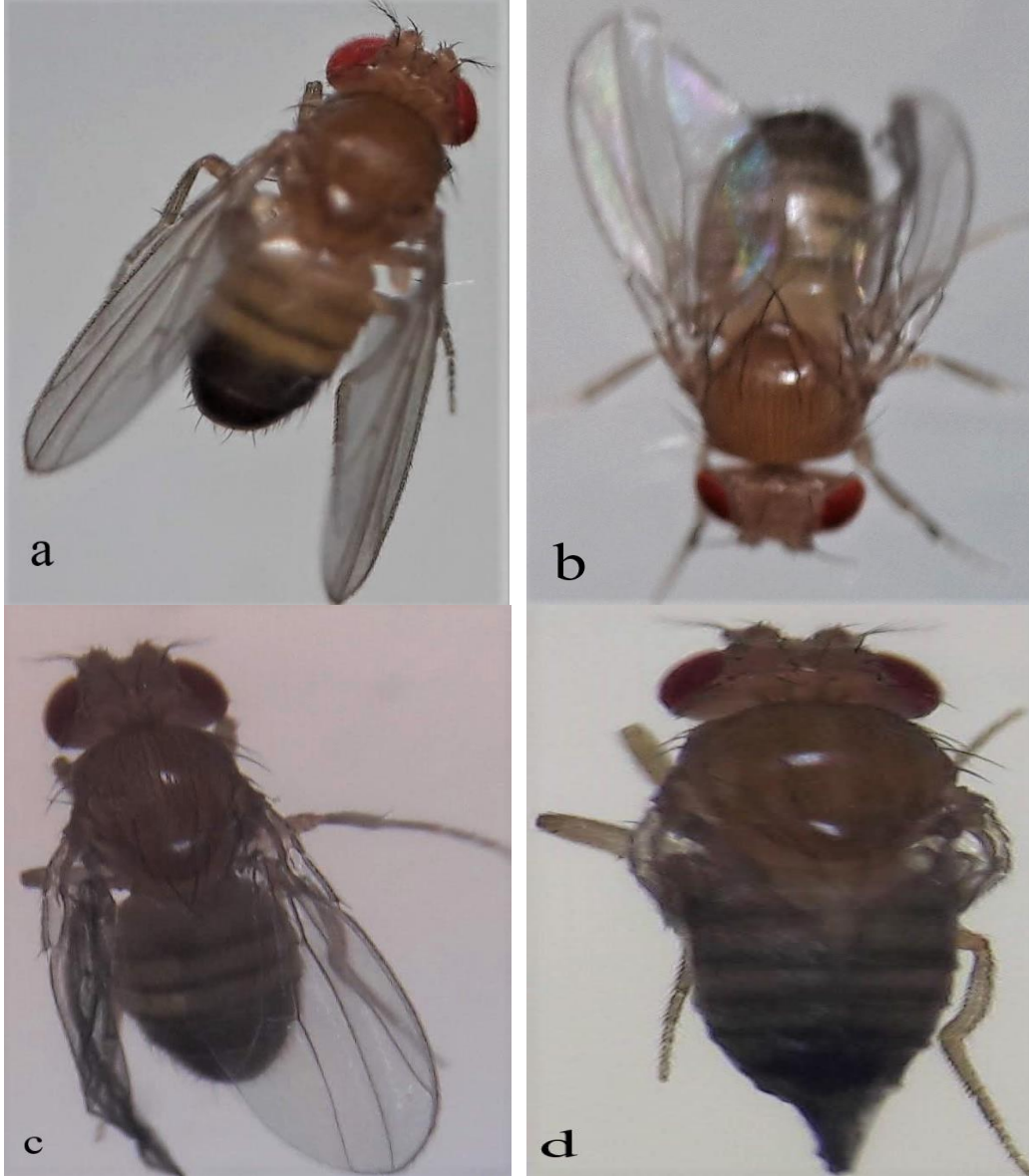
Gruplar	Toplam	Grup Karşılaştırma	Standart Sapma	Z Değeri
2,6 µl	2497 (G1)	(G1-G2)	0,0060	-2,648**
		(G1-G3)	0,0061	-1,902
		(G1-G4)	0,0073	-0,286
		(G1-G5)	0,0051	6,370**
		(G1-G6)	0,0071	-1,517
5,2 µl	2063 (G2)	(G2-G3)	0,0059	0,710
		(G2-G4)	0,0071	1,934
		(G2-G5)	0,0048	3,463**
		(G2-G6)	0,0069	-3,864**
10,4 µl	2073 (G3)	(G3-G4)	0,0072	1,322
		(G3-G5)	0,0050	4,176**
		(G3-G6)	0,0070	-3,197**
Pozitif Kontrol (NaAsO ₂)	1363 (G4)	(G4-G5)	0,0064	4,762**
		(G4-G6)	0,0081	-1,593
Çözücü Kontrol (DMSO)	2741 (G5)	(G5-G6)	0,0061	-7,052**
Negatif Kontrol (Su)	1868 (G6)			

*p<0,05; **p<0,01

Şekil 6. 2E maddesinin F₂ neslinde toplam birey sayısı

3.8. 2E maddesinin fenotipe etkisi

2E maddesi içeren besiyerinde gelişen bireylerde morfolojik anormalliklere rastlanmıştır. Bu anormallikler, kıvrık kanatlılık, mızrak kanatlılık, kanadın vücuda yapışmış olması, püskül kanatlılık, kanadın abdomene yapışması, kanat körelmesi, segment eksikliği, segmentlerin kaynaşması gibi anormalliklerdir (Şekil 7).



Şekil 7. 2E maddesinin morfolojik karakterler üzerine etkileri (a-Sağ kanat kırık, b-Sol kanat kırık, c-Sol kanat mızrak, d-Her iki kanat abdomene yapışık)

3.9. 2E maddesinin F₁ neslinde anormal birey sayısına etkisi

5,2 µl'lik konsantrasyonda gözlenen anormal birey oranı negatif kontrol grubu ile karşılaştırıldığında aradaki fark istatistik açıdan önemlidir (Tablo 7). Diğer madde uygulamalarında fark ortaya çıkmamıştır.

Tablo 7. 2E maddesinin F₁ neslinde anormal birey sayısına etkisi.

Gruplar	Normal	(%)	Anormal birey Sayısı	(%) Anormal Birey	Toplam	Grup Karşılaştırma	Standart Sapma	Z Değeri
---------	--------	-----	----------------------	-------------------	--------	--------------------	----------------	----------

Yüzdesi								
2,6 µl	1161	92,95	88 (G1)	7,04	1249	(G1-G2)	0,0085	5,025**
						(G1-G3)	0,0089	2,582**
						(G1-G4)	0,0101	2,527**
						(G1-G5)	0,0080	-
						(G1-G6)	0,0090	5,979**
								-1,826
5,2 µl	1271	97,24	36 (G2)	2,75	1307	(G2-G3)	0,0068	-
						(G2-G4)	0,0083	2,926**
						(G2-G5)	0,0056	-2,081*
						(G2-G6)	0,0070	-0,823
10,4 µl	1643	95,24	82 (G3)	4,75	1725	(G3-G4)	0,0087	0,298
						(G3-G5)	0,0061	-
						(G3-G6)	0,0074	4,047**
Pozitif Kontrol (NaAsO ₂)	829	95,5	39 (G4)	4,49	868	(G4-G5)	0,0077	-
						(G4-G6)	0,0088	2,837**
Çözücü Kontrol (DMSO)	2042	97,7	48 (G5)	2,29	2090	(G5-G6)	0,0062	4,986**
Negatif Kontrol (Su)	1714	94,60	98 (G6)	5,4	1812			

*p<0,05; **p<0,01

Çözücü kontrol grubu negatif kontrol grubu ile karşılaştırıldığında aradaki fark istatistik açıdan anlamlıdır. En yüksek birey sayısı DMSO uygulanan deney grubundadır buna rağmen, anormal fenotipli birey sayısı negatif kontrol grubuna göre düşmüştür.

3.10. 2E maddesinin F₂ neslinde anormal birey sayısına etkisi

5,2 ve 10,4 µl'lik konsantrasyonda anormal birey oranı düşmüştür ve aradaki fark istatistik açıdan anlamlıdır. Çözücü kontrol grubu negatif kontrol grubu ile karşılaştırıldığında aradaki fark istatistik açıdan anlamlı bulunmuştur (Tablo 8). F₂ neslinde en fazla anormal birey sayısı negatif kontrol grubunda görülmüştür.

Tablo 8. 2E maddesinin F₂ neslinde anormal birey sayısına etkisi.

Gruplar	Normal	(%)	Anormal birey Sayısı	(%) Anormal Birey Yüzdesi	Toplam	Grup Karşılaştırma	Standart Sapma	Z Değeri
2,6 µl	2369	94,87	128 (G1)	5,12	2497	(G1-G2)	0,0060	2,651**
						(G1-G3)	0,0061	1,904
						(G1-G4)	0,0073	0,286
						(G1-G5)	0,0051	-
						(G1-G6)	0,0071	6,379**
								1,518
5,2 µl	1990	96,46	73 (G2)	3,53	2063	(G2-G3)	0,0059	-0,711
						(G2-G4)	0,0071	-1,936
						(G2-G5)	0,0048	-
						(G2-G6)	0,0069	3,469**
							3,868**	

10,4 µl	1991	96,04	82 (G3)	3,95	2073	(G3-G4)	0,0072	-1,324
						(G3-G5)	0,0050	-
						(G3-G6)	0,0070	4,183**
Pozitif Kontrol (NaAsO ₂)	1296	95,08	67 (G4)	4,91	1363	(G4-G5)	0,0064	-
						(G4-G6)	0,0081	4768**
Çözücü Kontrol (DMSO)	2690	98,13	51 (G5)	1,86	2741	(G5-G6)	0,0061	7,059**
Negatif Kontrol (Su)	1752	93,79	116 (G6)	6,2	1868			

*p<0,05; **p<0,01

4. TARTIŞMA SONUÇ

Bu çalışma, sentezi yapılan yeni bir bileşik olan sulfonamid sınıfı potansiyel iki ayrı karbonik anhidraz inhibitörü hakkında ilk rapordur.

F₁ ve F₂ neslinde 6B maddesi üç konsantrasyonda da ergin birey sayısını arttırmıştır. Dolayısıyla her iki nesilde ergin birey sayısı açısından fertiliteye pozitif etki gösterdiği düşünülebilir. Öte yandan, yine her iki nesilde anormal birey sayısında azalma meydana gelmiştir. 6B maddesinin K_i değerine göre hazırlanan üç konsantrasyonun da hem ergin birey sayısında artma hem de fenotipik anormallikte azalmaya neden olduğu söylenebilir. Sonuç olarak, karbonik anhidraz inhibitörü olan 6B maddesi uygulandığında, her iki nesilde ergin birey gelişimine olumlu etki gözlenmiştir. Hem fertilitate teşvik edilmiş hem anormal birey oranı azalmıştır. Sülfonamidlerle ilgili *Drosophila* ile yapılan herhangi bir araştırmaya rastlanmamıştır. Yine de mevcut araştırmalarla literatür desteği yapılmıştır. *D. melanogaster*'de β-CA'nın oldukça aktif bir mitokondriyal enzim olup (Syrjänen vd., 2015a), gelişmekte olan yumurtadaki sınır hücre göçü için gerekli olduğu ve bu nedenle yumurta beslenmesi için, dolayısıyla *D. melanogaster*'in üremesi için gerekli olduğu gösterilmiştir. Hem gelişmekte olan hem de yetişkin sineklerde RNA enterferansı (RNAi)-kaynaklı gen susturma metodu kullanılarak ortaya çıkarılmış olan bu bulgu (Syrjänen vd., 2015b), bizim araştırmamızda kullanılan karbonik anhidraz inhibitörünün *Drosophila*'da yumurta, dolayısıyla ergin birey gelişimini olumsuz etkilemediğinin ispatıdır. Şayet karbonik anhidraz inhibisyonunun yumurta gelişimine toksik etkisi olsaydı, ergin birey sayısında düşme ve ergin birey fenotipinde anormallik oranı açısından istatistik artış ortaya çıkmalıydı. Bir başka araştırmada, aynı gruptan bir sülfonamid olan karbonik anhidraz inhibitörü 2B ve 2E test maddelerinin, *in vitro* insan periferik lenfositlerinde yüksek konsantrasyonda ve uzun süreli maruz kalmada sitotoksik olduğu, ancak klastojenik ve/veya mutajenik olmadıkları ortaya çıkmıştır (Şen vd., 2017).

Sülfonamidlerin böceklerde etkilerine dair araştırmalar, pestisit ve insektisit olarak kullanım için, LD veya /LC değerlerinin ortaya çıkarılması ile ilgili çalışmalarıdır. Beş karbonik anhidraz inhibitörünün (asetazolamid; brinzolamid; diklorfenamid; dorzolamid; metazolamid) *Aedes aegypti*'e karşı toksik ve nörofizyolojik etkileri olduğu, larvalarda toksisite ve felce yol açarak ölümcül olduğu, *D. melanogaster* larvalarında sinir ve kasta toksik etkileri olduğu ifade edilmiştir (Francis vd., 2017). Söz konusu çalışma bizim çalışma bulgularımızın aksini göstermektedir. Bunun nedeni konsantrasyonların farklı olması ile ilgili olabilir. Sözü edilen araştırmada kullanılan konsantrasyonlar 250-1000 ppm arasında kullanılmış olup, en düşük konsantrasyon (250 ppm) bizim araştırmamızda kullanılan en yüksek konsantrasyonun (8,5 µl) ortalama 3 katı kadardır. Benzer şekilde, del Pilar Corena vd. (2004), altı farklı sivrisinek türünün larvaları üzerinde bir karbonik anhidraz inhibitörü olan metazolamid ve asetazolamidi test etmiştir. LC₅₀ değerleri, metazolamid ve asetazolamidin sırasıyla 75 ve 70 ppm olduğu ve etkilerin karbonik anhidraz inhibisyonu ile ilgili olduğu ifade edilmiştir (Francis vd., 2017). Sözü edilen çalışmada kullanılan konsantrasyon bizim kullandığımız konsantrasyonun on katı kadardır. Bir başka araştırmada 4,7-dimetil-3,4,7,8-tetrahidro-3λ6- [1,2] tiazino [4,3-f] kinolin-3,3,8-trion, parazit *Setaria cervi*'nin yetişkinlerine denenmiş ve LD₅₀ konsantrasyonu ile (281.4 µM) ölümcül olduğu bulunmuştur (Mukherjee vd., 2018). Kullanılan konsantrasyon bizim deneyimizdeki en yüksek konsantrasyonun 30 katı kadardır. Bizim araştırmamızda kullanılan konsantrasyonun düşük olması ve bulgularımız bu durumda uyumludur. Bulgularımızı destekleyen bir başka araştırma da farelerde yapılmıştır. 2-(5-mercapto-1,3,4-oxadiazol-2-yl)-N-propylbenzenesulphonamide (MOPBS)

(1, 10, 50 ve 100 mg/kg konsantrasyonlarında uygulanmış; mide, böbrek ve karaciğer fonksiyonu ve kas kuvveti ve motor fonksiyonu üzerinde belirgin bir toksik etki yaratmadığı ifade edilmiştir (Rasheed vd., 2018). Dolayısıyla bizim bulgularımıza göre K_i değeri baz alınarak kullanıldığında toksik etki göstermemektedir. İnsanda denemeden önce yapılan bu *in vivo* araştırma sonucu olumludur diyebiliriz. Uygulanan molekülün fertilitiyeyi olumlu etkilemesi nedeniyle hayvancılıkta verim artışı çalışmalarının araştırılması faydalı olacaktır. Ayrıca biyolojik mücadelede kullanılmaya aday böceklerin üretiminde fertilitiyeye etkisinin araştırılması da faydalı olabilir. Şimdiye kadar yapılan çalışmalar F_1 nesliyle ilgili çalışmalardır. Dolayısıyla bu açıdan bu çalışma bu konuda bir ilktir. İlaç olarak kullanılacağı vakit F_2 ile ilgili araştırmalar yapılmalıdır. F_1 neslinde pozitif etki görülmesi umut verici olmasına rağmen F_2 neslinde gözlenen toksik etki nedeniyle diğer deney hayvanlarında da F_2 nesli verileri incelenmelidir. Sadece F_1 nesli üzerine araştırmalar yapılırsa sakat doğumlara neden olabilmektedir.

Gelişimlerini 2E maddesi içeren besiyerinde tamamlayan F_1 ve F_2 neslinde konsantrasyon azaldıkça birey sayısında azalma ortaya çıkmıştır. Dolayısıyla 2E molekülünün birey gelişimine olumsuz etki gösterdiği düşünülebilir. Öte yandan, deney gruplarında anormal birey sayısında azalma meydana gelmiştir. Sonuç olarak, karbonik anhidraz inhibitörü olan 2E maddesi uygulandığında, konsantrasyon düştükçe ergin birey sayısında düşme ve ergin birey fenotipik anormallik oranı açısından istatistik farklılık ortaya çıktığını söyleyebiliriz. Bulgumuzu direkt desteklemese de Silva ve arkadaşları (2015), antitümör aktiviteye sahip olabileceklerini ve ilaç etken maddesi olarak kullanılabileceklerini düşünerek sentezledikleri şalkon N-{4-[3-(4-nitrofenil)prop-2-enol]fenil} benzen sülfonamid türevlerinin genotoksitesini *in vivo* fare kemik iliği mikronükleus testiyle araştırdıkları çalışmada, bu bileşiğin polikromatik eritrositlerdeki MN frekansını önemli derecede arttırdığını ve bu sonucun genotoksik etkinin bir göstergesi olduğunu bildirmiştir. Yine Abou-Eisha ve arkadaşları (2004), antibakteriyel bir sülfonamid türevi olan sulfametoksazol'un nükleer bölünme indeksini düşürdüğünü ve sitotoksik etkili olduğunu bildirmiştir. Villar ve arkadaşları (2004), benzo[b]tiyofen 1,1-dioksit'in lipofilik yapıdaki sülfonamid türevlerinin insan tümör hücre hatları üzerinde sitotoksik aktiviteye sahip olduğunu bildirmiştir.

Mutajenik maddeler, canlıda hem kromozomal düzeyde hem de gen seviyesinde nokta mutasyonlara neden olabilmektedir. Sayısal kromozom değişikliklerini sitolojik olarak gözlemek mümkündür, fakat nokta mutasyonlar ancak fenotipte bir değişikliğin ortaya çıkmasıyla anlaşılabilir (Watson vd., 1987). Araştırmamızda gözlenen anormallikler (Şekil 2, 3), çok çeşitli genlerde meydana gelen nokta mutasyonlar (Lindsley ve Zimm, 1992) nedeniyle ortaya çıkmış olabilir. F_2 nesli maddeyle hiç temas etmemesine rağmen ortaya çıkan bu sonuç, ilgili moleküllerin epigenetik mekanizma ile genetik faktörleri etkilemiş olduğunu gösterebilir. Epigenetik değişimler, çevresel koşullarda gerçekleşen değişiklikler nedeniyle genetik yapıda yapısal olmayan ancak yine de kalıtsal değişikliklere neden olan düzenlemelerdir (Klug vd. 2018). Bu sonuç *in vivo* araştırmalarda F_2 neslinin de incelenmesi gerektiğini göstermektedir. Sonuç olarak, F_1 neslinde maruz kalınan madde, K_i değerinin üstündeki konsantrasyonda kalıtsal değişikliklere neden olarak, ergin birey sayısını düşürmüş, aynı zamanda teratojenik etkiye neden olmuştur diyebiliriz. Bu sonuç potansiyel ilaç hammaddelerinin *in vivo* araştırmalarda F_2 neslinin de incelenmesi gerektiğini göstermektedir.

Araştırmamızda ortaya çıkan hedef dışı bir bulgu ise pozitif kontrol grubunda (NaAsO_2) F_2 neslinin ergin birey sayısının tüm deney ve kontrol gruplarından daha yüksek oluşudur. Sodyum arsenitin F_2 neslinde fertilitiyeyi teşvik eden bir potansiyeli olduğu ifade edilebilir. Nitekim daha önce yaptığımız araştırmada da benzer bir sonuçla fertilitiyeyi teşvik ettiği ortaya çıkmıştır (Karataş ve Bahçeci, 2010b). Ayrıca arsenilik asitin besicilikte domuz ve kümes hayvanları yemine, gelişme ve büyümeyi hızlandırıcı ajan olarak ilave edildiği rapor edilmiştir (Friberg vd., 1986). Tüm bunlar birlikte değerlendirildiğinde sodyum arsenitin biyolojik mücadelede, arzu edilen böcek kültürünü çoğaltmak için, uygun bir ajan olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır.

Sonuç olarak; bu çalışmada kullanılan KA inhibitörü olan sülfonamid türevleri 6B ve 2E'nin toksik etkileri *in vivo* koşullarda araştırılmış ve 6B molekülünün etkisinin pozitif olduğu bulunmuştur. 2E molekülünün ise *Drosophila*'da gelişime etkisinin negatif olduğu ifade edilebilir. Fakat kesin bir sonuca varabilmek için farklı model organizmalarla da desteklenmelidir. Bu çalışmanın ilk olması, devamında gelecek diğer çalışmalara bir kaynak niteliğindedir.

Kimyasal ya da fiziksel ajanların toksikoloji testleri için farklı test yöntemleri ve farklı organizmalar kullanılması daha güvenilir sonuçlar ortaya çıkacaktır. Toplu olarak ele alındığında, yeni bir sülfonamid hakkındaki bu rapor, gelecekte umut verici bir terapötik ajan olabileceğine dair ipucu sunmaktadır. Tüm bu bulgular birleştirildiğinde 6B molekülünün ilaç olarak geliştirilmesi için *Drosophila* ile yapılan bu araştırma pozitif sonuçlar ortaya çıkarmıştır. Fakat güvenli bileşikler olduğunu söylemek için, yapılacak yeni çalışmalarda toksisite testlerinin

arttırılması gerekmektedir. Bu çalışma bu madde ile yapılmış ilk çalışma olması nedeniyle umut vermektedir, fakat kesin sonucu diğer deney organizmalarında ilave testler uygulandıktan sonra kesin karar verilebilir.

KAYNAKLAR

1. **Abou-Eisha A., Marcos R. & Creus A. (2004).** Genotoxicity studies on the antimicrobial drug sulfamethoxazole in cultured human lymphocytes, *Mutation Research*, 564(1), 51-56.
2. **Babu M.S.C. (2012).** *Synthesis, characterization and anticancer activity of novel sulfonamides.* SRM University, Faculty of Science and Humanities, PhD thesis.
3. **Badger, M. R. & Price G. D. (1994).** The role of carbonic anhydrase in photosynthesis, *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 45, 369-392.
4. **Demirci, T., Arslan, M., Bilen, Ç., Demir, D., Gençer, N. & Arslan, O. (2014).** Synthesis and carbonic anhydrase inhibitory properties of 1,3- dicarbonyl derivatives of methylaminobenzenesulfonamide. *Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry*. 29(1), 132-136.
5. **del Pilar Corena, M., Fiedler, M.M., VanEkeris, L., Tu, C., Silverman, D.N. & Linser, P.J. (2004).** Alkalinization of larval mosquito midgut and the role of carbonic anhydrase in different species of mosquitoes. *Comparative Biochemistry and Physiology - Part C: Toxicology & Pharmacology*. 137, 207-225.
6. **Doğanay, S. & Fırat P.G. (2007).** Carbonic Anhydrase Inhibitors. *Glo-Kat*, 2: 213-218.
7. **Francis, S.A.M., Taylor-Wells, J., Gross, A. & Bloomquist, J.R. (2017).** Toxicity and physiological actions of carbonic anhydrase inhibitors to *Aedes aegypti* and *Drosophila melanogaster*. *Insects*. 8, 2.
8. **Friberg, L., Nordberg, G.F. & Vouk, V.B. (1986).** Handbook On The Toxicology Of Metals, 2nd ed., Elsevier, Amsterdam, Holland.
9. **Fortini M.E., Skupski M.P. & Boguski M.S. (2000).** A survey of human disease gene counterparts in the *Drosophila* genome, *The Journal of Cell Biology*. 150, 23-30.
10. **Geldeard, L.J. (2009).** *Fundamental studies on 2,4,6-trichlorophenyl sulfonate esters.* PhD Thesis, University College London, Faculty of Mathematical and Humanities, England.
11. **Graf U., Schaik N.V. & Würzler F.E. (1992).** *Drosophila* Genetics. New York: SpringerVerlag.
12. **Imming, P., Sinning, C. & Meyer, A. (2006).** Drugs, their targets and the nature and number of drug targets. *nature reviews drug discovery*. 5(10), 821-834.
13. **İrende, İ. (2019).** *Lityumun karbonik anhidraz u enzim aktivitesi üzerine etkilerinin incelenmesi,* Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 577337.
14. **Jafari, M. (2010).** *Drosophila melanogaster* as a model system for the evaluation of anti-aging compounds. *Fly*. 4(3), 253-257.
15. **Karataş, A. & Bahçeci, Z. (2010a).** Sodyum arsenit ve krom (III) klorürün *Drosophila melanogaster*'in ergin bireylerinin morfolojisi üzerine etkileri. *Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*. 31(2), 1-21.
16. **Karataş, A. & Bahçeci, Z. (2010b).** Sodyum arsenit ve krom(iii) klorürün *Drosophila melanogaster*'in eşey oranı ve bazı gelişimsel özellikleri üzerine etkisi. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. 26(2), 102-111.
17. **Keser, D. & Karataş, A. (2012).** The effect of aspirin and acetaldehyde on egg fertility and development of *Drosophila melanogaster*. *Fressenius Environmental Bulletin*. 21, 685-694.
18. **Klug, W.S., Cummings, M.R., Palladino, M.A. & Spencer, C.A. (2018).** Genetik Kavramlar. Palme Yayınevi. Ankara. 681.
19. **Lindsley, D.L. & Zimm, G.G. (1992).** The Genome of *Drosophila melanogaster*. New York, Academic Press.
20. **Mann, T. & Keilin, D. (1940).** Sulphanilamide as a specific inhibitor of carbonic anhydrase, *Nature*. 146, 164-165.
21. **Mukherjee, S., Joardar, N., Mondal, S., Schiefer, A., Hoerauf, A., Pfarr, K. & Babu, S.P.S. (2018).** Quinolone-fused cyclic sulfonamide as a novel benign antifilarial agent. *Scientific Reports*. 8(1), 12073.
22. **Mukhopadhyay, I., Saxena, D.K. & Chowdhuri, D.K. (2003).** Hazardous effects of effluent from the chrome plating industry: 70 kDa heat shock protein expression as a marker of cellular damage in transgenic *Drosophila melanogaster* (hsp70-lacZ). *Environmental Health Perspective*. 111(16), 1926-1932.
23. **Pastarekova S., Parkkila S., Pastorek J. & Supuran T.C. (2004).** Carbonic anhydrases: current State of the art, therapeutic applications and future prospects, *Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry*. 19, 199-229.
24. **Piper, M.D.W., Skorupab, D. & Partridge, L. (2005).** Diet, metabolism and lifespan in *Drosophila*. *Experimental Gerontology*. 40, 857-862.
25. **Pipera, M.D.W. & Partridge, L. (2017).** *Drosophila* as a model for ageing. *Biochim Biophys Acta - Molecular Basis of Disease*. 1864 (9), 2707-2717.
26. **Potter C., Turenchalk S. & Xu, I. (2000).** *Drosophila* in cancer research-an expanding role, *Trends Genetics*. 16 (1), 3-39.

27. Rasheed H., Afridi, R., Khan, U., Ullah, M.Z., Khalid, S., Atiq, A., Kashif, H., Ahmed, M.N., Kim, Y.S., & Khan, S. (2018). Anti-inflammatory, anti-rheumatic and analgesic activities of 2-(5-mercapto-1,3,4-oxadiazol-2-yl)-N-propylbenzenesulphonamide (MOPBS) in rodents. *Inflammopharmacology*. 26(4), 1037-1049.
28. Silva C.R.E., Borges F.F.V., Bernardes, A., Perez, C.N., Silva, D.M. & ChenChen, L. (2015). Genotoxic, cytotoxic, antigenotoxic, and anticytotoxic effects of sulfonamide chalcone using the AMES test and the mouse bone marrow micronucleus test, *PLoS ONE*, 10(9), 137-148.
29. Suckow, B. K. & Suckow, M. A. (2006). Lifespan extension by the antioxidant curcumin in *Drosophila melanogaster*. *BioMed Research International*. 2(4): 401–405.
30. Syrjänen, L., Kuuslahti, M., Tolvanen, M., Vullo, D., Parkkila, S. & Supuran, C.T. (2015a). The α -carbonic anhydrase from the malaria mosquito *Anopheles gambiae* is highly inhibited by sulfonamides. *Bioorganic & Medicinal Chemistry*. 23, 2303-2309.
31. Syrjänen L., Valanne, S., Kuuslahti, M., Tuomela, T., Sriram, A., Sanz, A., Jacobs, H.T., Rämetsä, M. & Parkkila, S. (2015b). β carbonic anhydrase is required for female fertility in *Drosophila melanogaster*. *Frontiers in Zoology*. 12, 19.
32. Supuran, C.T. (2018). Carbonic anhydrase inhibitors and their potential in a range of therapeutic areas. *Expert Opinion on Therapeutic Patents*. 28(10), 709-712.
33. Şen, S., Berber, A. A., Demirci, T., Arslan, M. & Aksoy, H. (2017). Cytotoxic and genotoxic evaluation of some newly synthesized sulfonamide derivatives. *Fresenius Environmental Bulletin*. 26(3), 2243-2250.
34. Villar R., Encio I., Migliaccio M., Gila M.J. & Martínez-Merino V. (2004). Synthesis and cytotoxic activity of lipophilic sulphonamide derivatives of the benzo[b]thiophene 1,1-dioxide, *Bioorganic & Medicinal Chemistry*. 12(5), 963-968.
35. Watson, J.D., Hopkins, N.H., Roberts, J.W., Steitz, J.A. & Weiner, A.M. (1987). *Molecular Biology of The Gene*, The Benjamin-Cummings, California, USA.
36. Whittington D. A., Abdul Waheed A., Ulmasov B., Shah, G. N., Grubb J. H., Sly W. S. & Christianson D. W. (2001). Crystal structure of the dimeric extracellular domain of human carbonic anhydrase XII, a bitopic membrane protein overexpressed in certain cancer tumor cells. *PNAS*. 98(17), 95-9550.

A STUDY OF PAVEMENT MATERIAL USED ON MAIN TRANSPORTATION ROUTES OF TRABZON CITY

Filiz Doğan^{1*}, Öner Demirel²

¹ Atlas University, Department of Interior Architecture and Environmental Design, İSTANBUL

² Kırıkkale University, Fine Arts Department of Landscape Architecture, KIRIKKALE

Abstract

Urban pavement materials show variety because of growing population, changing technology, material options and changing life condition, social and cultural values of the time and materials which have functions and conditions of natural environment. Cost of the materials, availability and physical properties influence preference of the materials. The aim of this study is to research the change of urban pavement character from the 1900s to present in Trabzon city; put forward the conditions in different time periods; and determine the fact that the change in time and setting can fulfill the needs appropriately. Towards explaining the historical progress of ground coverings and its role in design, the photograph analysis was carried out and the historical process was evaluated in a way that can present the relations of ground covering with spatial identities. As a result of these evaluations, the change in the function and aestheticity of the ground in accordance with some needs in the course of time is being introduced. In this study, Trabzon city is dealt from past to today, flooring materials used in cityscape design is examined in terms of design criteria, by dealing the field of study that gives identity to the city on four main shafts, two as traffic routes, two as freed of traffic pedestrian ways, with the intent of presenting the past, carried value and properties of these four areas in the past, the change they undergo and what this change brings are studied, suggestions are made for better applications. The study area is studied mainly on four main axes. With the intent of enlightening the past, past values and properties of these four areas, the change and different design materials and suggestions are made for future applications. For seven different area groups that are determined existing due diligence is done and pavement material variety that are applied in these areas is presented.

Key Words: Historical urban streets , pavement materials, Trabzon city, urban open spaces, urban pavements

1. Introduction

Trabzon city has an important structure as natural, historical, archaeological, cultural and touristy aspects in the Eastern Black Sea Region. Trabzon is a significant transit center because of being located on the Silk Road since ancient times. Because of these properties, Trabzon is the largest shopping and commercial center of the region. The most effective tourism activity of Trabzon is cultural tourism. The city, has existed as a settlement since BC 2000, therefore has many historical remains of Roma, Byzantium and Ottoman era. When an urban area is evaluated in terms of its spatial and functional characteristics, the architectural features of the city, it's social, economic, and cultural values should also be evaluated. Trabzon was examined from physical and socio-cultural aspects as well as history of the city, it's location, population, climate, geographical structure, tourism and potential cultural heritage, socio-economic status.

When we look at the development of the city, it shows a linear growth along the state highway, parallel to the coast. One of the most important causes of this kind of settlement is that the sea forms a natural barrier and that rising topography to the South acts as a natural border. Another limiting factor in growth is valleys. Tabakhane and Zağanos Valleys on both of sides Ortahisar, the city's old center, and Değirmendere Valley on the East are the most obvious edges. In this study, Trabzon city was approached from a past to present perspective and urban pavement materials, used in urban landscape planning, were examined in terms of design criteria. The study area consists of two pathways and two traffic roads situated on the four main transportation routes. Values and characteristics possessed by these four study areas, changes and its results were investigated in order to shed light on the past and reach the best landscape applications. Tabakhane and Zağanos Valleys on both sides of the historical city center Ortahisar and east Değirmendere Valley are the most obvious boundaries. Another important fact that defined and formalized urban development is city center.

*Sorumlu Yazar (Corresponding Author):

Filiz DOĞAN; Atlas University, Department of Interior Architecture and Environmental Design, İstanbul-Turkey.

Geliş (Received) : 16.09.2021

Kabul (Accepted) : 31.12.2021

Basım (Published) : 31.12.2021

Former city center of Trabzon, Ortahisar has been replaced by Meydan with its neighborhood and three main streets namely Uzun, Maraş and Kunduracılar Streets, extending parallel to each other. The transportation routes of the selected study areas as Meydan and its neighborhood and Uzun Street, Maraş Street and Kunduracılar Street have ground covering materials which provide an identity for the city and determine its characteristics. The urban pavement character and its design are important for the definition of visual and functional usage features. The selected study area was divided into 7 different categories as Management areas, Institutional fields, Transport areas, Public spaces, Historical sites and Religious areas. 7 different groups and 48 sub-group were evaluated through a comparative analysis of the photos taken at different time periods to obtain change of usage and function of the urban pavement character. Graphics for the categories, which were evaluated through the date acquired, were formed. Photo analysis of urban pavement materials used in functional and changing aesthetic properties was done in order to determine their historical development, design and spatial identity relationships of the urban pavement materials and the historical process was evaluated. The first findings of the study are change and preferability of the urban pavement character in historical process and decisions in application process.

The subjects to be investigated through this research are the changing soil conditions and features depending on the time, the preferability of soil conditions in the historical process and the decisions taken during the implementations. When an overall evaluation is carried out, it can be said that natural stone platters that were directly laid on the ground in pre-republican period had contributed to the establishment of a natural view. In the post-republican period when the use of automobiles became widespread the endurance and resistance against pressure came to the foreground as a component not to be ignored in floor covering. Since people are in mutual interaction with their environment, they renovate themselves continuously to fit any purpose and this renewal has become the main element that forms, expanding of cities into broad areas along with Industrial Revolution, a new structure format in regard to conditions of industrial production, sheltering and transportation issues, modern urban environment, starting from the west. As a result of these actions, in the world and in our country, as it can be clearly seen in various cities, many significant features related to the city are lost.

Finally, within the scope of historical continuity, environmental characteristics and environmental identity are disrupted and humanistic scale is lost (Velioğlu, 1994). With a well planning, it is possible to make cities livable. Urban planning is a balance between sociable, aesthetical, functional and ecological requirements and preferences. In spite of floor coverings are important factors in landscape designing, they constitute the backbone of landscape plans (Seçkin, 1997). When defining floor covering, that is, for what purpose it will be used. The first condition of being usable is that the floor covering is selected and applied in a suitable purpose (Berksun, 1976). Yücesoy (1998) describes floor coverings as elements that form the ground planes of a planning or as important design elements that are paved atop of floor and any kinds of function can be done on. Due to their aims, thinking and creating abilities, people change in time, depending on people, societies, culture of people and societies. Therefore, people's actions based on their aims are also wide ranging and space-variant. According to Poete's theory of persistence plan features may be changed and deformed but its original remains the same. One of the assumptions underlying this theory is that city is an artificial environment and the other one is that its history is partially perceivable (Dülgeroğlu, 1995). Historical environments and hence the identities of the cities are changing negatively, a complex and eliminative, difficult to perceive environment, also in terms of society, is constituting, ancestral values, meanings and symbols that historical environments add to the areas, cities where they are located are gradually becoming vague and even disappearing (Sözen, 1990).

While these environments having historical texture are contributing to the countries where they are located, in economic and socio-cultural terms, they also present signs of ancestral architecture, social, economic, technologic, cultural and suchlike data to the society (Ergüney, 2001). As a result of putting the historical environments of secondary importance amongst the new structuring, perceiving them becomes difficult and they become passive within the city (Sözen, 1990). In this case, taking the harmony of floor covering materials into consideration with historical texture and environment, depending on where they will be applied and so, ensuring consensus, making legibility of cities easier by creating continuity are topics that should not be ignored. In accordance with these statements, in this study, casting light on the floor covering materials which are applied in Trabzon city that has a historical identity, from past to present, presenting the change and what change have brought, determining the success level of the applications and the factors that affect the applications, are aimed. In this study, Trabzon city is dealt from past to today, flooring materials used in cityscape design is examined in terms of design criteria, by dealing the field of study that gives identity to the city on four main shafts, two as traffic routes, two as freed of traffic pedestrian ways, with the intent of presenting the past, carried value and properties of these four areas in the past, the change they undergo and what this change brings are studied, suggestions are made for better applications.

2. Spatial development of the city

We see the first Turkish districts that are originated again at the whole of the current Ortahisar, partially Pazarkapı and Çarşı in A.D 2000 – A.D 50, Çarşı, Kemer kaya and İskenderpaşa in A.D 50 – A.D 395, Hızır bey, Gülbaharhatun in A.D 395 – A.D 1204, Yenicuma and Cumhuriyet districts in A.D 1204 – A.D 146, after A.D 1461 at the area where Gülbahar district's south region and Erdoğan district's north region combine in the Ottoman period. (Özbilen, 1997). In between 1800 and 1900's the whole of the Gazipaşa district, certain parts of Cumhuriyet and Çömlekçi no. 1 districts, in between 1900 and 1923's certain parts of Boztepe, Ayasofya, Kavakmeydan, Yenicuma and Erdoğan, it is seen that the development of settlement in Republic of Turkey period after 1923 is towards Boztepe, Ayasofya, Yenicuma, Kavakmeydan, Kurtuluş, Yalı, Bahçecik, Çömlekçi and Zafer districts (Özbilen, 1997).

2.1. The change in urban open spaces from 1923 until today

In Trabzon, primarily Uzunsokak and Kunderacılar Street with Maraş street that was put into service during World War One and The Square draw attention (Çapa ve Çiçek, 2004). Uzunsokak, as it is today, was one of the Trabzon's busiest streets also in the previous periods. This narrow street that goes back to Kavak Square has both sides surrounded with trading houses, institutions, schools (Çapa ve Çiçek, 2004).



Fig. 1. Uzunsokak (1930 and after) (Kardeş, 2006; Sümerkan, 2008; Bölükbaşı, 2006)

In advance of 1921 regional election, a newspaper reader named Kamuran penned an article describing infrastructure where the city is located and despite the fact that the Square market forms a busy main line street that is used by all civics, villagers, guests and pass-byers, its stones are removed and got loose and it is a path where, at some of its parts there is nothing, it has downhill, slopes, potholes where rainwater accumulates, like a sea of mud. Even though parqueting of the street at the west side of The Square Park in 1924 started; slow progress of the operation caused complaints to form again (Çapa ve Çiçek, 2004).



Fig. 2. The Square (1930, 1940, 1950 and 1960's) (Kardeş, 2006; Sümerkan, 2008; Bölükbaşı, 2006)

There are many shops, tailor's workshops and one movie theater at Kunderacılar Street (Çapa ve Çiçek, 2004).



Fig. 3. Kunderacılar Street (1900 and 1930's) (Kardeş, 2006; Sümerkan, 2008)

Zağanos (Atapark) also was Trabzon's one of the most well-known squares. Zağanos Square was the first and the last meeting location for public demonstrations held during the National Struggle period (Çapa ve Çiçek, 2004).



Fig. 4. Atapark (1910's) (Kardeş, 2006)

The location where the water, which is brought to the city, distributed, later would be called "Taksim" among the community (Çapa ve Çiçek, 2004).



Fig. 5. Taksim Square (1950's) (Kardeş, 2006)

Zağanos Bridge, links Zindan Gate and İmrate Gate, between Ortahisar and Atapark localities. At the bridge piers, craftsmanship from Roman and Byzantine era is seen (Karpuz, 1993).



Fig. 6. Zağnos Bridge (1930's) (Kardeş, 2006)

Ortahisar, where the state house is located in constitutional period, appears as a district that mostly civil servants live in (Çapa ve Çiçek, 2004).



Fig. 7. Ortahisar (1960's) (Kardeş, 2006; Sümerkan, 2008; Bölükbaşı, 2006)

2.2. Planning Date of the City

Planned Period Development: In Turkey, Municipal Administrations in modern sense started to being formed according to 1846 Province Regulations. In the first Trabzon Provincial Annual that was published in 1869, municipal administration took place (Trabzon Municipality, 2009).

In the Republic period, to put the urbanization in the country into order and to govern it, instead of the 1882 dated Enbiye Law published in Ottoman period, 2290 numbered Construction and Road Law was published in 1933 (Özbilen, 1997). To provide construction activities, planners from Germany and France were invited. French planner Lambert who come to our country for planning works, later would be assigned for construction plan work of Trabzon and Erzurum (Tekeli, 1980).

Depending upon 1939 Final Report created by Lambert, Urban Arrangement Program consists of 7 main topics (Trabzon Public Works and Engineering, Lambert 1939 Plan of Trabzon Final Report): 1- Examination and circulation of roads 2- Public services 3- The division of the city's development direction 4- Green fields, gardens, parks, sanitary and aesthetic areas 5- Protection of ancient monuments and programming of the new 6- Urbanism direction and regulation 7- Exercise program of the plan. Rapid urbanization process that was started in 1950's in our country, created the need to make new legislative regulations on construction plan production and application methods (Duyguler, 1989).

Development structure of Trabzon city forms a structuring concentration texture at the edges. Increasing of trade activities in the city provides transit trade to grow and concentrated use of state coast road (Özbilen, 1997). Coast road is opened to traffic as a state road in 1966 (Trabzon, 2006). Construction of Tanjant road started in 1985 by 10th Regional Directorate of Highways, completed in 2005. Putting Tanjat road into service also contributed urban development to a considerable extent (Trabzon, 2006).

When we take a look at the Trabzon's urban development, throughout the state highway that is located in parallel with coast, it is seen that the city shows a linear development. Impact of natural restraint at the city's north to be sea and increasing of topography towards the south, right after the sea, to create a natural threshold is major for the development to occur in this direction.

Valleys are also another factor that restricts the development. Tabakhane and Zağanos valleys that are at both sides of Ortahisar, which is the old center of the city, with Değirmendere valley at the east, are the most significant thresholds (Özbilen, 1997). In today, Tanjant and Coast Roads are the alternative roads leading to the main arterial road. Defining and shaping the urban development other main factor is the city center. At first, it is seen that the center develops throughout the old main transportation artery, afterwards moves towards other roads that take the main transportation artery task (Özbilen, 1997). Trabzon city center moved from Ortahisar to The Square and towards Uzun Street, Maraş Street and Kunduracılar Street located parallel to each other.

3. Material and Method

The Square Park and its surroundings that come to the fore as areas where the change of flooring materials used in urban settlement of Trabzon, in historical process, is significantly sensed, Kunduracılar Street, Maraş Street and Uzun Street, that are consecutively sequencing and parallel to the sea, located in the center of the city and are the witnesses of many social, cultural, and historical events from past to present, and as for today, featured as significant trade and urban transportation axes, Ortahisar, which gave service as historic city hall and Trabzon Governorship and its surroundings, form the boundaries of the study area of status hall.

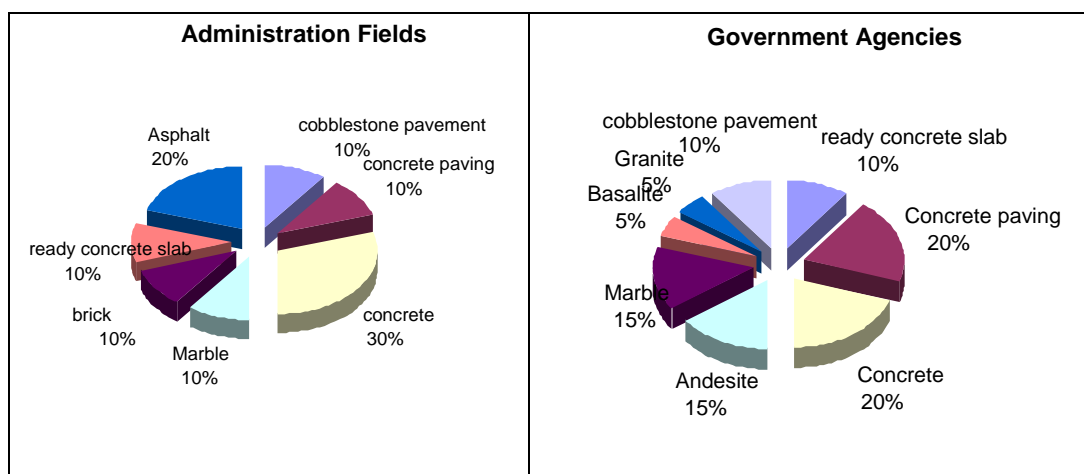


Fig. 8. Field of study, Trabzon city satellite image

With the purpose of determining the physical and functional properties of flooring material in the fields of study, field operations are done, photographs that are taken in different years from 1900's to today are evaluated and analyzed via interpreting. As for today; flooring material variance in current situation is presented. In this study, in the area of Trabzon city which is chosen as the field of study (The Square Park and its immediate surroundings with Kunduracılar Street, Maraş Street and Uzun Street transportation axes), determining visual and functional usage properties of floor covering characteristics and compositions that gain importance as factors which give identity to the city and identify the characteristics of the city, presenting the state of floor coverings in current situation and the relationship of floor characteristics with change, is questioned in terms of historical process from 1900's to today. Areas located at the hall that is specified as the field of study are evaluated in seven different categories as Administration Fields, Institutive Fields, Transportation Fields, Public Fields, Historical Fields and Sacred Fields. Each category is divided into its subgroups.

4. Findings

To present the usage of floor covering characteristics at seven different field groups and 48 subgroups and the temporal change in the direction of the function they undertake, a research, based on comparative analysis of the photographs taken in different periods of time, is planned. In this study, the first identifications to take into consideration, floor characteristics and properties that show temporal changes, preferences of floor characteristics within historical process and decisions taken within the application period form the topic titles under discussion. With this study, justifications and marks of this change are attempted to be searched by questioning the flooring materials, which have different shape, texture, color, size and material variance, exist in the fields of study of Trabzon city, within the historical process.



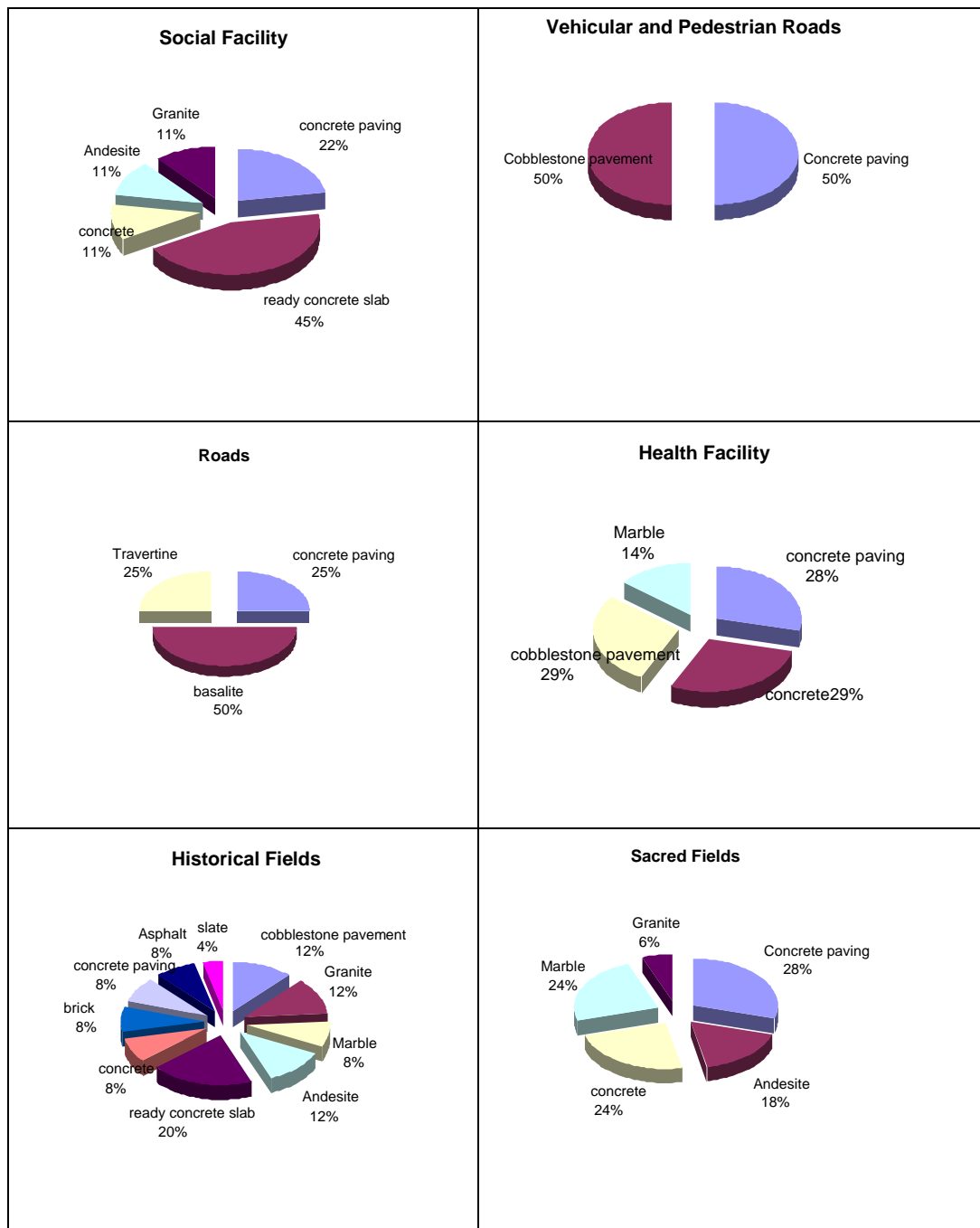


Fig. 9. Physical Data Regarding Fields

While concrete floor covering is mostly preferred at the administrative fields, it is detected that at the parking lots, asphalt is mostly used. It is detected that at the government agencies, as floor covering, concrete paving block, concrete, marble and andesite are preferred to use. As for social facilities, it is detected that mostly concrete paving block and ready concrete slab paving stone is used. At transportation fields that are reserved for pedestrian and automobile traffic, it is detected that cobblestone pavement is used for car way and concrete paving block is used for sidewalks. At transportation fields that are freed from automobile traffic and reserved for pedestrian traffic; it is detected that basalite (Trabzon stone), travertine and concrete paving block are used. It is detected that at health facilities, concrete paving and concrete is preferred for garden pavement. It is detected that at historical fields, ready concrete slab, cobblestone pavement, granite and andesite floor coverings are mostly used historical fields.

At sacred fields, it is detected that mostly marble, concrete paving, concrete and andesite floor coverings are used.

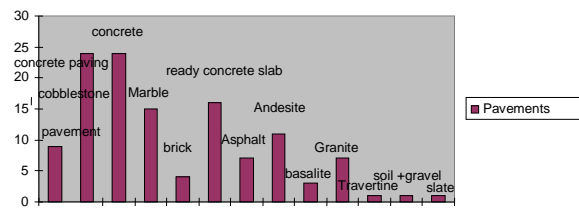


Fig. 10. Physical data regarding field of study flooring variance

Data obtained from photograph analysis, literature review and field work are processed to data table created in computer environment. Graphics are created for each category that is evaluated in accordance with the obtained data.

5. Conclusion

Even though Trabzon, that has historical texture, is a significant transit and trade center of the region, it is detected that reconstruction issues related to flooring are not solved as economic development is under the desired level. In 1927, natural stone flag is applied directly on dirt surface locally and this contributed a natural appearance to take shape. At post-Republic period when automobile driving recently became common, durability and strength in compression also shows as a factor for floor coverings that should not be ignored. Measure, texture, form and color of the used material, are put into shape by being chosen randomly and applying roughing stones, with no aesthetic concern whatsoever.

In 1930's, accelerating of the increase in the number of automobiles and the regulation works in front of the municipal authority, attract attention. With the Trabzon Plan that is carried out in 1930, it is understood that street and road regulation works started. A significant urbanization is seen in city population of Trabzon in Republic and post-Republic periods. Beginning from 1950's rapid urbanization period is started, extrusive stones that are natural stones, road reserved for usage of automobile traffic regulated as boast cut basaltite (cobblestone pavement), that is a combination of andesite and basalt which is called Trabzon stone among the community. It is detected that basaltite (Trabzon stone) which is a domestic material that is quite durable against external factors, abrasion resistant, cheap and long-lasting, is preserved until today.

The coarse-textured and small sized material provides a sense of trust and comfort on human psychology. It is shaped as rectangle and grey colored. It presents a cold appearance as color nevertheless, a natural appearance as well. It resists to acid and stains. Shows an application suits full re-design principle. It is detected that during historical process, Kunduracılar Street, which was home to many stores and shops, used as camel train in 1900's, dirt surface until proclamation of the republic and it was floored with natural stone flags around shops and buildings where two people would pass hardly side by side. 1923 and after boast cut basaltite (Trabzon stone) cobblestone pavement is floored.

Even though Uzun Street is one of the busiest streets of the city in today as in the past dates; it is detected that it has issues dirt surface and rain water left on the surface. It is detected that before the proclamation of the republic, Uzun Street, which was a dirt surface, was a significant passageway with many tradesmen it contains in itself in those years like in today. In 1930's, while Maraş Street was a dirt surface, regulation works to turn it into the major artery in east-west direction are started with 1939 planned period, 1950 and after, boast cut basaltite (Trabzon stone) is floored and preserved until today.

In 1900's, horse cart road around The Square Park is a dirt surface, on the same surface there are natural stone slabs with no ridge that satisfy the use of pedestrians. It is seen that in 1935, the pedestrian road located in the park is floored with quite cheap and easy to floor concrete, the area located in sitting places is floored with pebble stone flooring, in 1950's, the automobile road which surrounds the park is floored with cobblestone pavement and from 1960's pedestrian road is floored with easy to apply and cheap concrete. As for today in the park, cast concrete is applied instead of a uniform flooring.

The automobile road around Fatih Park, which its regulation works started in the end of the 1940's, was floored with cobblestone pavement in 1955, pedestrian road was floored with concrete and in 1960's it attracted attention that there were no changes both in automobile road and pedestrian road. As for today, cobblestone pavement flooring automobile road around the park is preserved since those years, pedestrian road showed a change as concrete interlocking paving stone and concrete.

A dirt surface at Atapark, which its regulation works started in the end of the 1940's, a rectangle pool surrounded with scrub plant groups and sitting elements (benches) that are leaned against green-fields attracted attention in those years. In the park where large concrete slabs are located, with the regulations done during the recent years, flooring stone is changed as floor brick which is terra-cotta based a material, andesite which is a natural stone, is applied in the stairs that lead to the park, the rectangle shaped pool gave its place to the circle shaped pool.

In 1910's, around Gülbahar Hatun Mosque, there were large natural stone slabs, in 1930's natural stone slabs are applied as floor covering. In today, using andesite which is a natural stone as floor covering, a consensus and harmony with Gülbahar Hatun Mosque which is a stone structure is obtained.

According to the present situation; it is observed that while in Administration Fields ready concrete slabs and concrete floor covering is dominant, in Governmental Agencies concrete, in Social Facilities ready concrete slabs, in Transportation Fields such as, in automobile roads cobblestone pavement and in pedestrian roads concrete paving block, in Health Facilities concrete, in Parks cast-in-place concrete, in Educational Fields concrete and ready concrete slabs, in Cultural Places ready concrete slabs, in Sacred Fields concrete paving block and in their courtyards andesite stone is dominant. It is detected that in flooring characteristics concrete floor covering is more dominant. In pedestrian roads concrete paving block, in automobile roads cobblestone pavement and asphalt, in parking lots asphalt floor covering is dominant. Floorings that show aesthetic characteristics as well as functionality can be preferred in the regulation works that will be done in the future. When all the fields are taken into consideration, dominant functional flooring usage is proved to be much cheaper and easier to apply for Trabzon city.

When floor coverings are examined, different kinds of flooring materials applied in fields and places intended for different activities and identities are encountered. While planning floor coverings for open spaces, designers ignore the requirements and preferences of people and evaluate the field, which will be planned, with the surrounding structure characteristics. As a result of this, applications that do not provide consensus and requirements of people occur. However; researches done in the recent years show that aesthetic seeking and visual quality also started to be taken into consideration. For an example; with the floor coverings applied in pedestrian transportation axes, continuity and orientation present an aesthetic appearance as well as they are functional. It is observed that measure, shape, texture and color that are suitable for design principles, stand out.

References

1. **Berksun, F., (1976).** Mekan Bileşenleri Tasarımında Malzeme Seçimi İçin Kullanıcı Gereksinmelerini Değerlendiren Bir Yöntem, (Space Components rank User Requirements for Materials Selection in Design Method) Doktora Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
2. **Bölükbaşı, A., (2006).** Anılarda Trabzon, (Trabzon in memories) 1. Baskı, Serander Yayınları Genel Dizi : 25, Trabzon.
3. **Çapa, M. ve Çiçek, R., (2004).** Yirminci Yüzyıl Başlarında Trabzon'da Yaşam, (Life at the Beginning of the Twentieth Century in Trabzon) Serander Yayınları, Trabzon.
4. **Duygulu, F., (1989).** İmar ve Şehir Planlama Mevzuatının Cumhuriyet Dönemi Türk Mimarlığına ve Şehir Planlamasına Etkileri, (Construction and Urban Planning of the Republic Period Turkish Architecture and Urban Planning Legislation Effects) TBMM, Ankara.
5. **Dülgeroğlu, Y., (1995).** Konut Mekanı Kavramının Tipolojik Temelleri (Typologic Fundamentals of Residential Space Concept)
6. **Ergüney, A. J., (2001).** Trabzon Kenti Gülbaharhatun Mahallesinde Klacıoğlu ve Şeyh Temel Sokakları Tipoloji Çalışması, (Trabzon City Gülbaharhatun Quarter N Main Street in Klacıoğlu and Sheikh Typology Study) Yüksek Lisans tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
7. **Kardeş, O. N., (2006).** Eski Fotoğraflarla Trabzon, (Trabzon with old photos) Albüm 4, Karadeniz Teknik Üniversitesi Eğitim Vakfı (KATEV) Yapımı No:3

8. **Karpuz, H., (1993).** Trabzon Mas Matbaacılık Ankara, 1990 Trabzon'da Türk Devri Hamamları, (Trabzon in Turkey Era Baths Trabzon)
9. **Özbilen, A., (1997).** Trabzon Kenti Kirlilik Boyutu Kapsamında Yeşil Alan Dağılımı ve Planlaması I, (Scope of the city of Trabzon Pollution Green Field Size Distribution and Planning I) KTÜ Araştırma Projesi, No: 95-113-003-1, Trabzon.
10. **Seçkin, Ö. B., (1997).** Peyzaj Yapıları II, (Landscape Structures II) ISBN 975-404-464-3, İ.Ü. Basımevi ve Film Merkezi, İstanbul.
11. **Sözen, M., (1990).** Kültür ve Tabiat Varlıklarının Korunmasında Sorunlar ve Olanaklar, (Challenges and Opportunities for the Protection of Cultural and Natural Heritage) Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurultayı, Bildiriler Kitabı, Ankara.
12. **Sümerkan, M. R., (2008).** Fotoğraf Arşivi (Photo Archive)
13. **Tekeli, İ., (1980).** Türkiye'de Kent Planlamasının Tarihsel Kökleri, (Historical Roots of Urban Planning in Turkey) Türkiye İmar Planlaması, ODTÜ, Ankara.
14. **Trabzon, (2006).** T.C. Trabzon Valiliği İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü,(Trabzon Provincial Culture and Tourism Directorate) Yapım A Grafik, Baskı Seçil Ofset-İstanbul, ISBN: 975-585-628-5
15. **Trabzon Belediyesi, (2009).** Trabzon Belediyesi Fen İşleri Daire Başkanlığı, (Trabzon Municipality)
16. **Velioğlu, S., (1994).** Türk Mekan Kültürüne Ait Örnekler Işığında Bazı Kavramlar ve Güncel Tasarımlara Yansımaları,(Space Belongs to the Turkish Culture Examples Some Reflections on Current Concepts and Design in Light), Mimarlık Dergisi
17. **Yücesoy, L., (1998).** Temeller Duvarlar Döşemeler,(Basics, Walls, Floorings) Yapı –Endüstri Merkezi Yayınları, İstanbul.