

MÜHENDİSLİK, MİMARLIK, TASARIMDA TEORİ, UYGULAMA VE ARAŞTIRMALAR



EDİTÖRLER

**Prof. Dr. Ali Rıza MOTORCU, Prof. Dr. Ashok JAMMI,
Dr. Öğr. Üyesi Senai YALÇINKAYA**

MÜHENDİSLİK, MİMARLIK TASARIMDA TEORİ UYGULAMA VE ARAŞTIRMALAR

EDİTÖRLER

Prof. Dr. Ali Rıza MOTORCU

Prof. Dr. Ashok JAMMI

Dr. Öğr. Üyesi Senai YALÇINKAYA

EDİTÖRLER

Prof. Dr. Ali Rıza MOTORCU

Prof. Dr. Ashok JAMMI

Dr. Öğr. Üye. Senai YALÇINKAYA

Güven Plus Grup A.Ş. Yayınları: 14/2022

20 ARALIK 2022

Yayıncı Sertifika No: 52866

E-ISBN: 978-625-7367-39-4

Güven Plus Grup A.Ş. Yayınları

Bu bilimsel kitabının her türlü yayın hakkı GÜVEN PLUS GRUP DANIŞMANLIK A.Ş. YAYINLARI'na aittir. Yayınevinin yazılı izni olmadan, bilimsel/akademik kitabın tümünün veya bir kısmının elektronik, mekanik ya da fotokopi yoluyla basımı, yayını, çoğaltımı ve dağıtımını yapılamaz. **Kitapta yer alan her bölüm ve makalenin sorumluluğu, görseller, grafikler, direkt alıntılar ve etik kurul ve kurum iznine yönelik sorumluluk ilgili yazarlara aittir. Bu yönde Oluşabilecek Herhangi Hukuki bir olumsuzlukta Yayınevi başta olmak üzere kitabın hazırlanmasına destek sağlayan kurumlar, kitabın düzenlenmesi ve tasarımından sorumlular kurum(lar) ve kitap editörleri, hakemler, düzenleme kurulu, bilim kurulu ve diğer kurullar ile yayınevi hiçbir konuda "maddi ve manevi" bir yükümlülük ve hukuki sorumluluğu kabul etmez ve etmesi istenemez; hukuki yükümlülük altına alınmaz. Her türlü hukuki yükümlülük ve sorumluluk "maddi ve manevi" yünden ilgili bölüm yazar(lar)ına aittir. Bu yöndeki haklarımızı maddi ve manevi yünden GÜVEN PULUS GRUP DANIŞMANLIK "YAYINCILIK" A.Ş. olarak ve kitap bilim/editörler kurulları adına saklı tutarız. Herhangi bir hukuki sorunda/durumda İSTANBUL mahkemeleri yetkilidir.** Güven Plus Grup Danışmanlık bünyesinde hazırlanan ve yayınlan bu eser ISO: 10002:2014-14001:2004-9001:2008-18001:2007 belgelerine sahiptir. Bu eser TPE "Türk Patent Enstitüsü" tarafından "Güven Plus Grup A.Ş.2016/73232" ve "2015/03940" nolu tescil numarası ile markalı bir eserdir. Bu bilimsel/akademik kitap ulusal ve uluslararası nitelikte olup, İstanbul Valiliği İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü İstanbul Basma Yazı ve Resimleri Derleme Müdürlüğü'nün Sayı: 37666426-207.01[207.02.02]-E.62175 Tarih: 21.01.2019 bilgileri ile resmi olarak belgelendirilmiştir. **"2019 yılı akademik teşvik kriterleri kapsamında olup, 17/01/2020 tarihi ve 31011 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan 16/1/2020 tarihli ve 2043 sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararı Uyarınca ilgili yayınlanan yönetmelik kapsamında değerlendirilmekte"** olup, akademik teşvik kriterlerini karşılamaktadır. Çok bölümlü ve yazarlı olan bu bilimsel kitabı E-ISBN'li olup Kültür Bakanlığı Milli Kütüphaneler tarafından ve 18 Farklı Dünya Ülkesiyle Anlaşmalı olan Milli Kütüphanenin E Erişim sistemi tarafından da taranmaktadır. Bu kitap maddi bir değer ile alınıp satılamaz. Kitap yer alan bölüm, makalelerden alıntı yapmak ve ilgili bölüm ile makaleye atfı yapılmak koşulu ile kaynak gösterilmek üzere bilimsel ya da ilgili araştırmacılar tarafından kullanılabilir. **Yayın evimiz ve kitap editörler kurulu kişisel verilerin korunması ve özel hayatın gizliliği kanunlarına uygun hareket eder. Bilimsel kitap bölüm yazarlarının da bu yönde hareket etmesini zorunlu kılar. Kişisel verilerin korunmasına ilişkin olarak işbu akademik/bilimsel kitabına sahip olan bireylerin ilgili kanun, yönetmelik ve uygulamalara göre hareket etmesi bir zorunluluktur. Bunun aksi hareket edenler hakkında oluşan hukuki, maddi ve manevi sorun ile zorunlulukları peşinen kabul etmiş sayılır.**

Metin ve Dil Editörleri

Doç. Dr. Gökşen ARAS (Türkçe – İngilizce)

Dr. Öğr. Üye. L. Santhosh KUMAR (İngilizce)

Kapak ve Grafik Tasarım

Öğr. Gör. Ozan KARABAŞ

Ozan DÜZ

Sayfa Düzeni

Burhan MADEN

Baskı-Cilt

GÜVEN PLUS GRUP DANIŞMANLIK A.Ş. YAYINLARI®

Kayaşehir Mah. Başakşehir Emlak Konutları, Evliya Çelebi Cad. 1/A D Blok K4 D29 Başakşehir İstanbul Tel:

+902128014061- 62 Fax:+902128014063 Mobile:+9053331447861

KİTAP İMTİYAZ SAHİBİ

GÜVEN PLUS GRUP DANIŞMANLIK A.Ş. YAYINLARI®

Kayaşehir Mah. Başakşehir Emlak Konutları, Evliya Çelebi Cad. 1/A D Blok K4 D29 Başakşehir İstanbul Tel:

+902128014061-62-63 - +905331447861 info@guvenplus.com.tr, www.guvenplus.com.tr

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	4
KENTSEL SOSYAL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİN SAĞLANMASINDA KAMUSAL MEKÂN TEMELLİ BİR YAKLAŞIM	6
<i>Şeyda AKÇALI, Arzu ISPALAR ÇAHANTİMUR</i>	
BURSA HANLARINDA MEKÂNSAL TERCİHLER, MEKÂN DİZİMİ VE İŞLEV ÜZERİNE BİR KARŞILAŞTIRMA	35
<i>Kemal Furkan ULUSOY, Süheyla BÜYÜKŞAHİN</i>	
TEMEL TASARIM KAVRAMININ İÇ MİMARLIK VE RESİM BRANŞLARI ÖZELİNDE DİSİPLİNLERARASI DEĞERLENDİRİLMESİ	53
<i>Damla ÇAĞAL TAŞDELEN</i>	
ANTAKYA MÜZE OTELİNİN YAPIM TEKNİĞİ AÇISINDAN İNCELENMESİ	84
<i>Ayşenur KARA, Ufuk Fatih KÜÇÜKALİ</i>	
ANTİBİYOTİK KİRLİLİĞİ VE SULARDAN ANTİBİYOTİK GİDERİMİ	111
<i>Belgin KARABACAKOĞLU</i>	
İSTANBUL TRAFİĞİ TESPİTLERİ VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ	139
<i>Mustafa ILICALI, Mahmut Esad ERGİN, Muhammed Melikşah ÇAKALOĞLU</i>	
ŞEKİL HAFIZALI ALAŞIMLARIN FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİ VE ŞEKİL HAFIZA EĞİTİM SÜREÇLERİ	155
<i>Sedat GÜVEN, Hasan GÖKKAYA, Ali Rıza MOTORCU, Gökhan SUR</i>	
SİSTEM TEMELLİ KAZA ANALİZ VE RİSK DEĞERLENDİRME METODU: FRAM	180
<i>Bilal MURAT, Ali Rıza MOTORCU</i>	
MODERN İMALAT TEKNİKLERİ VE YAKLAŞIMLARI	196
<i>Senai YALÇINKAYA, Alper ÖNER</i>	

ÖNSÖZ

Dünyamızda doğa, sağlık, sosyal vb. alanlarda birçok olumsuzluk yaşanırken bunların ve diğer problemlerin çözümüne yönelik olarak genel anlamda endüstride teknolojik gelişmeler zorunluluk halini almaktadır. Kalite rekabeti, konfor arzusu, korku ve endişenin de tetiklediği teknolojik gelişmeler, takipte zorlanılacak derecede ve çok sayıda yüzleştığımız bir gerçek olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu bağlamda yapılan akademik çalışmalar; kimi zaman açık erişimli siteler, kimi zaman da kongre, panel, süreli yayınlar ve bilimsel kitaplar şeklinde muhataplarıyla buluşturulmaktadır.

Biz de, birbirinden kıymetli akademisyenlerin araştırmalarını kapsayan on farklı bölümden oluşan “Mühendislik, Mimarlık, Tasarımda Teori, Uygulama ve Araştırmalar” adını verdiğimiz bu akademik kitap çalışması ile çorbada tuzumuz olsun istedik. Bu kitabı; yayınlarının önemli bir bölümünü akademik kitaplardan oluşan, Ulusal ve Uluslararası alanda nitelikli faaliyetleriyle oldukça saygınlık kazanmış olan “Güven Plus Grup A.Ş. Yayınları” aracılığı ile siz değerli bilim insanları ve endüstri çalışanlarının hizmetine sunuyoruz.

Bu kitap, birçok mühendislik, mimarlık, tasarım konuları ve deneysel çalışmalar ile uygulama yapılmış akademik konulardan meydana gelmiştir. Kitapta; kentsel sosyal sürdürülebilirliğin sağlanmasında kamusal mekân temelli bir yaklaşımdan başlayarak, temel tasarım kavramının iç mimarlık ve resim branşları özelinde değerlendirilmesine, şekil hafızalı alışımaların fonksiyonel özelliklerine, antibiyotik kirliliği ve sulardan antibiyotik giderimine, sistem temelli kaza analiz ve risk değerlendirmeye, modern imalat tekniklerine kadar birçok bölüm bulunmaktadır. Ayrıca, İstanbul trafiği tespitleri ve çözüm önerilerinin yanında

Bursa Hanları, Barınma ve Antakya Müzesi çalışmalarına kadar birçok önemli konuda değerli araştırma ve deneysel çalışmaları bulacaksınız.

Mühendislik, mimarlık ve tasarımın alanlarında teori, uygulama ve araştırmaya dayalı birçok ilgi çekici konulara değinilen bölümlerin yer aldığı bu kitabın, çok sayıda araştırmacının akademik çalışmalarına ışık tutacağına, Yükseköğretim Kurumu kataloglarında, kamu kütüphanelerinde ve kişisel arşivlerde oldukça değerli bir yer bulacağına inanıyoruz.

Uzun zaman alan ve büyük bir titizlikle yapılan çalışmaların sonucu olarak ortaya çıkan bu önemli eserin gerçekleşmesinde emeği geçen saygıdeğer editörlerimize, yazarlarımıza, hakemlerimize ve kitabımızı edinen siz sevgili okurlarımıza teşekkürlerimizi sunarız. Aralık 2022.

Prof. Dr. Ali Riza MOTORCU

Prof. Dr. Ashok JAMMI

Dr. Öğr. Üyesi Senai YALÇINKAYA

KENTSEL SOSYAL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİN SAĞLANMASINDA KAMUSAL MEKÂN TEMELLİ BİR YAKLAŞIM

Şeyda AKÇALI¹, Arzu ISPALAR ÇAHANTİMUR²

Öz: Kentsel sosyal sürdürülebilirlik, kentin insan etkileşimi ve iletişimi ile sosyal ve kültürel gelişimi için yaşanabilir koşulları uzun süreçteki sunabilme yeteneğidir. Sosyal sürdürülebilirlik, bireysel yaşam kalitesinin ötesinde toplumun kolektif işlevselliğinin devamlılığını ele almaktadır. Toplum ile ilişkisinden dolayı farklı disiplinler tarafından ele alınan sosyal sürdürülebilirliğin mimarlık alanındaki potansiyeli de yine birey ve toplum ile olan yakın ilişkiden kaynaklanmaktadır. Sosyal sürdürülebilirlik, günümüzdeki kentsel sorunların ele alınışında ve çözümünde eklettik bir paradigma olma potansiyeline sahiptir. Fakat, sosyal sürdürülebilirliğin tanımlanmasının, bileşenlerinin ve ölçüm kriterlerinin disiplin bağlamında gerçekleşmesi çeşitli teorik ve metodolojik zorluklar ortaya koymaktadır. Sosyal sürdürülebilirliğin felsefi, politik, toplumsal, coğrafi ve kültürel bağlamlardan etkilenmesi nedeniyle bileşenleri ve göstergeleri konusunda literatürde fikir birliği sağlanamadığı görülmektedir. Sosyal sürdürülebilirlik çalışmalarının ana eksenindeki konut ve çevresel sağlığı içeren temel ihtiyaçlar, eğitim, istihdam, eşitlik, insan hakları, cinsiyet, yoksulluk ve sosyal adalet gibi geleneksel kavramlardan; demografik değişim (yaşlanma, göç, mobilite), karma sosyal yapı, bağlılık, kimlik, yer duygusu ve aidiyet, yetki, katılım, erişim, sosyal sermaye, refah, mutluluk ve yaşam kalitesi gibi kavramlara doğru bir geçiş olduğu görülmektedir. Kamusal mekan ise çok yönlü yapısı gereği oldukça geniş bir kavram kümesi yaratmakta; teorik bağlamda araştırmalarda bazen çelişkili görüş

1 Serbest İçmimar, e-mail:seyda.akcali@gmail.com, Orcid No: 0000-0001-8850-2264

2 Uludağ Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, Bursa / Türkiye, e-mail: arzucahan@uludag.edu.tr, Orcid No: 0000-0002-5907-1773

ve tanımlara sebep olmasına rağmen, pratikte yapılabilecek bir çevre olarak sosyo-kültürel, politik ve çevresel kompleks özellikler sunmaktadır. Kamusal mekân; fiziksel ağlar ile gündelik hayatı destekleme, ticari aktivitelere erişim imkanı sağlama, fiziksel egzersiz, yenilenme ve rekreasyon için fırsatlar sunma, kültürel bağın kurulması ve toplumsal bütünlüğü destekleme, toplum içerisindeki sosyal bağ olumlu yönde etkileme, bireysel ve kolektif belleğin oluşturulması ve devam ettirilmesine katkı sağlama, karşılaşma ve ifade özgürlüğüne aracılık etme gibi birçok fonksiyona sahiptir. Nitelikli kamusal mekanın varlığı ekonomik ve çevresel büyümenin yanı sıra, bireysel ve toplum ilişkileri çerçevesinde bir araya gelme fırsatları sağlayarak kentsel yaşama olumlu katkılar sağlamaktadır. Toplumsal eşitsizliklerin azaltılması, sosyal içerme ve katılımın artırılması, aidiyet ve gurur duygusunun güçlendirilmesi ve sosyal refahın iyileştirilmesi kamusal mekanın bu katkılarında bazılarıdır. Kamusal mekanın nitelikleri sosyal sürdürülebilirlik ajandası içerisinde yer alan hedefler ve kavramlarla örtüşmektedir. Dolayısıyla, kamusal mekanların toplum üzerindeki etkisi nedeniyle sosyal sürdürülebilirliği etkileyen temel bir değişken olarak ele alınması ve bir araştırma alanı olarak yaklaşılması gerekmektedir. Bu çalışma, toplumsal ve sosyal hayatın temel aktörlerinden biri olan kamusal mekanların konut alanları kapsamında sosyal sürdürülebilirliğin sağlanmasındaki temel bileşenlerini ve katkısını ortaya çıkarmaktadır. Bu bağlamda, aralarındaki ilişkinin belirlenmesi için, literatürdeki sosyal sürdürülebilirlik göstergeleri araştırılarak kamusal mekân ile örtüşen temel bileşenler erişilebilirlik, sosyal altyapı, aidiyet, komşuluk, güvenlik ve katılım olarak tespit edilmiştir. Dönüşümsel yaklaşım ile sosyal sürdürülebilirlik ve kamusal mekan arasındaki ilişki kavramsallaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kamusal Mekân, Sosyal Sürdürülebilirlik, Konut Alanları, Erişilebilirlik, Sosyal Donatı, Açık Mekan

GİRİŞ

Kamusal mekân gerek ekonomik ve çevresel kalkınmaya gerekse insan ve toplum ilişkileri bağlamında bir araya gelme fırsatları sunarak kent hayatına olumlu yönde katkı sağlamada önemli bir mekanizmadır. Çağdaş kamusal mekânın tasarımı, değişimi, önemi ve yönetimi gibi birçok farklı odakta tartışmaya sebep olmaktadır. Günümüzde pratik bağlamda kent hayatındaki kamusal mekâna dair meselelere bakıldığında, özellikle açık mekân ve yeşil alanların yetersizliği, zayıf erişilebilirlik,

sosyal altyapı ve günlük aktivitelere yönelik mekânların eksikliği, mevcut kamusal mekânların farklı kullanıcı gruplarına yönelik ihtiyaçlara cevap verememesi kamusal mekanın sosyal ve toplumsal katkılarının azaldığı görülmektedir. Dünyanın birçok ülkesinde ve kentinde müşterek yaşanan bu farkındalık neticesinde herkesin güvenli ve kapsayıcı kamusal mekânlara ve yeşil alanlara erişimini sağlamak küresel sürdürülebilir kalkınma amaçları arasında da yer almaktadır (Birleşmiş Milletler, 2015).

Günümüzde sosyal olarak sürdürülebilir kentler inşa etmek küresel ajandanın da önemli hedeflerinden biri haline gelmiştir. Yetersiz planlama ve yönetim sonucu kentleşmenin kamusal mekanlar ve topluluklar üzerindeki olumsuz etkileri sebebiyle herkes için sürdürülebilir kentler ve yerleşimlerin hedeflenmesi (UN General Assembly, 2017), kırılğan ve dezavantajlı gruplar başta olmak üzere kamusal mekanlara erişimin sağlanması (Cumhurbaşkanlık Strateji ve Bütçe Başkanlığı, 2019), kentlerin gelişme eksenleri kapsamında yaşam kalitesinin yükseltilmesi için kentsel yaşamın ve erişilebilirliğin iyileştirilmesi ve güçlü toplumlar yaratılması (İzmir Kalkınma Ajansı, 2015) gibi hedefler kamusal mekanların sosyal sürdürülebilirlik ile yakın ilişkisine ve önemine dair uluslararası, ulusal ve yerel kamuoyunun farkındalığını yansıtmaktadır. Günümüzde kentsel ve kamusal mekanların fiziksel tasarımının ortaya koyduğu sosyal sonuçlar ve topluluklar üzerindeki etkisi nedeniyle içinde pek çok mücadele konusu barındıran sürdürülebilir kent ve topluluklara erişme küresel hedefindeki sosyo-mekansal ve sosyo-psikolojik problemleri net bir şekilde yansıtan kamusal mekanlar, bu problemlerin çözümüne yönelik çalışmalar için önemli bir bakış açısı sağlamaktadır.

Sosyal sürdürülebilirlik kavramı, son yıllarda sürdürülebilir kalkınma çerçevesinde büyük ilgi ve önem kazanarak sürdürülebilirliğin ana boyutlarından biri olarak kabul görmektedir. Bununla birlikte, sürdürülebilirlik söylemindeki diğer birçok teori gibi, sosyal sürdürülebilirlikte de teorik ve metodolojik formülasyonu konusunda fikir birliği sağlanamamaktadır. Sosyal sürdürülebilirliğin kronolojik gelişiminin bağlamsal analizi yapıldığında, eşitlik, içerme, adalet ve yoksulluk gibi geleneksel temalara, sosyal uyum, yer duygusu, sosyal etkileşim ve kimlik gibi daha az ölçülebilir nitel kavramların da dahil edilerek düşünce

havuzunun genişlediği görülmektedir. Literatürdeki fikirler, hedefler ve temalar önemli ölçüde farklılık gösterse de sosyal sürdürülebilirlik, fiziksel çevrenin tasarımı, bu mekanlarda yaşayan insanların birbirleri ile etkileşimini ve bir topluluk olarak nasıl işledikleri konusundaki odakları birleştirmekte (Bacon vd., 2012); bireysel yaşam kalitesinin ötesinde toplumun kolektif işlevselliğinin devamlılığını da ele almaktadır (Polese ve Stren, 2000).

Kentsel mekanda sosyal sürdürülebilirlik ile ilgili yapılan çalışmaların daha çok konut bağlamında ele alındığı ve kentsel biçim, konut yoğunluğu, konut tipi ve karma kullanım gibi parametreler aracılığıyla sosyal sürdürülebilirliğin değerlendirilmeye çalışıldığı görülmektedir. Literatürdeki bu çalışmalarda, kamusal mekanın insan ve toplumla olan ilişkisine ve sosyal boyutuna dair çeşitli vurgular yapılmasına rağmen kamusal mekanların bir araştırma alanı veya değişken olarak doğrudan ele alındığı çalışmaya rastlanılmamaktadır. Sosyal sürdürülebilirlikle ilgili farklı ölçeklerde, çeşitli temalar ve değişkenler aracılığıyla yapılan çalışmaların bazı çelişkili sonuçlar vermesinin, bu çalışmaların yalnızca kent formu ve konut odaklı parametrelerle gerçekleştirilmesinden ve kamusal mekanların ikincil plana atılmasından kaynaklanabileceği öngörülmektedir. Dolayısıyla, kamusal mekanların toplum üzerindeki etkisi nedeniyle sosyal sürdürülebilirliği etkileyen temel bir değişken olarak ele alınması ve belirleyici bir alan olarak yaklaşılması gerekmektedir. Sonuç olarak bu çalışmada, sosyal sürdürülebilirliğin sağlanmasında kamusal mekan temelli bir yaklaşım sergilenmektedir. Kamusal mekan sosyal eşitsizlikleri azaltmak, toplumda sosyal içermeyi ve etkileşimi arttırmak ve sosyal refahı iyileştirmek gibi toplumsal yönleri güçlendirmede etkili bir mekansal araçtır (Chan ve Lee, 2008; Corbett ve Corbett, 2000; Davidson vd., 2012; Gehl, 2011).

Toplumsal ve sosyal hayatın temel aktörlerinden olan kamusal mekânların sosyal sürdürülebilirliğin sağlanmasındaki etkisini kavramsallaştırmak için dünyanın her şehrinde kentsel yapı stoğunun büyük bölümünü oluşturan ve gündelik yaşam pratikleri içinde bireysel ve toplumsal yaşam ile birlikte sosyal etkileşim ve aktivitelere sürekli sahne olan konut alanlarındaki kamusal mekânlar temel alınmıştır. Bu kapsamda, kentsel sosyal sürdürülebilirliğin sağlanmasında kamusal

mekânların bileşenlerini belirlemek, kamusal mekân ile sosyal sürdürülebilirlik arasındaki bağlantıyı araştırmak ve sosyal sürdürülebilirliği kamusal mekan aracılığıyla geliştirmek için kavramsal bir çerçeve geliştirilmiştir. Kapsamlı literatür taraması sonucunda sosyal sürdürülebilirlik ajandasında yer alan hedefler ve göstergeler ile kamusal mekanın sosyo-mekansal boyutundaki ortak kavramlar belirlenerek ana bileşenleri erişilebilirlik, sosyal altyapı, aidiyet, komşuluk, güvenlik ve katılım olarak belirlenmiştir. Çalışmada öncelikle kamusal mekân ve kentsel sosyal sürdürülebilirlik kavramlarına değinilerek, aralarındaki ilişkinin kurgulanması sonucundaki kavramsal boyuta ve son olarak kamusal mekana atfedilen bu bileşenlere değinilmiştir.

Kamusal Mekân

20. yüzyılın ikinci yarısından itibaren yoğun bir tartışma ve araştırma alanı olan kamusal mekan fonksiyonları, tipolojileri ve sınıflandırılması, değeri, yönetimi ve kontrolü, mevcudiyetinin ve değişiminin kent hayatı üzerindeki sonuçları gibi birçok konu üzerinden tartışılmaktadır. Kamusal mekana odaklanan çalışmalarda, kamusal mekanın farklı boyutları ele alınarak morfolojik; sosyo-ekonomik, sosyo-mekansal, siyasi, politik ve tarihsel olmak üzere pek çok yaklaşım ile değerlendirilmektedir. Kamusal mekanın çok boyutlu bir yapıya sahip olması nedeniyle yapıyı bir çevre olarak planlama ve tasarım disiplinleri içerisindeki yaklaşım biçiminde, tanımlanmasında, tipolojilerinin belirlenmesinde ve sınıflandırmasında da oldukça fazla çeşitlilik sunmaktadır. Kamusal mekanın sosyal sürdürülebilirlikteki önemini ve anlamını belirlemek için öncelikle kamusal mekanın toplumsal ve sosyal hayata katkı sunan boyutları ele alınmalıdır. Bu nedenle çalışma kapsamında “kamusal mekan”ın ne şekilde ele alındığını ortaya koymak için literatürden faydalanılarak bazı tanım ve analizlerden kısaca bahsedilmektedir.

Kamusal mekan, Carr vd. (1993)'e göre, günlük hayatın içerisinde normal rutinler ya da periyodik festivaller olması fark etmeksizin, insanların işlevsel aktiviteleri ve bir toplum olarak bir arada tutan ritüelleri gerçekleştirebildikleri ortak bir alandır. Gehl ve Gemzøe'ya (1996) göre, kullanım şekli tarih boyunca değişse de, tüm farklılıklara rağmen, kamusal mekan her zaman buluşma yeri, pazar yeri ve trafik alanı ola-

rak hizmet etmektedir. Madanipour (2003) ise, kullanıcıların günlük gereksinimlerini karşılaması, bireysel ya da grup aktiviteleri için mekanı kullanması, toplumsal amaçların gerçekleştirilmesi, birbirinin içine geçmiş işlevsel ve sembolik amaçlar için kullanılmasının kamusal mekanların ortak özelliklerinin olduğunu söylemektedir (Madanipour, 2007).

Kamusal mekana dair bazı tanımlar yapılırken fonksiyonlarından ziyade kamusal mekanı niteleyen bileşenlerden ya da özelliklerinden de bahsedilebilmektedir. Örneğin, Kohn (2004) kamusal mekan tanımlanırken mülkiyet, erişilebilirlik ve öznelerarasılık olmak üzere üç temel bileşenden faydalanılması gerektiğini vurgulamaktadır. Kamusal mekan, devlet tarafından sahip olunan, kısıtlama olmaksızın herkes tarafından erişilebilen ve/veya iletişimi ve etkileşimi teşvik eden bir yerdir. Carmo- na vd. (2003)'e göre kamusal mekan, kamusal ya da özel, içsel ya da dışsal, kentsel ya da kırsal, kamunun mutlak sınırsız erişimi olmasa da özgür olduğu yapı ve doğal çevrenin tüm parçaları ile ilgilidir. Kamusal mekan, baskın olarak konut, ticari ya da topluluk/sivil kullanımı olması fark etmeksizin tüm caddeleri, meydanları ve diğer yol biçimlerini, açık mekanları ve parkları, kırsal açık alanları; kamusal/özel olması fark etmeksizin -kontrol edilse bile- kamusal erişimin sağlandığı özel alışveriş merkezleri, tren ve otobüs istasyonları ve kütüphane, kilise ya da belediye binası gibi kamu ve sivil binalarının iç mekanlarını da içermektedir.

Teorik bağlamda araştırmalarda bazen çelişkili görüş ve tanımlara sebep olsa da, biçimi, değeri veya kullanımı değişse de tüm kültürlerde ve coğrafyalarda yapı bir çevre olarak kamusal mekanın sosyal, toplumsal, kültürel, politik ve ekonomik birçok işlevi bulunmaktadır. Kamusal mekan; hareketliliği destekleyen fiziksel ağlar, sosyo-ekonomik eylemleri sağlayan ticari aktivite yerleri, fiziksel egzersiz, yenilenme ve rekreasyon için fırsat sunan spor ve rekreasyon alanları, eğitim ve kültürü destekleyen öğrenme ortamları, sosyal bağı güçlendiren ve toplumsal bütünlüğü destekleyen etkileşim alanları, bireysel ve kolektif hafızanın yerleri, karşılaşma ve ifade özgürlüğünün ya da politik sesin göstergesi olan yerler, tarih ve kültür ile bağın kurulduğu yerler, insanların kimliğini yansıtan ve kentin genel imajına katkı sunan mekanlardır (Carmona, 2010; Carr vd., 1993; Charter of Public Space, 2013).

Kamusal mekanın bilhassa 20. yüzyıldan sonraki değişimi sonucunda kamusal ve özel mekanlar arasındaki sınırların bulanıklaşmasıyla birlikte (Crawford, 1999), tartışmalarının gündemindeki merkezi sorulardan biri de “kamusallık” göstergelerinin tanımlanması olmuştur. Kamusallık kriterlerindeki özgün bakış açılarına rağmen, birçok yaklaşımda erişim, sahiplik (mülkiyet) ve kontrol konuları üst çerçeve olarak ele alınmakta ve kamusalığa dair ortak bir düşünce ve değerlendirme tabanı yaratılmaktadır. Bu bağlamda, erişim konusu fiziksel erişim, etkinliklere ve ilişkilere (temasa) erişim, bilgiye erişim ve kaynaklara erişim (Benn ve Gaus, 1983) boyutlarında ele alınabilirken; fiziksel erişim, görsel erişim ve sembolik erişim (Carr vd., 1993) boyutlarıyla da değerlendirilebilmektedir. Sahiplik (mülkiyet) ve kontrol konuları ise kamusal mekanı nitelenmesinde daha fazla eleştiriye sebep olmaktadır. Literatürde, erişimi dolayısıyla kamusal mekanın bir kamu malı olması gerektiği varsayımı yaygın olmasına rağmen; bazı kent kuramcıları da kamusal mekan ve toplum arasındaki bağ araştırılırken bir mekanın ‘kamusallığı’nın mülkiyetinin devlete ait olma koşuluna değil; toplumun ve topluluğun gelişimini teşvik etme veya bir topluluğa ev sahipliği yapma kabiliyetine bağlı olduğunu söylemektedir (Iveson, 1998). Kamusalığa dair güncel tartışmaların temel noktası, mekanın kamusal mı yoksa özel mi olduğu ayırımından ziyade bu mekanların ne kadar kamusallık içerdiğine dayanmaktadır.

Kamusal mekanın ampirik analizlerinde erişim ve mülkiyet gibi bileşenler açısından bir yaklaşımın kullanışı, mekanın ya da aktivitelerin kamusallık ve özellik açısından tonlarını belirlemek adına iyi bir araç olmasına rağmen, bu yalnızca enstrümantal bir yaklaşım ortaya koymaktadır. Bu boyutların kamusal mekanı bir metaya dönüştürerek bir varlık olarak ele alınmasına sebep olduğu konusunda eleştirilmektedir (Madanipour, 2003). Bu yaklaşım, kamusal mekanı takas edilen bir mülk ya da kullanılan bir kaynak gibi ele aldığı için duygusal ya da anlamsal bağlarından kopardığı ve sosyal ilişkilerin bir emtiaya çevrildiği konusunda eleştirilmektedir. Günümüzde kamusal mekanın, devletin kamu erkinden farklı şekilde anlaşılması ve kamu erki yerine kamu tarafından erişilebilen bir mekan olarak ele alınması gerektiği savunulmaktadır. Kamusal mekanın kamusallık niteliğinin mülkiyet ile arasında kuru-

lan ilişkiden ziyade mekanı kullanan, yaratan ve yaşayan insanlar tarafından oluşturulduğu düşüncesi (Staehele ve Mitchell, 2007; Tonnelat, 2010), günümüzdeki farklı kamusal mekan türlerini ve kullanımını da daha iyi yansıtan bir bakış açısı sergilemektedir.

Bu çalışma kapsamında 'kamusal mekan'a, Staehele ve Mitchell'in (2007) ifade ettikleri şekilde, mekanı kullanan insanlar tarafından oluşturulduğu bakış açısı hakimdir. Kamusal mekanın tanımlanmasında kamusal niteliğinin mülkiyet ile arasında kurulan ilişkiden ibaret olmadığı düşünülmektedir. Dolayısıyla, kamusal mekanı ele alırken, öncelikle kamusal mekanın kentsel, toplumsal ve sosyal hayata sunduğu katkılar bağlamında fonksiyonları temel alınmaktadır. Kamusal mekanın sosyal ve toplumsal fonksiyonlarının, literatürdeki tipolojik analiz ve sınıflandırma çalışmalarından daha evrensel bir yaklaşım olduğu düşünülmektedir. Bu kapsamda kamusal mekan olarak; fiziksel ağları oluşturan cadde ve sokaklar, bisiklet yolları, kaldırımlar; sahipliği ve yönetimi kamuda bulunan açık mekanlar ve yeşil alanlar; kullanıcıları giriş ücreti gibi belirli koşulda bile erişebilse dahi spor tesisleri, müzeler, kültür merkezleri, kütüphaneler; sahipliği ve yönetimi kamuda bulunan eğitim ve sağlık donatıları ile belediye hizmetleri; mülkiyetinin yaygın olarak özel kuruluşlarda olmasına rağmen günlük yaşam operasyonlarını destekleyen mekanlar da çalışma kapsamında kamusal mekan olarak ele alınmaktadır. Bu bağlamda, Carmona vd. (2003)'ün kamusal mekanlar için yaptığı tanımlamanın bu çalışmanın da kamusal mekan yaklaşımını yansıttığını söylemek mümkündür. Buna ek olarak, yaklaşımda temel alınan kamusal mekan ölçeğinin konut alanları (mahalle) olarak belirlenmesi sebebiyle bu fonksiyonları karşılayan kentsel kamusal mekanlar çerçevenin dışında bırakılmıştır.

Kentsel Sosyal Sürdürülebilirlik

Sürdürülebilirlik konusundaki problemlerin yalnızca çevrenin çözümlenmesi gerektiği teknik bir sorundan ibaret olmadığı ve sürdürülebilir gelişmenin sosyal koşullar oluşmadan gerçekleştirilemeyeceği fikri sonucunda (Enyedi, 2002), sosyal sürdürülebilirlik sürdürülebilir gelişmenin temel boyutlarından biri olarak literatürde yerini almıştır. Sürdürülebilirlik paradigmasıyla benzer bir şekilde sosyal sürdürülebilirlik

kavramı da zaman içerisinde değişim ve gelişim göstererek, temaları ve kriterleri açısından genişleyen bir literatüre sahiptir. Sosyal sürdürülebilirlik araştırılırken temel konular olarak sağlık, istihdam, eğitim, güvenlik, özgürlük (siyasi, kişisel, din ve manevi özgürlük vb.), sosyal sermaye, sosyal eşitlik ve sosyal içerme olarak görülmekteyse de (Kavanagh, 2009), bu tema kümesinin sosyal sürdürülebilirlik kavramının ortaya çıkış dönemindeki geleneksel temalarla sınırlı olduğunu söylemek mümkündür. Kronolojik olarak değerlendirildiğinde bu geleneksel temalara kimlik, yer duygusu ve sosyal ağlar gibi daha somut olmayan ve daha az ölçülebilir kavramların da dahil edilerek düşünce havuzunun genişlediği görülmektedir (Colantonio, 2009). Bunun yanında, her toplumda ve hatta her birey için önem düzeyi farklılaşan sosyal konuların karşılık bulduğu çok sayıda faktör kümesi sosyal sürdürülebilirlik için hem zorlu hem de geniş bir fikir alanı yaratmaktadır (Kavanagh, 2009).

Sosyal sürdürülebilirlik, birçok farklı disiplinde bir yaklaşım, paradigma ve araç olarak kullanılan çok boyutlu bir kavramdır. Akademik, politikanın ve pratiğin kesiştiği bir noktada yer almaktadır. Sosyal sürdürülebilirlik kavramının teorik ve metodolojik kökenlerinin belirlenmesinde, tanımlanmasında, bileşenlerinin ve ölçüm kriterlerinin tespitinde bağlam tabanlı çalışmaların baskın olduğu görülmektedir (Bacon vd., 2012; Bramley vd., 2009; Weingaertner ve Moberg, 2014). Yiftachel ve Hedgcock'a (1993) göre, sosyal sürdürülebilirlik bir kentin, insan ilişkileri, iletişimi ve kültürel gelişimi için bir sosyal birim olarak yaşanabilir bir çevre işlevi görme yeteneğini uzun vadede devam ettirebilmesidir. Çevreyi sosyal bir birim olarak ele almakta ve insan hakları temeline dayandırmaktadır. Kentin sosyal sürdürülebilirliğini sivil toplumun evrimiyle uyumlu, kültürel ve sosyal olarak farklı grupların bir arada bulunmasına olanak sağlayan ve toplumun tüm kesimleri için yaşam kalitesini geliştirerek sosyal entegrasyonu destekleyen gelişme (ve/veya büyüme) olarak tanımlayan Polese ve Stren (2000) ise kapsayıcılığı ve yaşam kalitesi kavramlarını sosyal sürdürülebilirliğe dahil etmektedir. Woodcraft vd. (2011) ise, sosyal sürdürülebilirliği insanların yaşadıkları ve çalıştıkları yerlerde neye ihtiyaç duyduklarını anlayarak, refahı teşvik eden başarılı ve sürdürülebilir yerler yaratmada bir süreç olarak görmektedir. Bu kapsamda, sosyal sürdürülebilirliği fiziksel me-

kanın tasarımıyla sosyal dünyanın tasarımını birleştiren bir alan olarak tanımlamaktadır. Sosyal ve kültürel yaşamı destekleyen sosyal altyapıları, katılımın sağlanması için gerekli sistemleri ve insanların ve yerlerin gelişmesi için ortak bir alandır.

Sosyal sürdürülebilirliğe dair, önceki yaklaşımları da içinde barındıran daha kapsayıcı bir bakış açısı ise Bacon vd. (2013) tarafından sağlanmaktadır. Bu kapsamda sosyal sürdürülebilirlik, bugün ve gelecekte insanların yaşam kalitesiyle ilgilidir. Yapılı bir çevrenin bireysel ve kolektif refahı ne ölçüde desteklediğini açıklamaktadır. Fiziksel çevrenin tasarımıyla, bu mekânlarda yaşayan ve kullanan insanların birbirleriyle olan etkileşimini ve bir topluluk olarak nasıl işlediği odaklarını birleştirmektedir. Sosyal ve kültürel yaşamın güçlü bir şekilde desteklenmesi için doğru altyapıların (donatıların) geliştirilmesini, insanların katılımı için imkânların oluşturulmasını ve mekan ölçeğinde toplumun oluşması için koşulların geliştirilmesini içermektedir.

Birçok çalışma sosyal sürdürülebilirlik için kavramsal bir tanım sağlamak yerine sürdürülebilirlik tartışmasıyla ilgili sosyal konuları açıklayan temalar veya bileşenler önermeyi tercih etmektedir (Weingaertner ve Moberg, 2014). Örneğin, Bramley vd. (2009)'a göre sosyal sürdürülebilirlik, sosyal eşitlik ve toplumsal sürdürülebilirlik olmak üzere iki temel boyuttan oluşmaktadır. Sosyal eşitlik, uygun fiyatlı konut ve hizmetlere ve fırsatlara erişimi içermektedir. Toplumsal sürdürülebilirlik ise sosyal etkileşim, sosyal uyum, sosyal sermaye, aidiyet, güvenlik duygusu, memnuniyet ve katılım ile ilgilidir. Dempsey vd. (2012) bu çerçeveye açık mekânlara ve yeşil alanlara erişim fırsatını içeren çevresel eşitlik boyutunu eklemektedir. Sosyal sürdürülebilirlik literatüründeki farklı araştırmalardaki terminolojiler tutarlı görünse de, bağlamı, içerikleri ve göstergeleri farklı olabilmektedir (Weingaertner ve Moberg, 2014). Örneğin, Landorf (2011), sosyal eşitliğin sosyal sürdürülebilirliğin üç boyutundan biri olduğunu kabul ederken; sosyal eşitliği, hizmetlere, olanaklara ve fırsatlara erişim açısından konut altyapısının niceliğine ve çeşitliliğine de vurgu yapmaktadır.

Son yıllarda, sosyal sürdürülebilirlik fikrini destekleyen temaları ve değişkenleri kentsel planlama ve tasarım perspektifinden değerlendirme trendi giderek artmaktadır (Ghahramanpouri vd., 2013). Sosyal

sürdürülebilirliği kentsel mekanla ilgili olarak tartışıldığı alternatif bir yaklaşım, özellikle yoğunluk ve karma arazi kavramlarının vurgulandığı kentsel form özellikleriyle ilgilidir (Abed, 2017; Ali vd., 2019; Ali-pour ve Galal Ahmed, 2021; Hemani vd., 2017; Kytä vd., 2016; Shirazi vd., 2022; Soltani vd., 2022). Kent formu kentsel hayatı belirleyen birçok bileşeni etkilemesine rağmen kent bağlamında sosyal sürdürülebilirlik konularını tartışmak için yegane belirleyici değildir. Şüphesiz, yoğunluk bir kentteki sosyal altyapı, ortak hizmet ve servisler, ulaşım olanakları ve toplu taşıma ile açık mekanlar bağlamında bir kentin içsel potansiyelini tanımlamaktadır (Jabareen, 2006). Ancak, kentsel yoğunluğun etkisine dair yapılan çalışmalarda bahsi geçen sosyal kaygular kentsel formdan ziyade kamusal mekan ile yakından ilişkili olabilir. Kent formunun sosyal sürdürülebilirlik üzerindeki etkisini belirlemeye yönelik çalışmaların çelişki sonuçlar vermesi kentsel form dışında baskın bir değişken olduğunun göstergesidir. Sonuç olarak, kentsel form özelliklerini karşılaştırmaktan ziyade, kentsel alanın sosyal sürdürülebilirliğe katkı sağlayan sosyo-mekansal özelliklerinin vurgulanması açısından kamusal mekan temel bir bakış açısıyla ele alınması, kentler ve topluluklar için daha pratik sonuçlar ortaya koyabilir.

Kentsel sosyal sürdürülebilirlik, sosyo-mekansal ve sosyo-kültürel boyutlar bağlamında ele alınabilen kamusal mekanlar üzerinden kurgulanmalıdır. Kamusal mekanlar hem sosyal hem de çevresel eşitlik sağlayarak toplumsal sürdürülebilirliğe katkıda bulunmakta ve bu katkı neticesinde sosyal sürdürülebilirliği genel olarak etkilemektedir. Bu çalışma, sosyal sürdürülebilirlik boyutlarını belirlemekten ziyade kamusal mekan temelli bir bakış açısı geliştirmeyi amaçladığı için kavramsal çerçeveyi oluşturan bileşenlerin sınıflandırılması yerine birbirleriyle olan ilişkilerinin ortaya konması hedeflenmiştir. Bu kapsamda çalışmanın sosyal sürdürülebilirliğe olan yaklaşımı Woodcraft vd. (2011) ve Bacon vd. (2012) tanımlarını temel alınarak aşağıdaki gibi açıklanabilir:

Kentsel sosyal sürdürülebilirlik yapılı çevrenin tasarımı aracılığıyla tüm insanların sosyal, ekonomik ve politik hayata katılımını sağlamak için imkanlara, hizmetlere ve tesislere erişimin sağlandığı; doğaya, sosyal ve kültürel aktivitelere adil erişim için çeşitli sosyal altyapılar ile desteklendiği, kararlara katılımlarının sağlanması için gerekli sistemlerin oluşturulduğu, yapılı çevrenin

insanların birbirleriyle etkileşimini, iletişimini, bir topluluk olarak gelişimlerini desteklemesi için elverişli koşulların sağlandığı kompleks bir alanı içermektedir. Bu kapsamda kentsel sosyal sürdürülebilirlik bina ölçeğindeki ortak iç mekanlar gibi mikro ölçekten, kent bağlamında ulaşım ağları ve sosyal altyapı gibi makro ölçekteki birçok kamusal mekanı içermektedir.

Kamusal Mekanların Sosyal Sürdürülebilirliğe Katkısı için Kavramsal Yaklaşım

• Konut alanlarındaki kamusal mekanların sosyal sürdürülebilirlik üzerindeki etkisini kavramsallaştırmak için literatürde yer alan temel kavramlar, bileşenler ve ölçekler incelenmiştir. Bu kapsamda, literatürde bulunan çalışmalarda kullanılan 125 adet temaya rastlanılmıştır. Tespit edilen temaların kamusal mekan terminolojisi ve nitelikleri ile doğrudan ya da dolaylı bir şekilde ilişkili olduğu parametreler listelenerek, bu parametreler ana başlıklar içerisinde kategorize edilmiştir. Bu aşamada kavramsal çerçeveyi oluşturan bileşenler belirlenirken kamusal mekan ve sosyal sürdürülebilirlik kavramlarının çok disiplinli alanlar olduğu göz önünde bulundurularak fiziksel, sosyo-kültürel ve sosyo-psikolojik boyutlarını içeren bütüncül bir yaklaşım benimsenmiştir (Werner vd., 2002). Bu bağlamda ana bileşenler erişilebilirlik, sosyal altyapı, aidiyet, komşuluk, güvenlik ve katılım olarak belirlenerek Tablo 1’de gösterilmiştir.

Tablo 1. Sosyal Sürdürülebilirlik Bağlamında Kamusal Mekân ile İlişkili Yaygın İşlenen Çalışma Konuları

TEMALAR	YAZAR(LAR)
Açık mekan	Chan ve Lee, 2008; Karuppattan ve Sivam, 2011; Bacon, Cochrane ve Woodcraft, 2012; Dempsey, Brown ve Bramley, 2012; Moulay vd. 2017; Ali vd., 2019
Aidiyet (yer hissi)	Chan ve Lee, 2008; Bramley ve Power, 2009; Colantonio ve Dixon, 2011; Dempsey vd., 2011; Karuppattan ve Sivam, 2011; Weingaertner ve Moberg, 2014; Hemani vd., 2017; Larimian ve Sadeghi, 2021; Shirazi ve Keivani, 2021; Abed ve Al-Jokhadar, 2022; Soltani vd., 2022

KENTSEL SOSYAL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİN SAĞLANMASINDA KAMUSAL MEKÂN
TEMELLİ BİR YAKLAŞIM

Erişilebilirlik	Porta ve Renne, 2005; Ancell ve Thompson-Fawcett, 2008; Chan ve Lee, 2008; Karuppattan ve Sivam, 2011; Bacon, Cochrane ve Woodcraft, 2012; Weingaertner ve Moberg, 2014; Ali vd., 2019; Stender ve Walter, 2019; Alipour ve Galal Ahmed, 2021
Güvenlik	Bramley vd., 2009; Bramley ve Power, 2009; Dave, 2011; Dempsey vd., 2011; Karuppattan ve Sivam, 2011; Landorf, 2011; Weingaertner ve Moberg, 2014
Katılım	Omann ve Spangenberg, 2002; Bramley vd., 2009; Dempsey vd., 2011; Landorf, 2011; Weingaertner ve Moberg, 2014; Hemani vd., 2017; Stender ve Walter, 2019; Larimian ve Sadeghi, 2021; Soltani vd., 2022
Sosyal donatılar	Porta ve Renne, 2005; Ancell ve Thompson-Fawcett, 2008; Chan ve Lee, 2008; Bramley vd., 2009; Woodcraft, Hackett ve Caistor-Arendar, 2011; Dave, 2011; Dixon, 2011; Karuppattan ve Sivam, 2011; Landorf, 2011; Bacon vd., 2012; Dempsey, Brown ve Bramley, 2012; Hemani vd., 2017; Ali vd., 2019; Stender ve Walter, 2019; Shirazi ve Keivani, 2021; Abed ve Al-Jokhadar, 2022
Sosyal etkileşim (sosyal ağlar)	Yiftachel ve Hedgcock, 1993; Polese ve Stren, 2000; Omann ve Spangenberg, 2002; McKenzie Stephen, 2004; Ancell ve Thompson-Fawcett, 2008; Bramley vd., 2009; Bramley ve Power, 2009; Dave, 2011; Dempsey vd., 2011; Karuppattan ve Sivam, 2011; Landorf, 2011; Dempsey, Brown ve Bramley, 2012; Weingaertner ve Moberg, 2014
Topluluk hissi	Barron ve Gauntlett, 2002; Ancell ve Thompson-Fawcett, 2008; Bramley ve Power, 2009; Colantonio, 2010; Dave, 2011; Dixon, 2011; Landorf, 2011; Woodcraft, Hackett ve Caistor-Arendar, 2011; Bacon, Cochrane ve Woodcraft, 2012; Dempsey, Brown ve Bramley, 2012

Sosyal sürdürülebilirlik ile ilgili yapılan çalışmaların araştırma modeline göre birçok farklı ölçekte çalışılmasına rağmen, sürdürülebilirlik stratejilerinin genellikle kent ölçeğinde geliştirilme eğiliminde olduğu gözlemlenmektedir (Karuppattan ve Sivam, 2011). Literatür analizi sonucunda, sosyal sürdürülebilirliğin bölge, ilçe/sem, mahalle, proje ve

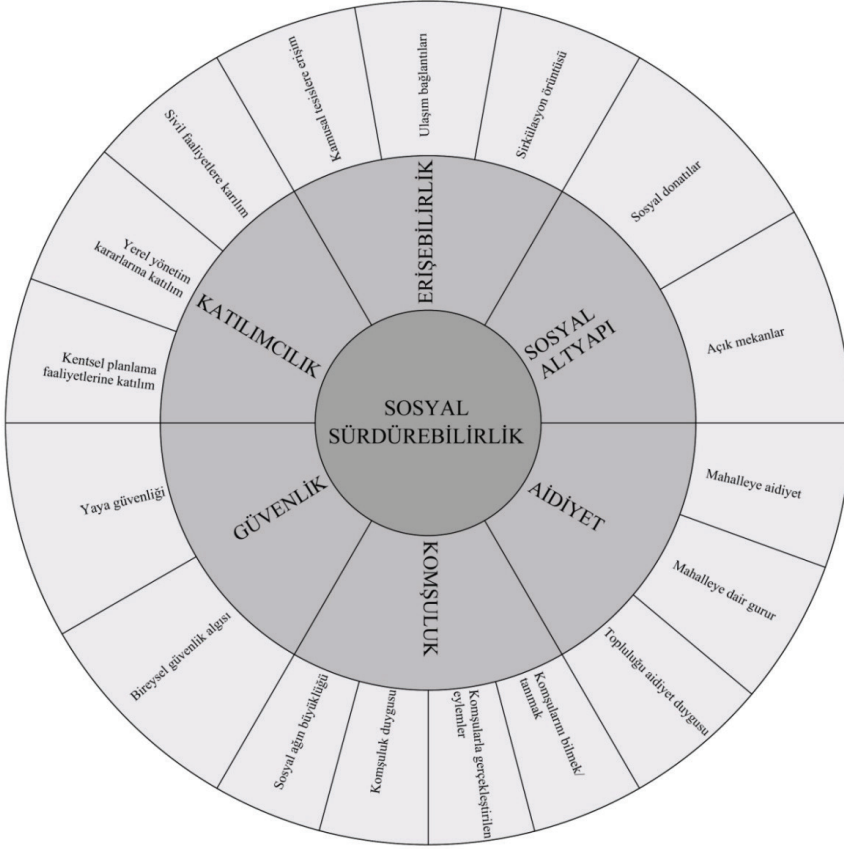
bina gibi makro ölçekten mikro ölçeğe dek birçok farklı şekilde tartışıldığı görülmüştür (Bramley vd., 2009; Enyedi, 2002; Karuppannan ve Sivam, 2011). Mahalle, kentsel mekandaki sınırlı bir alan olarak bireylerin ikamet ettiği ve birbirleriyle sosyal etkileşime girerek belirli sosyal ilişkileri var ettikleri coğrafi ve idari bir birim olması nedeniyle (Downs, 1981) kavramsal çalışmanın ölçeği olarak belirlenmiştir. Kamusal mekan mikro ölçekte konut birimlerinde ikamet etmekte olan bireylerden, kent ölçeğindeki kent sakinlerine dek farklı nüfus gruplarına hitap etmektedir. Çalışma, gündelik hayattaki sosyal iletişim ve etkileşim ile bunlardan kaynaklı duygu ve davranışlara konut alanlarındaki kamusal mekanların sahne olmasında gerek gündelik hayatı gerekse toplum içindeki sosyal etkileşimi sürerli bir tekrar ile desteklemesi açısından sosyal sürdürülebilirlik için elverişli bir yaklaşım ölçeği sunmaktadır.

Sosyal sürdürülebilirlik bileşenlerinin, zaman ve mekan içerisindeki etkileşimleri ve birbirlerini tamamlayıcı yapıları düşünülerek çalışmanın çerçevesindeki bileşenlerin belirlenmesinde dönüşümsel (transactional) yaklaşım benimsenmiştir. Dönüşümsel yaklaşıma göre insan-mekan ilişkileri bağlamındaki değerlendirmelerde fiziksel, psikolojik ve insana bağlı değişkenler bir bütün olarak değerlendirilmelidir (Dewey ve Bentley, 1949; Wapner, 1981). İnsanlar ve psikolojik süreçler, fiziksel ve sosyal bağlarıyla iç içedir (Altman, 1992).

Bu çalışmada kamusal mekanların sosyal sürdürülebilirliği desteklemesinde dönüşümsel bir yaklaşım kullanılarak, Şekil 1’de görüldüğü üzere, ana bileşenler ve alt başlıkları belirlenmiştir. Bu kapsamda, erişilebilirlik bileşeni, kamusal tesislere erişim, ulaşım bağlantıları ve sirkülasyon örüntüsü- sokak bağlantısallığı alt başlıklarından oluşmaktadır. Sosyal donatılar ve açık mekanlar mevzuatta terminolojik olarak yer aldığı şekilde (Mekansal Planlar Yapım Yönetmeliği, 2014) sosyal altyapı başlığı kapsamında ele alınması uygun görülmüştür. Bu bağlamda sosyal donatılar, günlük yaşam pratiklerinin sağlanması (örn. iş faaliyetlerine yakınlık- okul), ticari faaliyetlere yakınlık (örn. perakende mağazaları, bankalar, süpermarket, köşe dükkanı), kamu hizmeti veren tesislerin sağlanması (örn. sağlık hizmetleri, doktor, postane vb.) ve sosyal tesislerin sağlanması (örn. spor tesisleri- restoran/kafe, kütüphane/ müze-sergi alanı, çocuklar ve gençler için tesis) alt başlıklarından oluşmaktadır. Açık mekanlar ise,

KENTSEL SOSYAL SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİN SAĞLANMASINDA KAMUSAL MEKÂN TEMELLİ BİR YAKLAŞIM

açık mekanların sağlanması, ortak kullanım alanı sağlanması, farklı beklenti ve ihtiyaçlara cevap vermesi ana kriterlerini içermektedir. Aidiyet bileşeni, mahalleye aidiyet, mahalleye dair gurur ve topluluğa aidiyet duygusu alt başlıkları üzerinden kurgulanmıştır.



Şekil 1. Sosyal Sürdürülebilirliğin Sağlanmasında Kamusal Mekan Bileşenleri ve Alt Boyutları

Komşuluk bileşeni, komşuluk duygusu, komşularını bilmek/tanımak, komşularla gerçekleştirilen eylemler ve sıklığı ve sosyal ağın büyüklüğü alt başlıklarından oluşmaktadır. Güvenlik bileşeni, bireysel güvenlik algısı (gündüz ve gece) ve yaya güvenliği üzerinden ele alınmıştır. Her başlığın temel bir bileşen olarak konut alanlarındaki kamusal mekanlar aracılığıyla sosyal sürdürülebilirlik üzerinde etkisi bulunmak-

tadır. Bu bağlamda bileşenler açıklanarak sosyal sürdürülebilirlik ile ilişkisi, önemi ve kapsamı ortaya konulmaktadır. Belirlenen bileşenlerin kamusal mekanlar aracılığıyla sağlandığı ve her bir bileşenin sosyal sürdürülebilirliğin hem nedeni hem de sonucu olarak ilişki kurabileceği öngörülmektedir.

- Erişilebilirlik: Erişilebilirlik, sosyal sürdürülebilirliğin iyileştirilmesinde ve sosyal eşitliğin sağlanmasında önemli bir tema olarak yer almaktadır (Barton, 2013). Erişilebilirlik, tüm bireylerin sosyal, ekonomik ve politik olarak topluma tam katılımını sağlamaktadır. Yaşı ve fiziksel durumu fark etmeksizin herkesin günlük yaşamlarındaki belirli yerlere uygun ve kolay erişim imkanına sahip olmalıdır. Bir yerden bir yere erişim, hareket özgürlüğü olarak görülmekte ve korunması gereken temel bir insan hakkı olarak kabul edilmektedir (Chan ve Lee, 2008). Erişilebilirlik kendi içerisinde geniş bir kavram kümesi oluştursa da sosyal sürdürülebilirlik bağlamında ele alındığında hareket halinde olma fırsatlarının bir fonksiyonu olarak görülebilir. Bu fırsatlar, temel anlamda ulaşım seçenekleri ve mesafe kavramlarını ortaya koymaktadır (Davidson vd., 2012). Ulaşım seçenekleri bağlamında erişilebilirlik, yürüme de dahil olmak üzere, belirli bir taşıma sistemi kullanarak herhangi bir yere ulaşabilme kolaylığı olarak tanımlanabilmektedir. Mesafe bağlamında ise ele alındığında ise yürüme mesafesinde imkanlara erişim, yürüme ve yürünebilirlik kavramları ile yakından ilişkilidir. Konut alanları içerisinde sunulan kamusal mekanlar, hizmet ve tesislerin hem mevcudiyeti hem de mesafesi bakımından erişim kapsamında sosyal sürdürülebilirliği etkilemektedir.

- Sosyal Donatı: Kentlerin ve içindeki barındırdıkları toplulukların başarısı için çeşitli olanaklar sunan sosyal donatılar (anaokulları, okullar, hastaneler, topluluk evleri vs.) ve bu donatılar aracılığıyla sağlanan hizmetler hayati önem taşımaktadır (Enyedi, 2002). Okul ve hastane gibi kamu hizmeti veren tesisler, bireylerin temel ihtiyaçlarını karşılarken; spor ve kültürel aktiviteler sunan donatılar boş zaman aktivitelerini düzenlemek için çeşitli imkânlar sunmaktadır. Sosyal donatıların sağlanması, bireylerin temel ihtiyaçlarını karşılanmasının yanı sıra sosyal etkinlikler için bir zemin sunarak, sosyal ağın ve etkileşimin geliştirilmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Karuppannan ve Sivam,

2011). Sosyal donatıların gerek ekonomik ve çevresel kalkınmaya katkı sağlaması, gerekse insan ve toplum ilişkileri bağlamında bir araya gelme fırsatları sunması kent hayatına olumlu yönde katkı sağlayan önemli bir mekanizma oluşturmaktadır (Davidson vd., 2012). Sosyal donatılar farklı grupların yaşam kalitesini artırmak, sosyal eşitsizlikleri azaltmak, aidiyet ve gurur duygularına katkı sağlamak ve sosyal refahı arttırmak için etkili araçlardır (Corbett ve Corbett, 2000). Bunun yanında, perakende mağazası, süpermarket ve kafe gibi farklı işletme faaliyetleri bireylerin günlük yaşam operasyonlarını desteklerken, aynı zamanda çeşitli sosyal gruplara toplanma ve karşılaşma yerleri sağlamaktadır (Chan ve Lee, 2008). Bu mekânlar, yerel topluluklar arasında ve topluluk içinde eşitlik ilkesinin sağlanması için önem arz eden yerel hizmetlere erişimin temel unsurlarını taşımaktadır (Dempsey vd., 2012).

- Açık mekan: İşlevi, morfolojik özellikleri ya da ölçeği farklılık gösterse de açık mekan sosyal içermeyi ve etkileşimi iyileştirmedeki gücü ve rolü sebebiyle her zaman önemli bir toplumsal araç olmuştur. Açık mekanlar, bireyler için resmi ve gayri resmi bir araya gelme, sosyal toplanma ve etkileşim için bir zemin sağlayarak toplumsal yönlerin güçlendirilmesini sağlamaktadır (Chan ve Lee, 2008; Corbett ve Corbett, 2000; Gehl ve Gemzøe, 1996). Açık mekanın varlığı topluluk duygusunu teşvik etmede mahallenin önemli bir özelliği olmaktadır. Yapılan çalışmalar, konut alanındaki açık mekanın varlığının, komşular arasında daha iyi ilişkiler sağladığını ve bölgedeki şiddet oranını azalttığını ortaya koymaktadır. Ayrıca çalışmalar yarı kamusal açık mekan kullanımının hem mahalledeki sosyal bağların gücünü hem de farklı yaş grupları arasındaki topluluk duygusunu arttırdığını doğrulamaktadır (Karuppannan ve Sivam, 2011). Mahalle düzeyindeki kamusal ve yarı kamusal açık mekanlar gerek bölge sakinleri gerekse yoldan geçenler arasındaki etkileşim için elverişli ortamlar yaratmaktadır. Bu bağlamda, açık mekanlar resmi veya spontane bir araya gelmeyi teşvik ederek sosyal sürdürülebilirliğe katkıda bulunmaktadır (Jabareen, 2006, Akcali ve Cahantimur, 2022).

- Aidiyet: Bireylerin fiziksel çevreleri ile kurduğu ilişki sonucunda oluşturdukları duygusal bağlar çeşitli kavramlar aracılığıyla açıklanmaktadır. Mekana bağlılık konusundaki çalışmaların farklı yaklaşımla-

rı ve teorik formülasyonları sonucunda literatürde mekansal duygusal bağın ifade edilmesinde; yere bağlılık (place attachment) (Gerson vd., 1977), yer kimliği (place identity) (Proshansky, 1978), yer bağımlılığı (place dependence) (Stokols ve Shumaker, 1981) ve yer duygusu (sense of place) (Hummon, 1992) gibi farklı kavramlar ortaya çıkmaktadır. Aidiyet kavramını mekan odağında olumlu affektif duyguların çoğunluğunu kucaklayan bir şemsiye konsept olarak ele almak mümkündür (Giuliani, 2003). Kavramsal olarak, insan-mekan arasındaki bağ çok boyutludur. Aidiyete dair teorik tanımlarda çeşitli duygusal (doğa, şehir özellikleri, kentsel mimari, dini yapılar gibi fiziksel unsurlarla kurulan bağ), davranışsal (sosyal ve kültürel, dini deneyimler aracılığıyla kültürel yaşam biçimine bağlılık) ve bilişsel (yerin kimlik gelişimini ve sürekliliğini desteklemesi) boyutlar vurgulanmaktadır (Scannell ve Gifford, 2010). Aidiyetin bireysel duygulanım ve mekansal kullanım bağlamında birçok katkısı vardır. Low ve Altman (1992), aidiyetin bireysel güvenlik duygusu ihtiyacının giderilmesinin yanı sıra gruplar, topluluklar ve kültürler düzeyinde kimlik oluşturma ihtiyacının karşılanması işlevlerinin de olduğunu söylemektedir. Topluluk seviyesinde en önemli çıktılardan biri, mekan ile kullanıcıları arasında kurulan aidiyet sonucunda refah duygusunun artması, suça karşı korkunun azalması ve topluluk problemleriyle baş edebilme becerisinin artmasıdır (McMillan ve Chavis, 1986). Aidiyet sosyal ağların gelişmesini sağlamakta (Berkman ve Glass, 2000) ve toplum içerisindeki bağların gelişmesine katkı sunarak genel refahı olumlu yönde etkilemektedir (Wood vd., 2010). Bu bağlamda hem kamusal mekanlara dair aidiyetin oluşturduğu duygusal boyut, hem de bu mekanlara atfedilen duygular neticesinde ortaya çıkan davranışsal ve bilişsel boyut, birey ve toplum arasındaki ilişkinin güçlendirilmesi bağlamında sosyal sürdürülebilirlikte önemli bir bileşen olmaktadır.

- Komşuluk: Topluluk kavramı çok anlamlı bir terim olarak farklı şekillerde yorumlanabilmektedir. Bireyler, mekan, kimlik ve/veya ilgi alanlarına dayanan farklı birçok topluluğa ait olabilmektedir (Stott vd., 2009). Topluluk bir yer değildir; fakat yer-merkezli bir süreçtir. Aynı fiziksel mekanı veya mahalleyi paylaşanlar ya da ortak bir ilgi etrafında, müşterek anlayış ve hedefleri paylaşanlar arasında gelişen kişisel ilişkiler, grup ağları, gelenekler ve davranış kalıpları, sosyal ilişkiler ve

bağlar aracılığıyla topluluk hissi oluşmaktadır (Harris, 2001). Topluluk duygusunun Türk toplum yapısı açısından belirli bir coğrafi birim olarak konut alanı içerisindeki komşuluk duygusu ile benzerlik göstermesi nedeniyle literatürdeki topluluk duygusu yerine komşuluk kavramı ele alınabilir. Komşuluk, belirli bir coğrafi ve idari alanda yaşayan, birbirlerini adlarıyla tanıyan, ziyaret eden, birbirlerine yardım eden, birbirlerinin araç ve kaynaklarından yararlanan ve sosyal bağlar kuran yerel bir yapıdır. Komşuluk, özellikleri, işlevi ve sonuçları açısından Türk toplumunda ayrılmaz bir sosyal yaşam alanı ve gündelik hayat fenomenidir (Nirun, 1991). Mahalle içerisinde yer alan kamusal mekanlar, etkileşime imkan vermesi nedeniyle sosyal ağların gelişimini teşvik etmektedir. Sokaklarda, parklarda, açık mekanlarda veya günlük yaşam pratiklerinin yerine getirilmesi esnasında kullanılan donatılar aracılığıyla sosyal ağların oluşmasına yardımcı olan tekrarlanan etkileşim olanakları bulunmaktadır (Bridge, 2002). Genel olarak, konut alanı ölçeğinde ve yaya odaklı mahallelerde, pasif ve aktif rekreasyon için ortak bir mekânın bulunması (Chan ve Lee, 2008) ve mahallelerde yürüme sıklığının ve yürümeye elverişli bir fiziksel çevre olduğunun algısı (Lund, 2002, 2003) komşularla spontane etkileşimlere sebep olduğu, toplum içindeki sosyal etkileşimi arttırdığı ve bireylerin toplumla etkileşime girmesi için çeşitli fırsatlar sağlayarak topluluk duygusunun arttığı görülmektedir. Konut birimlerinin ortak kamusal mekanlar ya da ortak açık mekanlar etrafında yer aldığı topluluklardaki sosyal etkileşimin daha yüksek olduğu; açık mekanların ve erişilebilir sosyal donatıların önemli bir rol oynadığı görülmektedir (Karuppattan ve Sivam, 2011).

- **Güvenlik:** Güvenlik duygusu bireylerin mekansal kullarımlarını ve diğer bireyler ile olan etkileşimlerini ve iletişimlerini etkileyen, algısal ve davranışsal sonuçları olan önemli bir değişkendir. Gerek kamusal mekanlardaki gerekse konut alanındaki algılanan güvenlik sosyal sürdürülebilirliğin sağlanmasında da önemli bileşen olarak yerini almaktadır. Sakinler daha güvenli hissetmesi yere bağlılıklarını arttırmakta; sosyal etkileşimlerini ve toplum hayatına katılımlarını etkilemektedir (Dempsey vd., 2012). Fiziksel çevreyi güvenli olarak algılayan kişilerin topluluk duygusunun daha yüksek olduğu görülmektedir (Lund, 2002, 2003). Aynı zamanda güvenlik duygusu, yer hissine ve aidiyete katkıda

bulunmaktadır (Nash ve Christie, 2003; Shaftoe, 2000). Kamusal mekanın varlığı güvenlik duygusunu etkilediği gibi, algılanan güvenlik de kamusal mekanın kullanımını etkilemekte ve kamusal mekan- güvenlik arasında iteratif bir ilişki kurmaktadır. Örneğin, konut alanlarında yeşil alanın varlığının algılanan güvenliği etkilediği görülmektedir (Kuo vd., 1998; Maas vd., 2009). Bunun yanında, sakinler bölge için güvenli hissetmiyorsa, erişilebilirlik ne kadar yüksek olursa olsun hizmetleri ve tesisleri kullanmayabilmektedir (Talen, 2001). Dolayısıyla, kamusal mekanın mevcudiyeti, tasarımı ve bakımı ile güvenlik algısı arasında güçlü ilişki, bireylerin algı, duygu ve davranışlarını etkilemesi sebebiyle sosyal sürdürülebilirlikteki önemini göstermektedir.

- **Katılım:** Katılımcılık, hükümet organları, ulusal devlet kurumları, yerel yönetimler, vatandaşlar, politikacılar, sivil toplum kuruluşları ve işletmeler gibi farklı paydaşların aktif rol oynadığı yaklaşımları tanımlayan şemsiye bir terimdir. Sürdürülebilir gelişmenin sağlanması için sosyal olarak kapsayıcı ve eşitlikçi yeni bir katılımcı bir paradigmaya ihtiyaç olduğu konusu 1980'li yıllardan itibaren vurgulanmaktadır (Davidson vd., 2012). Bu bağlamda, insanların hayatlarını yöneten kurum ve sistemlere katılımı temel bir insan hakkı olarak görülmekte; sosyal ve ekonomik kalkınma için katılımcılık gerekli bir araç olarak tanımlanmaktadır (Council of Europe, 2016). Kentsel mekan bağlamında, bireylerin yerel çevrelerinin planlanmasına ve tasarlanmasına katılımı, katılımcı demokrasinin temeli olarak görülmektedir. Sanoff'a (2000) göre sosyal katılım, insanların doğal ve yapılı çevrelerinin kurulmasına ve yönetimine müdahalesi, vatandaşların kent için bir nevi pasif müşteriler olarak ele alınmasından ziyade kentlilerin aktif olarak doğal ve yapılı çevrelerini oluşturulmasına ve yönetilmesine müdahale etmeleri sonucunda daha iyi performansa sahip bir yapılı çevre elde edileceği ilkesine dayanmaktadır. Buldukları bölgedeki kentsel planlamaya dahil olan sakinlerin ihtiyaçlarının ve isteklerinin karşılanması daha olası olduğu gibi, aynı zamanda bu sakinler topluluğun bir parçası olduklarını hissetmekte ve aidiyet duyguları da artmaktadır (Ng vd., 2001).

SONUÇ

Kamusal mekanlar, bireylerin kişisel gelişim ve iyileştirme fırsatları elde ettikleri, birbirleriyle etkileşime girdikleri, toplumsal yaşama katıldıkları, kendilerini güvende ve ait hissetmelerine katkı sağlayan yerler olması nedeniyle sosyal sürdürülebilirliğin temelini oluşturmaktadır. Teoride ve pratikte değişmeye devam eden global gündem çeşitli kentsel sorunlardan ve meydan okumalardan etkilenirken günümüzdeki kamusal mekanın toplumlar ve sosyal yaşam üzerindeki negatif etkileri yaygın olarak gözlenmektedir. Sadece çevresel ve ekonomik olarak değil, sosyal olarak da sürdürülebilir kentler inşa etmek global ajandanın en önemli hedeflerinden biri haline gelmiştir. Konut alanlarındaki kamusal mekanların sosyal sürdürülebilirliğe katkısı göz önünde bulundurulurken erişilebilirlik, sosyal donatılar, açık mekanlar ve günlük operasyonlar sağlanarak toplum içerisinde sosyal ve çevresel eşitlik sağlanabilir. Kamusal mekanların ve bileşenlerinin sağlanması sosyal ve çevresel eşitliği güvenceye almasının yanı sıra, sosyo-mekansal neticesinde toplumsal sürdürülebilirliğe de katkı sağlayabilir.

Kentsel sosyal sürdürülebilirliğin hangi yönlerinin ele alındığı ve sosyal sürdürülebilirlikle ilgili hangi kavramlara odaklanıldığı değerlendirilerek günümüzün ve geleceğin toplulukları için çözümler geliştirilebilir. Bu çalışmayla konut alanlarındaki kamusal mekanlar bileşenlerinin sosyal sürdürülebilirlik ile ne şekilde ilişki kurduğu kavramsallaştırılmaya çalışılmıştır. Bu kapsamda, kamusal mekan ile sosyal sürdürülebilirlik arasındaki ilişkiyi teorik bir çerçeveye koymak ve sosyal sürdürülebilirliği kamusal mekan aracılığıyla geliştirmek yeni bir bakış açısı sağlanmıştır. Önerilen bu kavramsal çerçeve, mahalle ölçeğinde kentsel gelişmeler için bir kullanım sonrası değerlendirme aracı olarak geliştirilme potansiyeli sebebiyle sosyal sürdürülebilirliğin sağlanmasında önemli bir etkiye sahiptir. Konut alanlarında gerçekleştirilecek olan kentsel dönüşüm, gelişim veya mikro müdahaleler için değerli bilgiler sunduğundan mevcut konut alanlarında sosyal sürdürülebilirliği geliştirilmesi için kamusal mekan temelli bir yaklaşım önerilmektedir.

Kentlerin neredeyse hepsi benzer durumlardan ve zorluklardan etkilenmesine rağmen, bir kentin zorlukları diğerlerinden önemli ölçüde

farklılık gösterebilir. Çözümler ve stratejiler oluşturulurken, bölgenin veya ülkenin kentsel mekanlarda kendine özgü sorunları olabileceği göz önünde bulundurulmalıdır. Gelişmekte olan ülkelerin tümüne, hatta büyük bir kısmına uygulanabilecek geniş bir çözüm haritasını genelleme açısından kavramsallaştırmak zor olabilir. Kentlerin farklı gelişmişlik düzeyleri ve sosyo-kültürel özellikleri olduğundan, evrensel bir sürdürülebilir kalkınma çözümü maalesef yoktur. Çeşitli coğrafi, ekonomik, sosyal, politik ve kültürel değişkenler nedeniyle politikalar her ülkenin ve kentin kendine özgü yapısına göre şekillendirilmelidir. Dünyanın farklı coğrafyalarında ve kültürlerinde, hatta kentlerin, ilçelerin ve mahallelerin dahi kendi mekansal dinamikleri içerisinde farklı ihtiyaçlar ve beklentiler olduğu için her toplum için geçerli olan ideal bir sosyal sürdürülebilirlik reçetesi olmadığını vurgulamaktayız.

Sosyal sürdürülebilirliğe kamusal mekan temelli bakış açısı neticesinde gelecekteki kentsel planlama ve tasarımıyla ilgili, bilhassa konut alanları için, çeşitli dersler çıkarmak mümkündür. Kamusal mekanların özellikle tasarım öğelerini iyileştirerek ve mekansal kaliteyi artırarak sosyal değerlerini geri kazanmak için mikro ölçekte değerlendirmeler ve iyileştirmeler yapılmalıdır. Bu, mevcut tüm kamusal mekanların veya konut alanlarının yeniden planlaması gerekliliği anlamına gelmemektedir. Fakat, kamusal mekan akupunkturu veya yer oluşturma (placemaking) gibi teşvik edici araçların yardımıyla birçok çözüm sağlanabilir.

Kentsel mekanların içinde bulunduğu temel problemleri çözmek için, özellikle zayıf erişilebilirlik, sosyal altyapı ve günlük yaşam ihtiyaçlarına yönelik mekanların eksikliği, açık mekan ve yeşil alanların yetersizliği gibi konuların çözüm arayışında hükümetler ve yerel yönetimler kentsel yol haritaları ve stratejileri oluşturmalıdır. Kentsel mekanın karmaşık bir alan olduğu düşünülduğünde, sosyal sürdürülebilirliği teşvik etmesi için çok yönlülüğünü destekleyen stratejilerin ekonomi, sanayileşme, kentleşme, ekoloji ve kentsel dönüşüm gibi diğer alanlardaki politikalarla da uyum sağlaması gerekmektedir. Etkin ulusal ve yerel işleyiş için ulusal aktörlerin, her kademedeki hükümet organının ve çeşitli kurumlar tarafından yapılan çalışmaların iyi bir teknik rehberlik ile koordinasyon içerisinde olması gerekmektedir. Kamu sektörünün siyasi taahhüdünün yanı sıra özel sektör, akademisyenler ve sivil toplumun

tamamı aktif bir şekilde planlamaya ve uygulamaya entegre olmalıdır. Bu entegrasyon süreci içerisinde kentsel planlama araçları ve piyasa mekanizmaları dahil olmak üzere düzenleyici ve finansal araçları, bilimsel ve etik hususlar da dahil olmak üzere kentsel ve bölgesel planlamadaki teknik uzmanlığı tam olarak kapsanmalıdır. Dolayısıyla sosyal olarak sürdürülebilir kentlerin temeli, kentsel politikada birbirini takip eden ve diğer alanlardaki politikalarla uyumlu ilişkilere, devletin her seviyesindeki kurumlardaki koordinasyona, katılıma ve eğitime dayanmaktadır.

Sosyal olarak sürdürülebilir kentler yaratmada kamusal mekan temelli yaklaşım öncelikle hükümetlere, yerel yönetimlere, kentsel araştırmacılara, tasarımcılara, planlamacılara ve mimarlara sosyal sürdürülebilirliği iyileştirecek programlar tasarlamalarına ve uygulamalarına yardımcı olacak bir bakış açısı sağlamaktadır. Kentsel planlama ve tasarım girdileri neticesinde olumlu sosyal sonuçlar elde edebilmek, başarılması gereken nihai bir kritik hedeftir. Sosyal sürdürülebilirliği sağlamak için daha fazla sosyal odaklı planlama yapılmalı ve kamusal mekanların toplumsal ve sosyal katkılarından faydalanılmalıdır.

KAYNAKÇA

Abed, A. R. (2017). Assessment of Social Sustainability: A Comparative Analysis. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Urban Design and Planning*, 170(2), 72–82. <https://doi.org/10.1680/jurdp.16.00020>

Akcali, S., ve Cahantimur, A. (2022). The Pentagon Model of Urban Social Sustainability: An Assessment of Sociospatial Aspects, Comparing Two Neighborhoods. *Sustainability*, 14 (9), 4990. <https://doi.org/10.3390/su14094990>

Ali, H. H., Al-Betawi, Y. N., ve Al-Qudah, H. S. (2019). Effects of Urban Form on Social Sustainability – A Case Study of Irbid, Jordan. *International Journal of Urban Sustainable Development*, 11(2), 203–222. <https://doi.org/10.1080/19463138.2019.1590367>

Alipour, S. M. H., ve Galal Ahmed, K. (2021). Assessing the Effect of Urban Form on Social Sustainability: A Proposed 'Integrated Measuring Tools Method' for Urban Neighborhoods in Dubai. *City, Territory and Architecture*, 8(1), 1. <https://doi.org/10.1186/s40410-020-00129-4>

Altman, I. (1992). A Transactional Perspective on Transitions to New Environments. *Environment and Behavior*, 24(2), 268–280. <https://doi.org/10.1177/0013916592242008>

Bacon, N. D., Cochrane, S., Woodcraft, J., ve Brown, C. (2012). *Creating Strong Communities: How to Measure the Social Sustainability Of New Housing Developments*. http://www.social-life.co/media/files/Creating_Strong_Communities.pdf one.ashx?rev=b79c26ed7e9b480b80ac783c6

Barton, H. (2013). Urban Form and Locality. İçinde H. Barton (Ed.), *Sustainable Communities: The Potential for Eco-neighbourhoods* (ss. 127-144). Routledge.

Benn, S., ve Gaus, G. (1983). *Public and Private in Social Life*. Croom Helm.

Berkman, L., ve Glass, T. (2000). Social Integration, Social Networks, Social Support, and Health. İçinde L. Berkman ve I. Kawachi (Ed.), *Social Epidemiology* (ss. 158-162). Oxford University Press.

Birleşmiş Milletler (2015). *The 2030 Agenda for Sustainable Development*. https://sdgs.un.org/sites/default/files/publications/21252030_Agenda_for_Sustainable_Development_web.pdf

Bramley, G., Dempsey, N., Power, S., Brown, C., ve Watkins, D. (2009). Social Sustainability and Urban Form: Evidence from Five British Cities. *Environment and Planning A: Economy and Space*, 41(9), 2125-2142. <https://doi.org/10.1068/a4184>

Bridge, G. (2002). The Neighbourhood and Social Networks. *Paper- ESRC centre for neighbourhood research, April*, 16-18.

Carmona, M., Heath, T., Oc, T., ve Tiesdell, S. (2003). *Public Spaces Urban Spaces: The dimension of urban design*. Architectural Press.

Carmona, M. (2010). Contemporary Public Space, Part Two: Classification. *Journal of Urban Design*, 15(2), 157-173. <https://doi.org/10.1080/13574801003638111>

Carr, S., Francis, M., Rivlin, L. G., ve Stone, A. M. (1993). *Public Space*. Cambridge University Press.

Chan, E., ve Lee, G. K. L. (2008). Critical Factors for Improving Social Sustainability of Urban Renewal Projects. *Social Indicators Research*, 85(2), 243-256. <https://doi.org/10.1007/s11205-007-9089-3>

Charter of Public Space. (2013). *Biennial of Public Space*. http://www.biennalespaziopubblico.it/blog/wpcontent/uploads/2013/11/CHARTER-OF-PUBLIC-SPACE_June-2013_pdf-.pdf

Colantonio, A. (2009). Social Sustainability Assessment Framework. *Workshop on social sustainability and urban regeneration*. Oxford, 19-20 Şubat 2009.

Colantonio, A. (2010). Urban Social Sustainability Themes and Assessment Methods. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Urban Design and Planning*, 163(2), 79-88. <https://doi.org/10.1680/udap.2010.163.2.79>

Corbett, J., ve Corbett, M. (2000). *Designing Sustainable Communities: Learning from Village Homes*. Canada: Island Press.

Council of Europe. (2016). *Civil Participation in Decision-Making Processes*. <https://rm.coe.int/civil-participation-in-decision-making-processes-an-overview-of-standa/1680701801>

Crawford, M. (1999). Blurring the Boundaries: Public Space and Private Life. İçinde J. Chase, M. Crawford ve J. Kaliska (Ed.), *Everyday Urbanism* (ss. 22-35). The Monacelli Press.

Cumhurbaşkanlık Strateji ve Bütçe Başkanlığı (2019). *Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları Değerlendirme Raporu*. https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2020/03/Surdurulebilir-Kalkinma-Amaclari-Degerlendirme-Raporu_13_12_2019-WEB.pdf

Dave, S. (2011). Neighbourhood Density and Social Sustainability in Cities of Developing Countries. *Sustainable Development*, 19(3), 189-205. <https://doi.org/10.1002/sd.433>

Davidson, K. M., Kellett, J., Wilson, L., ve Pullen, S. (2012). Assessing Urban Sustainability from a Social Democratic Perspective: A Thematic Approach. *Local Environment*, 17(1), 57-73. <https://doi.org/10.1080/13549839.2011.631990>

Dempsey, N., Brown, C., ve Bramley, G. (2012). The Key to Sustainable Urban Development in UK Cities? The Influence of Density on Social Sustainability. *Progress in Planning*, 77(3), 89-141. <https://doi.org/10.1016/j.progress.2012.01.001>

Dempsey, N., Bramley, G., Power, S., ve Brown, C. (2011). The Social Dimension of Sustainable Development: Defining Urban Social Sustainability. *Sustainable Development*, 19(5), 289-300. <https://doi.org/10.1002/sd.417>

Dewey, J., ve Bentley, A. F. (1949). *Knowing and the Known*. Boston: Beacon.

Downs, A. (1981). *Neighborhoods and Urban Development*. Washington: Brookings Institution.

Enyedi, G. (2002). Social Sustainability of Large Cities. *Ekistics and The New Habitat*, 69(412-414), 142-144. <https://doi.org/10.53910/26531313-e200269412-414401>

Gehl, J., ve Gemzøe, L. (1996). *Public spaces Public Life*. Copenhagen: Arkitektens Forlag.

Gehl, J. (2011). *Life between buildings: Using public space*. Skive: Arkitektens Forlag.

Gerson, K., Stueve, C. A., ve Fischer, C. S. (1977). Attachment to Place. İçinde C. S. Fischer, R. M. Jackson, C. A. Stueve, K. Gerson, L. Jones ve M. Baldassarre (Ed.), *Networks and Places* (ss. 139-161). New York: The Free Press.

Ghahramanpouri, A., Lamit, H., ve Sedaghatnia, S. (2013). Urban Social Sustainability Trends in Research Literature. *Asian Social Science*, 9(4), 185–193. <https://doi.org/10.5539/ass.v9n4p185>

Giuliani, M. V. (2003). Theory of Attachment and Place Attachment. İçinde M. Bonnes, T. Lee ve M. Bonaiuto (Ed.), *Psychological Theories for Environmental Issues* (ss. 137–170). Aldershot, UK: Ashgate.

Harris, V. (2001). *Community Work Skills Manual*. <http://www.ncdn.org/wp-content/uploads/2013/09/Community-Work-Skills-Manual-2009.pdf>

Hemani, S., Das, A. K., ve Chowdhury, A. (2017). Influence of Urban Forms on Social Sustainability: A Case of Guwahati, Assam. *URBAN DESIGN International*, 22(2), 168–194. <https://doi.org/10.1057/s41289-016-0012-x>

Hummon, D. M. (1992). Community Attachment. İçinde *Place Attachment* (ss. 253–278). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4684-8753-4_12

Iveson, K. (1998). Putting the Public back into Public Space. *Urban Policy and Research*, 16(1), 21–33. <https://doi.org/10.1080/08111149808727745>

İzmir Kalkınma Ajansı. (2015). *İzmir Bölge Planı 2014-2023*. http://izka.org.tr/wp-content/uploads/pdf/01_bolgeplani_1.pdf

Jabareen, Y. R. (2006). Sustainable Urban Forms: Their Typologies, Models, and Concepts. *Journal of Planning Education and Research*, 26(1), 38–52. <https://doi.org/10.1177/0739456X05285119>

Karuppanan, S., ve Sivam, A. (2011). Social Sustainability and Neighbourhood Design: An Investigation of Residents' Satisfaction in Delhi. *Local Environment*, 16(9), 849–870. <https://doi.org/10.1080/13549839.2011.607159>

Kavanagh, L. (2009). *Social Sustainability and High Density Development*. Brisbane: P.A.D. Partners. <https://www.planning.org.au/documents/item/1177>

Kohn, M. (2004). *Brave New Neighbourhoods, the Privatization of Public Space*. Routledge.

Kuo, F. E., Bacaicoa, M., ve Sullivan, W. C. (1998). Transforming Inner-City Landscapes. *Environment and Behavior*, 30(1), 28–59. <https://doi.org/10.1177/0013916598301002>

Kyttä, M., Broberg, A., Haybatollahi, M., ve Schmidt-Thomé, K. (2016). Urban Happiness: Context-Sensitive Study of the Social Sustainability of Urban Settings. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 43(1), 34–57. <https://doi.org/10.1177/0265813515600121>

Landorf, C. (2011). Evaluating Social Sustainability in Historic Urban Environments. *International Journal of Heritage Studies*, 17(5), 463–477. <https://doi.org/10.1080/13527258.2011.563788>

Low, S. M., ve Altman, I. (1992). Place Attachment: A Conceptual Inquiry. İçinde S. M. Low ve I. Altman (Ed.), *Place Attachment* (ss. 1-12). Plenum Press.

Lund, H. (2002). Pedestrian Environments and Sense of Community. *Journal of Planning Education and Research*, 21(3), 301-312. <https://doi.org/10.1177/0739456X0202100307>

Lund, H. (2003). Testing the Claims of New Urbanism: Local Access, Pedestrian Travel, and Neighboring Behaviors. *Journal of the American Planning Association*, 69(4), 414-429. <https://doi.org/10.1080/01944360308976328>

Maas, J., Spreeuwenberg, P., van Winsum-Westra, M., Verheij, R. A., Vries, S., ve Groenewegen, P. P. (2009). Is Green Space in the Living Environment Associated with People's Feelings of Social Safety? *Environment and Planning A: Economy and Space*, 41(7), 1763-1777. <https://doi.org/10.1068/a4196>

Madanipour, A. (2003). *Public and Private Spaces of the City*. Routledge.

Madanipour, A. (2007). Social Exclusion and Space. İçinde R. T. LeGates ve F. Stout (Ed.), *The City Reader* (ss. 158-165). Londra: Routledge.

McKenzie, S. (2004). Social Sustainability: Towards Some Definitions University of South Australia. *University of South Australia*, 27, 1-31.

McMillan, D. W., ve Chavis, D. M. (1986). Sense of Community: A Definition and Theory. *Journal of Community Psychology*, 14(1), 6-23. [https://doi.org/10.1002/1520-6629\(198601\)14:1<6::AID-JCOP2290140103>3.0.CO;2-I](https://doi.org/10.1002/1520-6629(198601)14:1<6::AID-JCOP2290140103>3.0.CO;2-I)

Mekansal Planlar Yapım Yönetmeliği, (2014). <https://www.mevzuat.gov.tr/File/GeneratePdf?mevzuatNo=19788&mevzuatTur=KurumVeKurulusYonetmeli&mevzuatTertip=5>

Nash, V., ve Christie, I. (2003). *Making Sense of Community*. Londra: Institute for Public Policy Research.

Ng, M. K., Cook, A., ve Chui, E. W. T. (2001). The Road Not Travelled: A Sustainable Urban Regeneration Strategy for Hong Kong. *Planning Practice and Research*, 16(2), 171-183. <https://doi.org/10.1080/02697450120077370>

Nirun, N. (1991). *Sistemik sosyoloji yönünden sosyal dinamik bünye analizi*. Ankara: Atatürk Kültür Merkezi Yayınları.

Polese, M., ve Stren, R. (2000). Understanding the New Sociocultural Dynamics of Cities: Comparative Urban Policy in a Global Context. İçinde M. Polese ve R. Stren (Ed.), *The Social Sustainability of Cities* (ss. 3-38). University of Toronto Press. <https://doi.org/10.3138/9781442682399>

Porta, S., ve Renne, J. L. (2005). Linking Urban Design to Sustainability: Formal Indicators of Social Urban Sustainability Field Research in Perth, Western Australia. *URBAN DESIGN International*, 10(1), 51-64. <https://doi.org/10.1057/palgrave.udi.9000136>

Proshansky, H. M. (1978). The City and Self-Identity. *Environment and Behavior*, 10(2), 147-169. <https://doi.org/10.1177/0013916578102002>

Sanoff, H. (2000). *Community Participation Methods in Design and Planning*. John Wiley & Sons.

Scannell, L., ve Gifford, R. (2010). Defining Place Attachment: A Tripartite Organizing Framework. *Journal of Environmental Psychology*, 30(1), 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2009.09.006>

Shaftoe, H. (2000). Community Safety and Actual Neighbourhoods. İçinde H. Barton (Ed.), *Sustainable communities: The Potential for Eco-neighbourhoods* (ss. 230-245). Earthscan Publications.

Shirazi, M. R., Keivani, R., Brownill, S., ve Butina Watson, G. (2022). Promoting Social Sustainability of Urban Neighbourhoods : The Case of Bethnal Green, London. *International Journal of Urban and Regional Research*, 46(3), 441-465. <https://doi.org/10.1111/1468-2427.12946>

Soltani, S., Gu, N., Ochoa, J. J., ve Sivam, A. (2022). The Role of Spatial Configuration in Moderating the Relationship between Social Sustainability and Urban Density. *Cities*, 121, 103519. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2021.103519>

Staeheli, L. A., ve Mitchell, D. (2007). Locating the Public in Research and Practice. *Progress in Human Geography*, 31(6), 792-811. <https://doi.org/10.1177/0309132507083509>

Stokols, D., ve Shumaker, S. A. (1981). People in Places: Transactional View of Settings. İçinde J. H. Harvey (Ed.), *Cognition, Social Behavior, and the Environment* (ss. 441-488). Lawrence Erlbaum Associates.

Stott, B. M., Stott, N., ve Wiles, C. (2009). *Learning from the Past? Growth Areas and New Communities*. Norfolk: Keystone development.

Talen, E. (2001). Reconciling the Link Between New Urbanism and Community. *American Planning Association 2001 National Planning Conference*. <http://www.asu.edu/caed/proceedings01/TALEN/talen.htm>

Tonnelat, S. (2010). The Sociology of Urban Public Spaces. İçinde H. Wang, M. Savy ve G. Zhai (Ed.), *Territorial Evolution and Planning Solution: Experiences from China and France* (ss. 84-92). Atlantis Press.

UN General Assembly. (2017). *Resolution 71/256. New Urban Agenda. January*, 29. <http://habitat3.org/wp-content/uploads/New-Urban-Agenda-GA-Adopted-68th-Plenary-N1646655-E.pdf>

Wapner, S. (1981). Transactions of Persons-in-environments: Some Critical Transitions. *Journal of Environmental Psychology*, 1(3), 223-239. [https://doi.org/10.1016/S0272-4944\(81\)80041-2](https://doi.org/10.1016/S0272-4944(81)80041-2)

Weingaertner, C., ve Moberg, Å. (2014). Exploring Social Sustainability: Learning from Perspectives on Urban Development and Companies and Products. *Sustainable Development*, 22(2), 122-133. <https://doi.org/10.1002/sd.536>

Werner, C. M., Brown, B. B., ve Altman, I. (2002). Transactionally Oriented Research: Examples and Strategies. İçinde R. B. Bechtel ve A. Churchman (Ed.), *Handbook of Environmental Psychology* (ss. 203-221). New York: John Wiley.

Wood, L., Frank, L. D., ve Giles-Corti, B. (2010). Sense of Community and its Relationship with Walking and Neighborhood Design. *Social Science and Medicine*, 70(9), 1381-1390. <https://doi.org/10.1016/j.socscimed.2010.01.021>

Woodcraft, S., Hackett, T., ve Caistor-Arendar, L. (2011). *Design for Social Sustainability: A Framework for Creating Thriving New Communities*. Londra: The Young Foundation. <http://youngfoundation.org/publications/designfor-social-sustainability/>

Yiftachel, O., ve Hedgcock, D. (1993). Urban Social Sustainability: The Planning of an Australian City. *Cities*, 10(2), 139-157. [https://doi.org/10.1016/0264-2751\(93\)90045-K](https://doi.org/10.1016/0264-2751(93)90045-K)

BURSA HANLARINDA MEKÂNSAL TERCİHLER, MEKÂN DİZİMİ VE İŞLEV ÜZERİNE BİR KARŞILAŞTIRMA

Kemal Furkan ULUSOY¹, Süheyla BÜYÜKŞAHİN²

Öz: Bursa Hanları, tarihsel süreçte doğal ve beşeri faktörler neticesinde mekânsal dönüşümler geçirmiştir. Geçmişte ticaret ve konaklama işlevi ile bilinen hanlar, günümüzde ticaret, eğitim, ya da sosyal işlevlerle kullanılmaya devam edilmektedir. Fiziksel olarak varlığını koruyan fakat günümüzde işlevini yitirmeye başlayan hanların üst katları, tahribata uğramakta ve hasar görmektedir. Kültürel miras niteliği taşıyan bu kimlikli yapılar, işlev kaybına uğramadan canlandırılmalıdır. Canlandırma yöntemlerinden birisi olan yeniden işlevlendirme, eski işlevin yeniden kurgulanması ya da yapıya yeni bir işlev yüklenerek mekanların düzenlenmesi ile tarihi dokuyu korumakta ve canlandırmaktadır. Hanlar Bölgesi'nde bulunan yapıların mevcut durumu, veriler toplanarak değerlendirilmiştir. Gözlem, uzman kişi ve kullanıcı görüşü, bilgisayar destekli program analizleri ile Hanlar Bölgesi incelenmiştir. Değerlendirmeler neticesinde mekân dizim analizi için Syntax 2D yazılımı ile Balibey Han, Eski İpek Han ve Pirinç Han incelenmiştir. Mevcut durumları analizler kapsamında değerlendirilerek karşılaştırma yöntemi ile tarihi çevrenin kimliğini yansıtacak, bölgenin konaklama ihtiyacını karşılayacak yapı tipolojisi yeniden işlevlendirilme önerileriyle belirlenmektedir. Bölgenin ve yapıların kimliğinin kaybolmaması, gelecek nesillere aktarılması için, zemin kotları önemsenen fakat üst katları atıl halde bırakılan hanların kimlik kaybının önüne geçilmelidir.

Anahtar Kelimeler: Bursa Hanları, Mekân Dizimi, Mekânsal Konfigürasyon, Yeniden İşlevlendirme

1 Aksaray Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Aksaray / Türkiye, e-mail: furkanulusoy1996@hotmail.com, Orcid No: 0000-0002-3374-8264

2 Necmettin Erbakan Üniversitesi, Güzel Sanatlar ve Mimarlık Fakültesi, Konya / Türkiye, e-mail: suheylabuyuksahin@gmail.com, Orcid No: 0000-0001-5869-3629

GİRİŞ

Kültürel sürekliliği sağlamak, yapı ve yöre kimliğini gelecek kuşaklara aktarmak için günümüze kadar gelmiş kültürel miraslar önem taşımaktadır. Dönemin sosyal, kültürel, teknolojik faktörleri ve toplum ihtiyaçlarına göre değişkenlik gösteren mekan işlevleri, niteliğini yitirmeye başladığında korumak için müdahale gerekmektedir. İşlevini kaybetmeye başlayan yapılar için yeniden işlevlendirme yöntemi ile yapının canlandırılması yaygın olarak kullanılmaktadır.

Bir yapının yeniden işlevlendirilmesi için çeşitli analizlere ihtiyaç duyulmaktadır. Kente ve kentliye katkıda bulunacak en uygun işlevin seçilmesi için gözlem ya da kullanıcı görüşüne başvurmayı destekleyecek analizler gerekmektedir. Analizler bağlamında yapıya işlev verirken, öncelikle yapının ilk kullanımına uygun fonksiyonlar değerlendirilmektedir. Yapının mevcut durumuna, konumuna, kullanıcı profiline ek olarak bilgisayar destekli mekânsal analizler yapılmaktadır. Gözlemi ve kullanıcı isteklerini destekleyici bu analizler, mekânsal tercihlerin yapıya ve çevreye zarar vermeyecek ölçüde yapılmasına katkıda bulunmaktadır.

Sanayileşme ve seri üretim sonrası dönüşen küresel dünya düzeninde temel amaç, tarihi dokuda bulunan işlevin, mekanın ruhunun sanatsal değeri ile birlikte gelecek nesillere aktarılması olmalıdır. Yapıların ana işlevlerinin, Hanlar Bölgesi bağlamında değerlendirildiğinde en büyük ihtiyaçlardan biri olduğu ortaya çıkmaktadır. Tarihi çevre ile bütünleşmenin yollarından birisi tarihi çevreyi günün her saatinde deneyimlemek ile kuvvetlenmektedir. Bu nedenle analizler bağlamında yeniden işlevlendirilmesi planlanan tarihi dokular çevresel değeri arttırmalı, yörenin kimliğini geçmişin izleri ile birlikte aktarmalı ve ziyaretçilere şehri nesnel olarak yaşatmalıdır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Bursa Hanlar Bölgesi'nde hanların eski işlevleri, günümüz işlevleri ve planları incelenerek mekânsal tercih önerilerinde bulunulmuştur. Bölgenin konaklama ihtiyacını karşılayabilmesi ve bölgenin tanıtımı için eski işlevi konaklama ve ticaret olan hanlar ele alınmıştır. Bursa Hanlar

Bölgesi ve çevresinde veri toplama işlevi görsel gözlem, uzman kişiler, kamu çalışanları ve mekanı deneyimleyen yerel halk ile görüşülerek gerçekleştirilmiştir. Bursa Hanlar Bölgesi ve çevresi hakkında veri toplamak için ayrıca ulusal ve uluslararası kaynaklar incelenmiştir.

Bursa Hanlar Bölgesi kapsamında incelemeler yapılmış ve erişilebilirlik ilkesi ile kimliğin yansıtılması açısından konaklamaya uygun mekanlar seçilmiştir. Yapıların tercihinde gözlem, uzman kişiler, bölgede çalışan kamu personelleri ve yöre halkı ile görüşme etkili olmuştur. Balibey Han, İpek Han ve Pirinç Han'ın üst katlarında işlev problemleri tespit edilerek yeniden işlevlendirme için mekânsal tercihlerde bulunulmuştur. Zemin katlarında devam eden ticari işlevlerin korunarak, kullanım sıklığı düşük olarak belirlenen üst katların karşılaştırma yöntemi ile eski işlevi olan konaklama işlevine döndürülmesi mekânsal dizim yöntemi ile yapılan karşılaştırmalı analizler ile değerlendirilmiştir.

Mekanın biçimlenme parametrelerinden "bütünleşme değeri" yöntemde ana ölçüttür. Bunun dışında analiz modelinde bağlantısallık (connectivity), derinlik (depth), geçirgenlik (permeability), kompaktlık (compactness), yönelme (orientation) vb. parametre değerleri ve bunların birbirleri ile ilişkisi mimari ve kentsel ölçekte mekansal özelliklerin analiz edilmesinde kullanılır (Gündoğdu, 2014: 259). Bir mekanın doğrudan bağlı olduğu birincil derece mekan sayısı Bağlantısallık Değeri (Connectivity) ile ölçülmektedir. Kaya (2007)'ya göre; Bütünleşme Değeri (Integration): Mekansal dizin yönteminin en önemli parametresidir. Bir kentsel mekandaki bütünleşme değerinin dağılımının alandaki hareket dokusuyla ilişkili olduğu kabul edilmektedir. Böylelikle kentsel alanlar, değişik seviyelerdeki bütünleşme durumlarına göre birbirleriyle karşılaştırılabilir. Bu anlamda bütünleşme değerinin kentsel alanlar için bir kalite ölçüsü olarak kullanılması mümkündür (Teklenburg ve diğ., 1993).

Mekan dizimi analizi ile günümüz mekan sınırlarının yeniden oluşması ve işlevlendirilebilmesi amaçlanmaktadır. Tasarım sınırları, mekan konfigürasyonları, mekânsal yönlendirmeler program ile geliştirilerek mekânsal tercihler güçlendirilmektedir. Hanların 1.katlarında Syntax 2D yazılımı ile mekânsal dizim analizleri yapılarak mekânsal tercih öne-

rilerinde bulunmaktadır. Syntax 2D yazılımı ile mekan dizim analizi yapılan hanların analiz aşamalarında;

1. Hanların birinci kat planları programa tanıtılmış,
2. Dışbükeyler tanımlandıktan sonra farklı katmanda içbükeyler tanımlanmış,
3. Katların bütünleşme (integration) ve bağlantısallık (connectivity) parametreleri hesaplanmıştır.

BURSA HANLARININ MEKÂNSAL DİZİM ve İŞLEV ANALİZLERİ

14. yy. dan itibaren Türkler kente ticari amaçlarla göç ederek yerleşmeye başlamışlardır. Bursa'nın Osmanlı Devleti tarafından fethedilmesi ile beraber kentteki Türk nüfusu hızla artış göstermiştir. Köprülü Bağbancı (2007)'ya göre; Bursa'nın uluslararası bir ipekçilik kenti haline gelmesinde, 14. yüzyıldan itibaren hazırlanan siyasi ve ticari koşulların yanı sıra, Türk dokumacılık tekniğinin Selçuklular döneminde Avrupa'ya tesir edecek kadar gelişmiş olması da etkili olmuştur.

Osmanlı Devleti'nin İstanbul'u fethetmesi ile birlikte idari merkez İstanbul'a taşınarak başkent ilan edilmiştir. Bu sayede ticari anlamda gelişen Bursa, Anadolu kentleri arasında en büyük yerleşim yeri olma özelliğini korumaya devam etmiştir (Ulusoy, 2022). Ticari alanda ilerleme gösteren Bursa üzerinden ticaret yolları geçmeye başlamıştır. Bu nedenle ticari mekanlar ve tüccarların konaklama ihtiyacını karşılayacak hanlar inşa edilmiştir.

Tarihi değeri yüksek olan ticari yapıların pek çoğu Osmanlı Devleti zamanında yapılmıştır (Tablo 1). Bursa kentinin şekillenmesinde, Orhan Bey ile başlayan ve sonraki dört sultan tarafından yapılmasına devam edilen külliyeler etkili olmuştur. Bu külliyeler çevresinde konut ve ticaret alanları oluşmuş, Orhan Bey sonrasında tahta çıkan diğer sultanların kent merkezindeki mevcut yapıları onarmaları ve yeni yapı yaptırmaları sonrasında, kent merkezi ve ticaret alanları gelişimini sürdürmüştür (Dostoğlu, 2001).

Tablo 1. Geleneksel Ticaret Bölgesi’ni Oluşturan Önemli Yapılar (Dede, 2010;73)

YAPI NO	YAPI ADI	YILI	YAPIM DÖNEMİ
1	ORHAN CAMİ	1339	ORHAN GAZİ (1326-1359)
2	EMİR HANI	1339	
3	BEY (ORHAN) HAMAMI	1339	
4	KAPAN HANI	1359+	I. MURAD (1359-1389)
5	NALINCILAR HAMAMI	1389	
6	ULU CAMİ	1399	I. BAYEZİD (1389-1402)
7	BEDESTEN	1400	
8	ŞENGÜL HAMAMI	1400	
9	GEYVE HANI	1413+	I. MEHMED (1413-1421)
10	İPEK HANI	1413+	
11	ÇUKUR HANI	1421+	II. MURAD(1421-1451)
12	SİPAHİ ÇARŞISI	1421+	
13	MEYHANELİ HAMAMI	1421+	
14	FİDAN HANI	1451+	II. MEHMED (1451-1481)
15	TUZ HANI	1451+	
16	GELİNCİK ÇARŞISI	1451+	
17	KOZA HANI	1491	II. BAYEZİD (1481-1512)
18	PİRİNÇ HANI	1508	

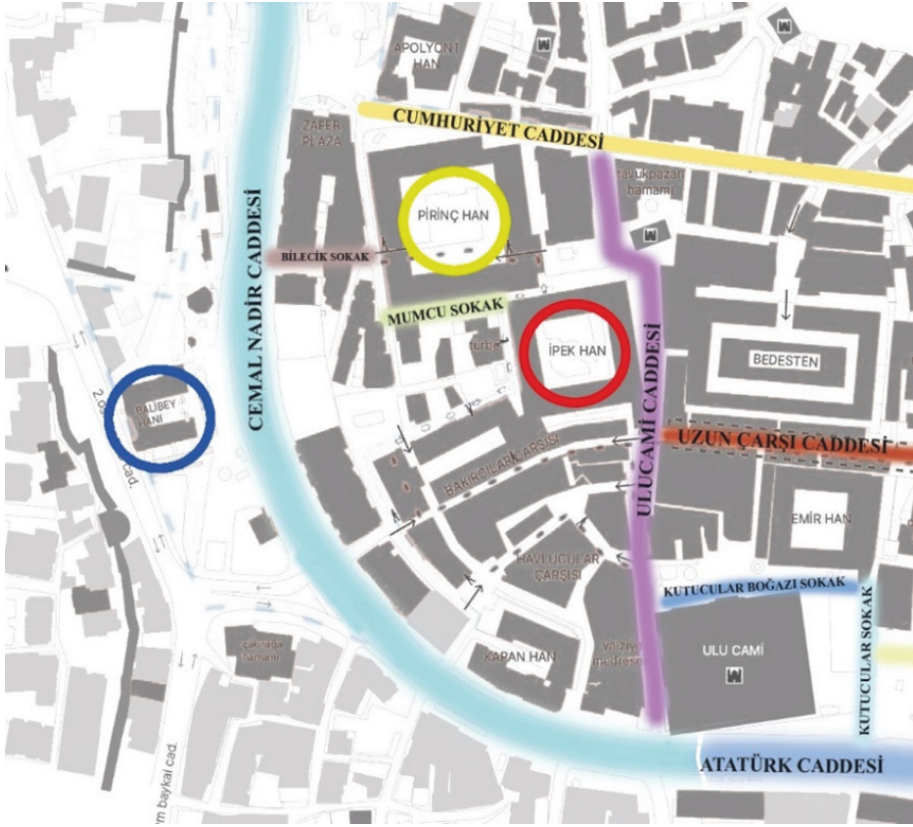
Hanlar Bölgesi, kentin merkezi noktasında bulunan, halkın ticari, sosyal, kültürel anlamda çok yoğun olarak kullandığı bir bölgedir. Bu nedenle şehrin her noktasından bu bölgeye otobüs, metro, tramvay, dolmuş veya özel araçlar ile kolayca ulaşım sağlanabilmektedir.

Bölgede yapılan analizler doğrultusunda bölgenin ana ve ara aksları analiz edilmiştir. Bölge batı kısmında Cemal Nadir Caddesi, güney kısımdan Atatürk Caddesi ile sınırlandırılarak bu ana akslar üzerinden ulaşım sağlanmaktadır. Hanlar Bölgesi’ni ortadan ikiye ayıran Cumhuriyet Caddesi araç trafiğine kapatılarak sadece yaya ve tramvay dolaşımına

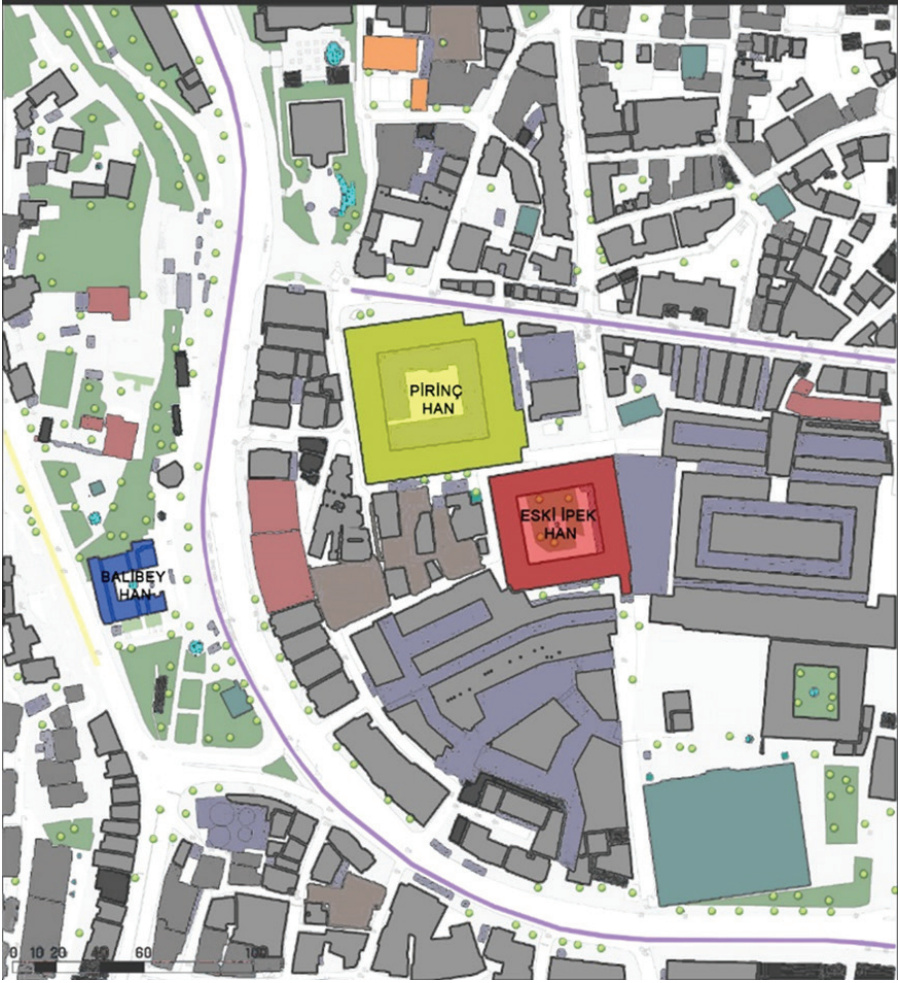
BURSA HANLARINDA MEKÂNSAL TERCİHLER, MEKÂN DİZİMİ VE İŞLEV ÜZERİNE BİR KARŞILAŞTIRMA

açılmıştır (Şekil 1). Hanlar bölgesinde yapılan çalışma kapsamında ele alınacak olan hanlar Balıbey Han, Eski İpek Han ve Pirinç Han olarak belirlenmiştir (Şekil 2).

Bölgede genellikle dar sokaklardan oluşan yakın yapılaşma gözlemlenmektedir. Bu durumdan kaynaklı olarak bazı ana akslar ve ara sokaklar genellikle araç trafiğine kapatılarak sadece yaya dolaşımı sağlanmaktadır. Araç trafiğine kapatılan bölgede tarihi dokunun korunması amaçlanmaktadır.



Şekil 1. Hanlar ve Çevresi Ana ve Ara Sirkülasyonlar (Hoş Ulusoy, 2022)



Şekil 2. Çalışma Alanları, Balıbey Han, Piriç Han, Eski İpek Han (Hoş Ulusoy, 2022)

Piriç Han

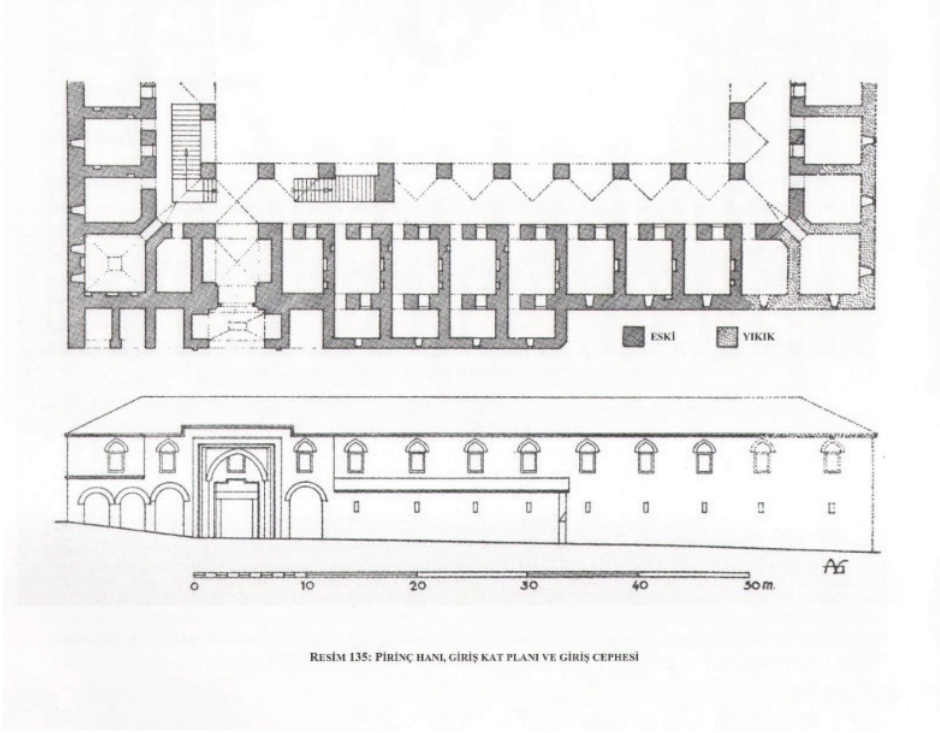
1490 yılında başlayıp 1508 yılında inşaatı tamamlanan Piriç Han, II. Beyazid'in İstanbul'daki külliyelerine gelir getirmesi amacı ile imar ettirilen yapılardan bir tanesidir. Han-ı Cedid Sani adıyla da anılan yapı, içerisinde tahıl özellikle de piriç ticareti yapılmasından kaynaklı olarak Piriç Hanı ismi ile tanınmaktadır (Şekil 3).

Kare plan yapısına sahip olan han alt katta 47, üst katta 50 odadan oluşmaktadır. Hanın ortasında olduğu bilinen köşk mescidi günümüze ulaşmamıştır. Develik ve ahır mekanları bulunmaktadır. Piriç Han moloz taş ve aralarında üç sıra tuğla ile inşa edilmiştir. Giriş cephesinde kesme taş ve yine üç sıra tuğla, avlu kemerleri ve ayakları kesme taştır. Kemerler, kubbeler ve tonozlar tuğladır (Köprülü Bağbancı, 2007). Hanın girişi doğu kısımdan verilmiştir (Şekil 4-5).

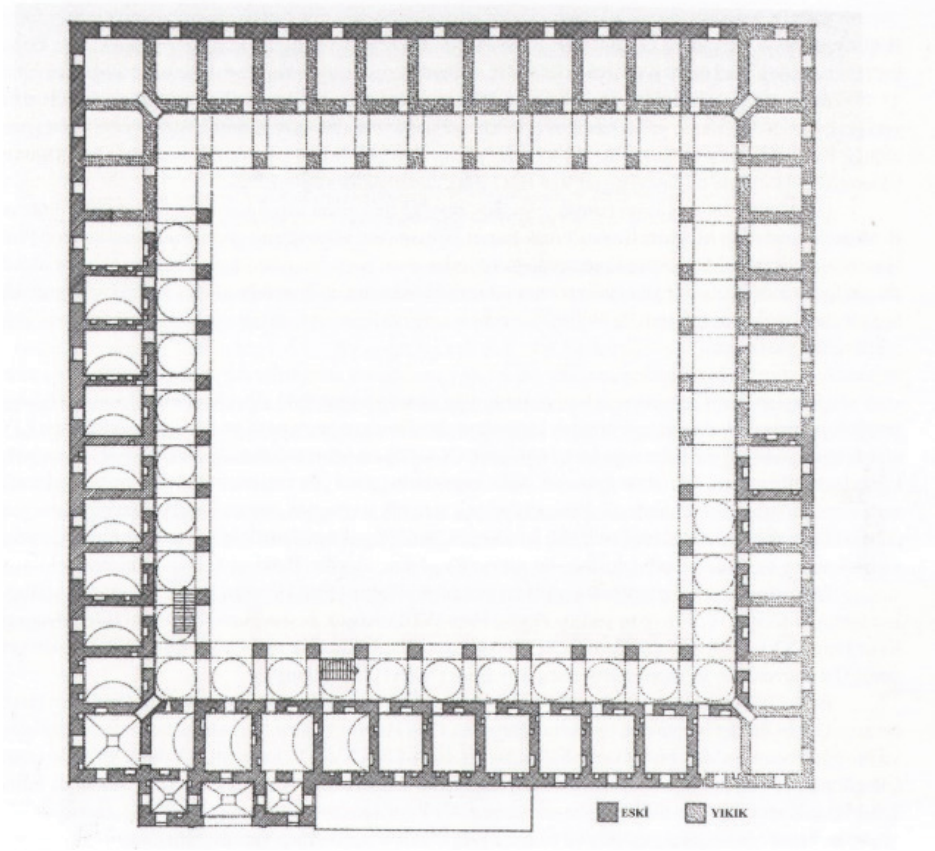
19. yy.'da yabancı tüccarların sıklıkla geldikleri ve konakladıkları bir yapıdır. 1983-2004 yılları arasında restore edilen yapının alt katı günümüzde yeme içme mekanları olarak kullanılmaktadır. Üst katlarda ise depolama ve ticari faaliyetler gerçekleşmektedir.



Şekil 3. Piriç Han, Bursa (Url 1)



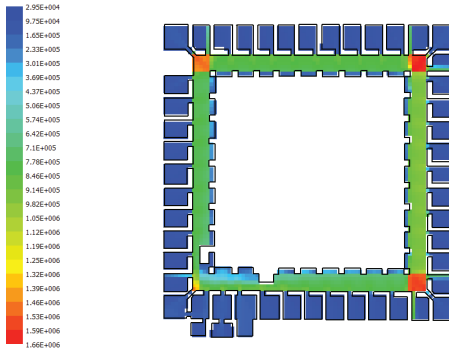
Şekil 4. Pirinç Han Zemin Kat Kısmi Planı ve Giriş Cephesi (Url 2)



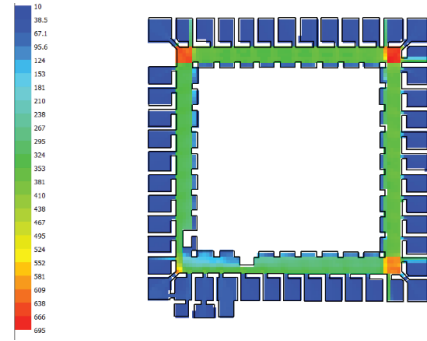
Şekil 5. Pirinç Han 1. Kat Planı (Url 2)

Depo olarak kullanılan Pirinç Han 1.Katta kesişim noktalarında bağlantısallık ve bütünleşme değerleri yüksek çıkmaktadır (Şekil 6-7). Konaklama işlevi kapsamında değerlendirildiğinde kesişim noktalarının belirli alanlarında servis mekanları tercih edilebilmektedir. Avlu ile etkileşim kurulan dağıtıcı sirkülasyonlarda bağlantısallık ve bütünleşme değeri en yüksek seviyelere çıkmaktadır. Bu tip mekanlarda kurgulanan sirkülasyonlarda tarihi eserle etkileşim kurulması için oturma birimleri yerleştirilerek düzenleme yapılabilmektedir. Değerlerin düşük olduğu depo alanları büyüklüğüne bağlı olarak konaklama birimleri olarak tercih edilmektedir. Avlu ile bütünleşmeyi sağlayan sirkülasyonlar en

aydınlık mekanlardır. Konaklama yapılarında odalar, dinlenme amaçlı kullanım yoğunluğuna bağlı olarak dizim değeri düşük alanlara yerleştirilmesi tercih edilmektedir. Ortak kullanım alanı olan etkileşim alanları, tarihi dokunun tanımlanması, bölge hakkında fikir edinme konusunda önem taşımaktadır.



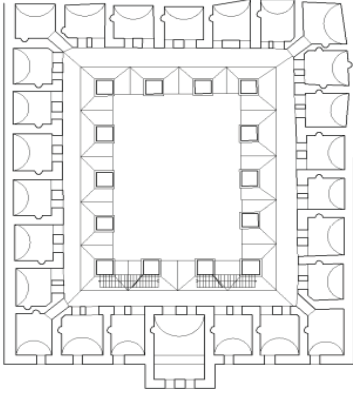
Şekil 6. Piriñ Han 1. Kat Bütünleşme (Integration) Analizi



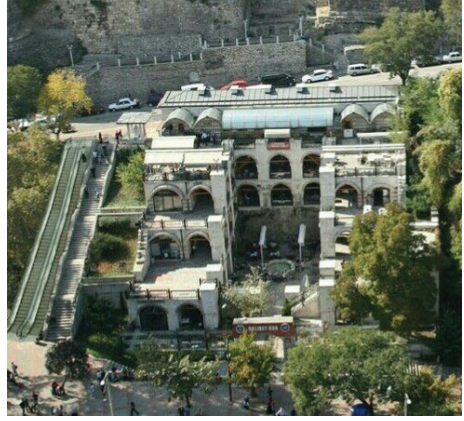
Şekil 7. Piriñ Han 1. Kat Bağlısalılık (Connectivity) Analizi

Balibey Han

'Osmangazi İlçesi'nde Çakırhamam'dan Tophane'ye çıkan caddenin başında Hisar yamaçlarında kırk merdivene bitişik bir konumdadır. Hamza Bey'in oğlu Bali Bey tarafından 15. Yüzyılın ikinci yarısında yaptırılmıştır. 64 odalı Balibey Hanı eğimden yararlanılarak üç katlı olarak inşa edilmiştir (Şekil 8-9). Bursa'da üç katlı olarak inşa edilen tek handır. Bursa çarşısı bölgesinden ayrı konumu nedeniyle, Balibey Hanı'nın 18.yüzyılda kullanımı azalmış ve giderek harap olmuştur. 1889 yılında çatıların kurşunları ve bazı kısımları onarılan han, 20. Yüzyıl başlarında posta arabalarının konaklaması için kullanılmış ve kentin posta hizmetlerini görmüş, sonraki yıllarda bazı bölümleri sığınak ve kahvehane olarak değerlendirilmiştir, ancak han 20. Yüzyıla harap bir durumda ulaşmıştır. 1984 yılında hanın ortaya çıkarılması için başlatılan süreç sonunda, han 2006-2009 yılları arasında Bursa Büyükşehir Belediyesi tarafından restore edilerek el sanatları çarşısı ve yeme içme amaçlı olarak kullanıma açılmıştır (Baykal, 1950).

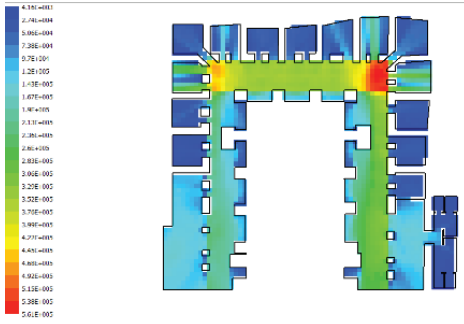


Şekil 8. Balibey Han (Ulusoy, 2022)

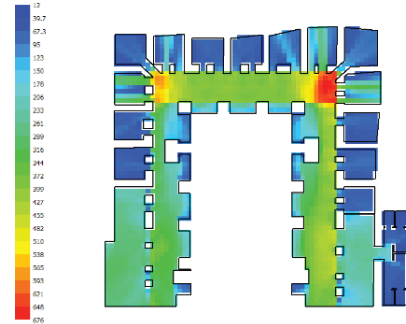


Şekil 9. Balibey Han (Url 3)

Mevcut kullanımı, zemin katta restoran, üst katlarda atölyeler şeklindedir. Geçmişte kare, avlulu tipolojiye sahip olan Balibey Han şekildedeki gibi U tipolojiye dönmüştür (Şekil 10). Kapalı mekanlara dönük 2 keşim noktası konaklama için yönelimi belirlemektedir. Yapının açık kısmına ilerledikçe bütünleşme ve bağlılık değeri yükselmektedir (Şekil 10-11). Manzara yönünde yükselen değerlerin bulunduğu mekanlar ve avluya dönük alanlar, etkileşimin yoğun olduğu noktalardır. Tarihi çevre ile bütünleşme açısından mekânsal tercih olarak oturma birimleri uç kısımlarda, konaklama birimleri de üst kısımlarda tercih edilmektedir. Mevcut işlevi kapsamında Balibey Han, diğer hanlara oranla en sık kullanılan mekan olarak tespit edilmiştir. Analizler bağlamında yeniden işlevlendirme ile eski işlevini döndürmek yerine mevcut işlevi olan ticaret ve eğitim işlevinin sürekliliği tercih edilecek yapılardandır.



Şekil 10. Balibey Han 1.Kat Bütünleşme (Integration) Analizi

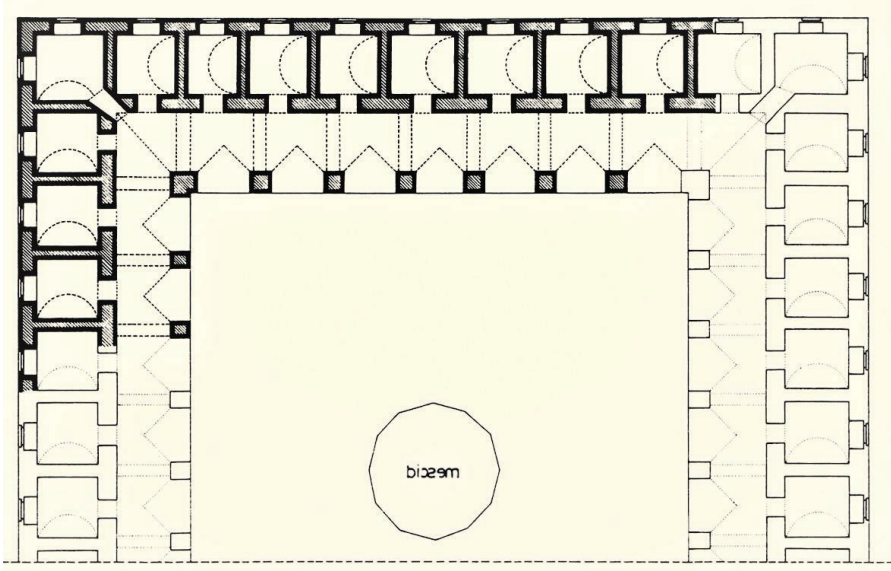


Şekil 11. Balibey Han 1.Kat Bağlıntısallık (Connectivity) Analizi

Eski İpek Han

Eski İpek Han, Ulu Cami ile Pirinç Hanı arasında, Bedesten çarşısının yanında konumlanmaktadır. Yapının batı cephesi Mumcu Sokak'ına, güney cephesi Bakırcılar Çarşısı'na, doğu cephesi Ulucami Caddesi'ne ve kuzey cephesi ise Pirinç Han aralığına bakmaktadır. Mevcut durumda, Ulucami Caddesi üzerinde doğudan alt kata bir giriş ve güneyden üst kata bir giriş olmak üzere toplam iki girişi bulunmaktadır (Ulusoy, 2022).

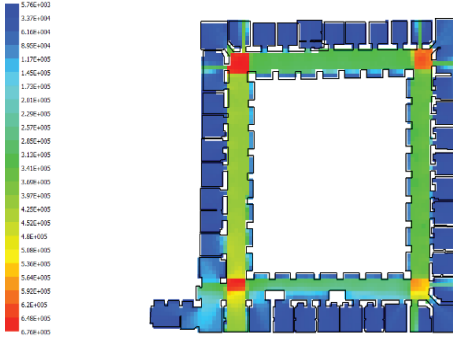
Çelebi Sultan Mehmed tarafından Yeşilcami Külliyesi'ne gelir sağlamak amacıyla inşa edilmiştir. Mimarının kim olduğu kesin olarak bilinmese de İpek Hanı'nın yakınında kendi adına bir külliye inşa eden ve Yeşilcami Külliyesi'nin de mimarı olan Hacı İvaz Paşa tarafından yapılmış olması kuvvetle muhtemeldir. (Karakaya, 2000; 368). Han, avlu etrafında iki katlı revak ile bu revaklara açılan zemin katta 39, üst katta 42 odadan oluşmaktadır (Şekil 12). Günümüzde hanın özgün kısmından sadece batı bölümü bulunmaktadır. Batı yönünde yer alan alt kat revakları çapraz tonoz, üst kat revakları kubbe, odalar ise beşik tonozla örtülüdür. Yapının beden duvarları kaba yontma taş ve tuğla ile işlenmiştir. Zemin kattaki revak ayakları ve bunlara oturan yuvarlak kemerler, taş ve tuğla ile örtülüdür. Üst kat revak ayakları ve kemerleri ise tuğladır.



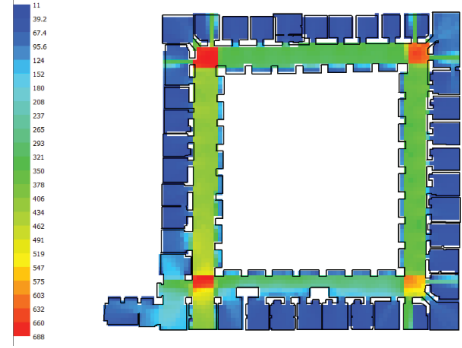
Şekil 12. Restorasyon Öncesi İpek Han Kısmi Planı (Url 4)

Eski İpek Han'da da köşe kesişim noktalarında değerler yüksek çıkmaktadır (Şekil 13-14). Konaklama işlevi düzenlenmesi düşünülen üst katta, değeri düşük çıkan odaların bu handa asma kat olması sebebiyle standart ve süit odaların olarak mekânsal tercihte bulunulması planlanmaktadır. Kesişim noktalarında bütünleşme değerlerinin artması ile servisin nasıl sağlanacağı, servis birimlerinin konumu tespit edilebilmektedir. Bütünleşme ve bağlantısallık değeri yüksek çıkan, avluya bakan dağıtıcı sirkülasyonlar, konaklayacak olan müşterilerin tarihi dokunun kimliğini tanımlayabilmesi için oturma birimleri yerleştirilerek mekânsal düzenlemeler yapılabilmektedir. Değeri yüksek olan 4 kesişim noktasında konumlandırılacak servis mekanları, odaların önünde konumlanan oturma birimlerine hizmet verebilmesi mekânsal tercihler arasında bulunmaktadır. Mevcut hali depo olan odaların akşam ve gece vakitlerinde müşteriler tarafından deneyimlenmesi, kimliğinin aktarılabilmesi için özel olarak dizayn edilmesi gerekmektedir. Değeri düşük çıkan odaların özel olarak tasarlanması, yatma birimleri olarak dekore

edilmesi analizler bağlamında mekânsal tercihlerin en önemlilerinden birisi olmaktadır.



Şekil 13. Eski İpek Han 1.Kat Bütünleşme (Integration) Analizi



Şekil 14. Eski İpek Han 1.Kat Bağlantısallık (Connectivity) Analizi

BULGULAR ve KARŞILAŞTIRMA

Syntax 2D yazılımı ile mekânsal dizim analizleri yapılan hanların virgülle ayrılmış parametre değerleri ortalamalar alınarak elde edilmiştir. Hanlar Bölgesi'nde konaklama yapısı olarak tercih edilecek yapı görsel değerlendirmeler ve istatistiki değerlerin ortalaması alınarak mekânsal düzenleme önerileri ortaya çıkmaktadır. Balibey Han, Piriñ Han ve Eski İpek Han'ın mekânsal dizim analizi yapılırken ortaya çıkan değerlerin ortalaması;

Tablo 2. Hanların Mekansal Dizim Analizi Ortalama Parametre Değerleri

Hanlar	Bütünleşme (Integration) Değeri	Bağlantısallık (Connectivity) Değeri
Balibey Han	1,66458	234,767
Eski İpek Han	1,81351	195,661
Piriñ Han	1,51249	167,108

Bütünleşme (Integration) Analizi değerlerinin ortalaması alındığında en düşük değer Piriñ Han'da, en yüksek değer Balibey Han'da çıkmaktadır. Bütünleşme değerine göre; yeniden işlevlendirilecek yapı

seçimi ile ilgili analiz değerleri ortalaması da diğer yöntemlerle birleşerek kullanım sıklığı az olan yapıda konaklama düzenlemesine yönlendirmektedir. Bağlantısallık (Connectivity) Analizi değerlerine de bakıldığında Pirinç Han'ın 1.Katı en düşük, Balibey Han'ın değeri en yüksek çıkmaktadır.

SONUÇ

Gözlem, uzman ve kullanıcı görüşü, kaynak araştırması sonucu, üst kat işlevlerinin zayıf olduğu öngörülen Balibey Han, Eski İpek Han ve Pirinç Han, Syntax 2D ile analiz edilmiştir. Analiz sonucuna göre, bireysel olarak değerlendirildiğinde yapıların üst katlarında kesişim noktaları tespit edilmiştir. Kesişim noktalarında değerlerin yükselmesi, konaklama işlevi yapıya yeniden yüklenirse servis noktalarının yeri ve odalara dağılımın nerelerden sağlanacağını aktarmaktadır. Avluya dönük en aydınlık dağıtıcı sirkülasyonlar, etkileşimin yüksek olduğu diğer noktalardandır. Bu bölgelerde kullanıcıların tarihi çevre ile bütünleşmesi için sosyo-kültürel aktivitelerin düzenlenmesi ve oturma birimlerinin kurgulanması etkileşimi arttıracaktır.

Yapılar bireysel olarak değerlendirildiğinde, Balibey Han'ın zemin kat ticari işlevinin güçlü olduğu, konum olarak işlek bir yerde bulunduğu görülmektedir. Geçmişte konaklama birimleri olarak kullanılan üst katlar günümüzde atölye olarak kullanılmaktadır. Bu yapıya yüklenen işlev ticaret ve eğitim olarak devam etmektedir. İşlevsel olarak kıyaslandığında mevcut işlevinin sürdürülmesi kullanıcılar tarafından desteklenmektedir. Mekansal dizim analizi verileri ortalamasına göre de diğer hanlara oranla değerlerin yüksek çıktığı görülmektedir. Konaklama işlevlerinde ziyaretçilerin günün erken saatleri ve akşam uyku öncesi kullanım sıklığı yoğun olarak görülmektedir. Bu sebeple yatma birimlerinin mekânsal dizim analizinde ortaya çıkan değerlerden düşük olan değere göre düzenlenmesi gerekmektedir. Tipolojik olarak benzerlik gösteren Eski İpek Han ve Pirinç Han üst katları analiz verilerinin parametre değerlerinin ortalaması alınarak karşılaştırılmıştır. 3 hanın karşılaştırılması sonucu ortalama değerlerden Bütünleşme (Integration) ve Bağlantısallık (Connectivity) değerleri Pirinç Han'da diğer hanlara oranla düşük çıkmaktadır.

Mekansal dizim analizleri görselleri incelendiğinde, Balibey Han'ın mevcut işlevi bilgisayar destekli analizde de mevcut işlevini destekler nitelikte görülmektedir. Benzerlik gösteren Pirinç Han ve Eski İpek Han arasında yapılan karşılaştırma ise verilerin ortalamasının alınması sonucu belirlenmiştir. Gözlem, kullanıcı ve uzman görüşü ya da mekânsal dizim analizlerinin görsel olarak yorumlanmasının 2 han arasında tercih yapılmasında yeterli görülmemiştir. Ortalama istatistiklerin çıkması ile Pirinç Han yeniden işlevlendirme yapılması gereken üst kat olarak belirlenmektedir. Bursa Hanlar Bölgesi'ni ulusal ve uluslararası düzeyde ziyaretçilerin deneyimlemeleri için tarihi doku ile bütünleştirilmesi, yörenin kimliğini, kültürünü aktarmak için önemlidir. Eski işlevi konaklama ve ticaret olan hanların da yeniden işlevlendirme yöntemi ile ele alınması, tarihi dokunun günün her saatinde deneyimlenmesi için aracı olacaktır.

KAYNAKÇA

- Baykal, K. (1950). Bursa ve Anıtları, Bursa Ansiklopedisi, Cilt 1
- Dede, R. (2010). Bursa Tarihi Kapalı Çarşı'da Kentsel Dış Mekan Organizasyonu Açısından Analitik Bir İnceleme, Doktora Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Dostoğlu, N. (tarih yok) Bursa'da geçmişten günümüze kentsel ve mimari değişim, Osmangazi Belediyesi Hisar Dergisi, 'Eskinin Bursa'sı' sayısı: 20-31. <https://docplayer.biz.tr/4086324-Bursa-da-gecmisten-gunumuze-kentsel-ve-mimaridegisim.html> (Erişim tarihi: 23.09.2022)
- Gündoğdu, M. (2014). Mekan Dizimi Analiz Yöntemi Ve Araştırma Konuları, *Art-Sanat*, 2/2014, 251-274.
- Karakaya, E. (2000). İpek Hanı, Türkiye Diyanet Vakfı İslâm Ansiklopedisi, TDV Yayınları, İstanbul
- Kaya, B. (2007). Mekanın Görülebilirlik Özellikleri İle Güvenlik Hissi Arasındaki İlişkinin Araştırılması, Maçka Demokrasi Parkı Örneği, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Köprülü Bağbancı, Ö. (2007). Bursa Hanlar Bölgesi Değişim ve Dönüşüm Sürecinin İncelenmesi Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi, YTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

BURSA HANLARINDA MEKÂNSAL TERCİHLER, MEKÂN DİZİMİ VE İŞLEV ÜZERİNE
BİR KARŞILAŞTIRMA

Teklenburg, J.A.F., Timmermans, H.J., Wagenberg, F., (1993), "Space Syntax: Standised Integration Measures And Some Simulations, Environment And Planning B: Planning and Design", Vol:20

Ulusoy Hoş, A.Y. (2022). Tarihi Yapılarda Koruma ve Yeniden İşlevlendirme: Bursa Eski İpek Han, Konya Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya

İNTERNET KAYNAKLARI

<https://yarismalar.bursa.bel.tr/yarismalar/bursa-hanlar-bolgesi-carsibasikentsel-tasarim-proje-yarismasi/>

<https://www.bursa.com.tr/tr/mekan/pirinc-han-120/>

<https://www.kulturportali.gov.tr/turkiye/bursa/gezilecekyer/balibey-han>

<https://www.sanatin Yolculugu.com/bursa-ipek-hani/>

TEMEL TASARIM KAVRAMININ İÇ MİMARLIK VE RESİM BRANŞLARI ÖZELİNDE DİSİPLİNLERARASI DEĞERLENDİRİLMESİ

Damla ÇAĞAL TAŞDELEN¹

Öz: Bir eseri algılama ve anlama şekli, eseri oluşturan kompozisyonun, görsel ifadesinin yorumuna bağlı olarak belirlenir. Söz konusu yorum, tasarım öğelerinin birbirleri ve kompozisyonun bütünü ile ilişkisi sonucu elde edilir. Görsel sanat disiplinlerinin hepsi, düşünceye biçim kazandırarak ifade etme sürecinde, çeşitli öğelerden yararlanır. Söz konusu öğeler, disiplinlerarası değişkenlik gösterse de hepsinin amacı, oluşturulan kompozisyonda birliği yakalayarak, sanatsal ifadeyi ve estetik nitelikleri elde etmektir. Temel tasarım kavramı, bu ihtiyaçları karşılamak için kompozisyona kılavuzluk eder. Bu bağlamda temel tasarım, yaratıcı düşünceyi destekleyerek geliştiren bir kavram olarak, görsel sanat disiplinlerinin temelinde yer alır. Görsel sanat disiplinlerinde eser, fikre biçim kazandırmak amacıyla tasarım adı verilen bir süreç sonucunda meydana gelir. Her eser, tasarlanarak biçim kazanmış bir fikirdir. Son derece somut ve soyut kavramları bir arada barındıran tasarım sürecinde, öznel yorumlardaki biçimsel ve anlamsal farklı yaklaşımlar, eseri meydana getiren kişinin algısı, yaratıcı düşünce gücü, eserin sunulduğu topluluğun algısı tarafından belirlenmektedir. Yine de tüm bu öznel sürecin merkezinde yer alan ve esere değer katan ifadenin özüdür temel tasarım. Bu bölümde, temel tasarım kavramı, resim ve iç mimarlık disiplinleri çerçevesinde ele alınmıştır. Temel tasarım öğeleri ve prensipleri, açıklanarak, resim ve iç mimarlık alanlarındaki eserlere ait fotoğraflar üzerinden, bir araya getirilme şekilleri, örneklenerek incelenmiştir. Yer verilen örnek eserler ve iç mimari tasarımlar aracılığıyla teorik bilginin, pratikte uy-

1 Haliç Üniversitesi, Mimarlık Fakültesi, İstanbul / Türkiye, e-mail: damlacagal@gmail.com, Orcid No: 0000-0003-2331-0020

gulanabilecek sonsuz tasarım çeşitliliğine dair okuyuculara fikir vermesi ve tasarım öğeleri ile prensipleri arasındaki bağlantı birliğinin öneminin açıklanması amaçlanmıştır. Tasarım ve temel tasarım kavramları üzerinde durulmuş, söz konusu kavramların, bir eserin sanat / tasarım strüktürünün oluşmasındaki önemi ifade edilmiştir. Tasarım öğeleri başlığı altında, tasarımın alfabesini (gramerini) oluşturan, nokta, çizgi, yön, ölçü, biçim, doku, ton (değer) ve renk öğeleri tanımlanmıştır. Tasarım prensipleri başlığı altında, ritim-tekrar (geçiş), zıtlık (karşıtlık), egemenlik, denge, uygunluk ve birlik prensipleri açıklanmıştır. Tasarım alfabesinin kullanımının, her ne kadar bireysel algı ile bağlantılı olsa da sanatçı ve veya tasarımcı tarafından öğrenilebilir olduğu görülmüştür. Özgün, özel bir etkiyi meydana getiren eserlerin kurgulanma yolları altında, temel tasarım kavramının önemi açıkça gözlemlenmiştir. Tasarım öğelerinin prensipleri uyarınca bir araya getirilişlerindeki birlikteliklerinin biçime yansıma şekilleri, fikri güçlendirmekte, geliştirmekte ve çok çeşitli ifade şekillerinin ortaya çıkmasını sağlamaktadır. Söz konusu yaklaşımın, eseri, tasarımı, izleyicinin, kullanıcının algısında da geliştirerek değiştirebileceği görülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Temel Tasarım, Tasarım Prensipleri, Tasarım Elemanları

GİRİŞ

Tasarlamak; planlamak, organize etmek demektir. Resim, heykel, mimarlık, iç mimarlık, endüstri ürünleri tasarımı, grafik tasarım, moda tasarımı, şiir, müzik, vb. tüm plastik, dilsel, işitsel sanat ve tasarım disiplinlerinin doğasında vardır. Disiplinlerarası farklı tanımlamaları yapılırsa da tasarlamak eylemi, zihinde canlandırılan bir düşüncenin, biçim kazanıncaya kadarki aşamalarını kapsayan süreçte, somut bir ifadeye dönüşüp başkaları tarafından da algılanması olarak tanımlanabilmektedir (Çağal, 2006). Sanatçılar ve tasarımcılar görsel bir kompozisyon oluşturmak için öğelerin düzenlenişini planlar. Söz konusu öğeler, disipline bağlı olarak değişkenlik gösterse dahi kompozisyon, planlı bir birlikteliği ifade eder. Dolayısıyla tasarlamak, tesadüfün, rastlantısal olanın, zıttıdır. Tasarım olarak ifade edilen düzenleme sürecinde, öğeler arasında bilinçli olarak kurgulanmış bir düzen vardır. Temel tasarım kavramı bu kurgunun ardındaki mantığın temelidir (Laurer ve Pentak, 2005: 4).

Fikrin biçime dönüştüğü tasarım sürecinde, temel tasarım öğeleri ve prensipleri kompozisyonun alfabetesini oluşturmaktadır (Çağal, 2006). Fikir, sanatçının, tasarımcının söylemek istediğidir. İzleyiciye ve veya kullanıcıya iletmek istediği konu, hikâye, bilgi, vb. dir. Biçim ise söz konusu fikrin söylenme şeklidir. Tasarımın alfabetesini kullanan sanatçı ve veya tasarımcı fikrini çok çeşitli şekillerde iletebilir. Bu sebeple tasarımda tek tip bir çözümden söz etmek mümkün değildir (Laurer ve Pentak, 2005: 5). Tasarım öğelerinin ve prensiplerinin kullanıldığı bireysel yorumlarda ve uygulamalarda sonsuz sayıda çeşitlilik mümkündür. Söz konusu çeşitlilik, tasarımcının sezgilerinin, bakış açısının, algı özelliklerinin sonucunda ortaya çıkmaktadır (Tunalı, 2002: 23).

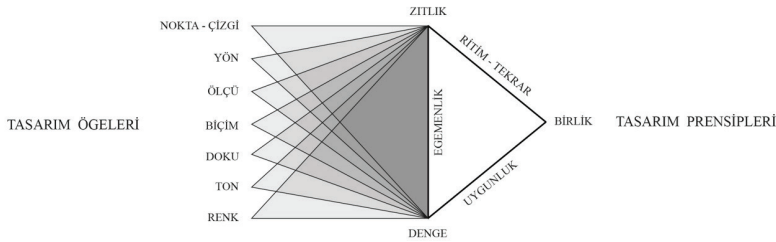
Sanatçılar ve tasarımcılar, eserlerinde, estetik yönleri ile kuvvetli, izleyicinin ve kullanıcının beğenisini olumlu yönde etkileyebilecek biçimler yaratma gayretindedir. Bu biçimler, izleyicinin ve kullanıcının güzellik algısı üzerinde etkili olur. Güzel olarak algılanan ve hoşya giden durum, biçim bağlantılarının ve kompozisyonda kullanılan tüm tasarım öğelerinin birliği ve ahengidir. Eserde kullanılan öğelerin birbiri ile uyumlu olarak düzenlenmesi, kişilerin beğenisini kazanır. Estetik yönden böyle bir düzenin eksikliği ise kişiler üzerinde, eseri beğenme, ilgisizlik, vb. durumların oluşmasına sebep olur (Read, 2017: 3). Bu bağlamda, tasarım bileşenleri, bütünlük oluşturabilmek için birbirleri ile ilişkili olmalıdır. Bu ilişkiler karşılıklı olarak birbirini güçlendiren, eserin, izleyici ve veya kullanıcı algısında uyumunu kuvvetlendiren bir düzeni oluşturmaktadır (Thompson ve Blossom, 2015: 97).

Söz konusu düzen, disiplinlerarası ele alındığında, ortaya çıkan tüm eserler tasarım varlıklarıdır ancak fikrin çıkış noktası ve eserin işlevi farklılık göstermektedir. Ressamlar, heykeltıraşlar, vb. genellikle bireysel bir yaratmanın ürününü ortaya koyarlar (Tunalı, 2002: 40). Sanatçı istediği kadar geniş bir skala içinde kapsamını belirleyebilir. Mimarlar, iç mimarlara, endüstri ürünleri tasarımcılarına, vb. genellikle işveren tarafından belirli bir problem verilir ve söz konusu problemin çözümünü içeren tasarımlar beklenir. Tüm bu farklılıklara rağmen, sanatçılar ve tasarımcılar, kullandıkları tasarım öğeleri ile tasarım prensiplerinin, görsel bir organizasyona temel oluşturacak, özgün, yaratıcı çözümlerinin arayışı içinde olurlar (Laurer ve Pentak, 2005: 8).

Edebi bir kompozisyon kelimelerin ve noktalama işaretlerinin rastlantısal olarak bir araya gelişinden ibaret değildir. Sözcükleri oluşturmak için alfabeyi öğrenmek gerekir. Sözcüklerin anlamlı bir bütün oluşturabilmesi için ise dilbilgisi kurallarını anlamak gerekir (Graves, 1951: 3). Bir müzik eseri sadece çalmak, dinlemek için bestelenmez. Bir içerik doğrultusunda notaların bir araya gelişiyile ifade edilmek istenen özü, duygu ve düşüncüyü iletmek üzere organize edilir (Exner ve Pressel, 2013: 54). İç mimarlık tasarım öğelerinin rastlantısal dağılımından ibaret değildir. Tasarımın temel öğelerini tanımak ve söz konusu öğeleri, tasarım prensiplerine uygun olarak bir araya getirmek ve düzenlemek, mekâna yeni bir boyut katarak, yapıyı çevreyi özgün kılar ve iç mimari tasarımın kullanıcı algısı üzerindeki olumlu etkisini artırır. (Thompson ve Blossom, 2015: 2) Resim, sadece duvara asılı bir tuval değil, sanatçının fikrinin, izleyiciye, tasarım elemanlarının çeşitli prensipler aracılığıyla aktarıldığı biçim kazanmış bir eserdir. vb. Ressamın plastik yoldan yaptığını şair, mecazları ile gerçekleştirir, iç mimar, mekân tasarım öğelerini kullanır. Ve sonuç olarak eserin biçimsel temelleri oluşturulmuş olur.

Temel Tasarım Kavramı

Temel tasarım kavramı, bir eseri oluşturan kompozisyonda yer alan estetik kararların ardındaki mantığın temeli olan bir tasarım strüktürünü ifade eder. Bir eseri parçası olan tüm öğelerin ve ilkelerin ahenk içindeki bir bütünü oluşturmasını, dolayısıyla eserin sanatsal bir anlam, estetik bir ifade kazanmasını sağlar. Söz konusu strüktür, tasarım öğelerinin, prensipleri uyarınca bir araya gelişini gösterir. Bu birliktelik kompozisyonun özünde birliği, uyumu, ahengi arar (Çağal Taşdelen, 2022: 354-362).



Şekil 1. Sanat / Tasarım Strüktürü (Çağal, 2006)

Temel Tasarım Öğeleri

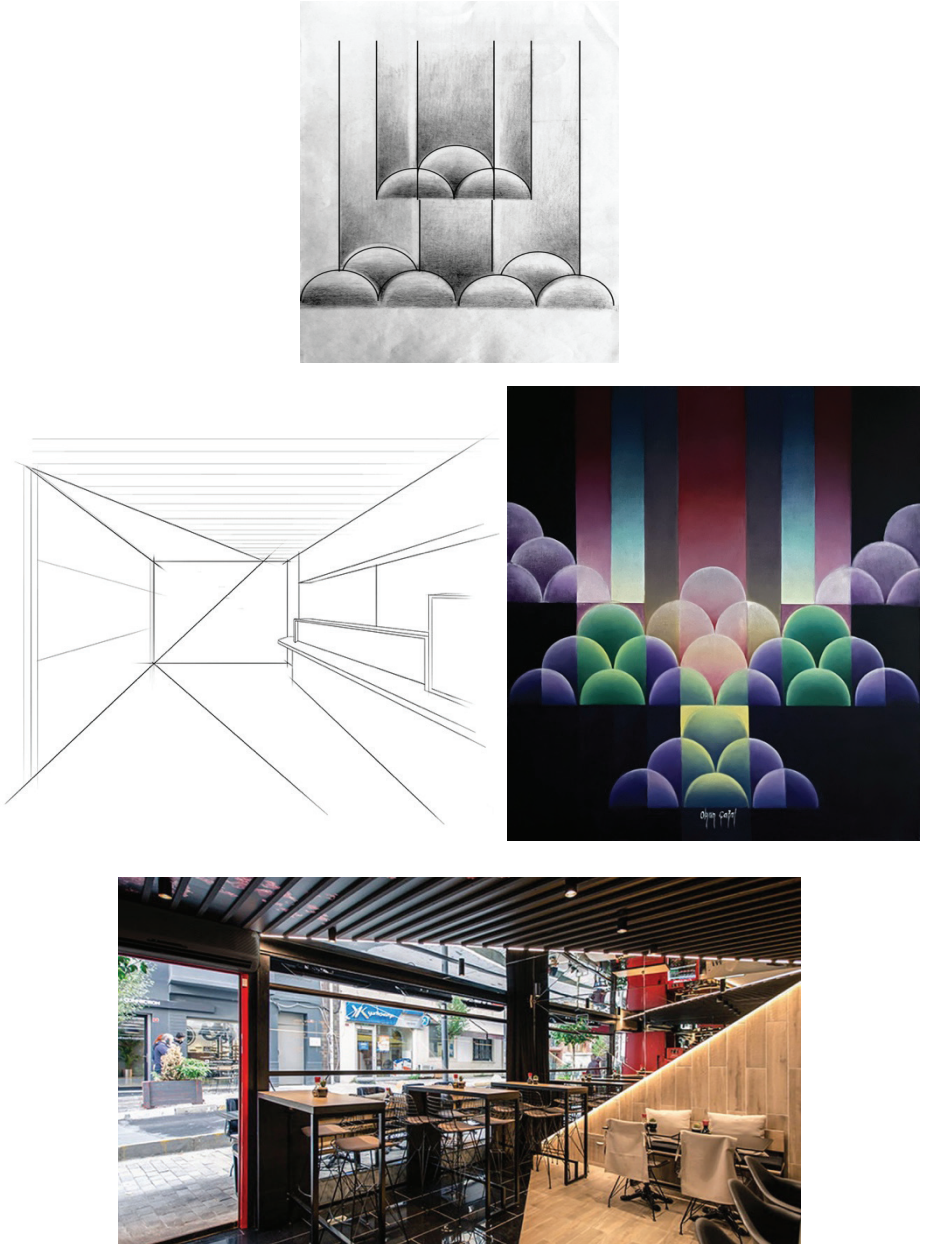
Ressam, şair, Bedri Rahmi Eyüboğlu'nun ifadesi ile 'Dört küheylan çeker arabamızı. Biri çizgi biri renk, biri doku biri benek.' (Çağal, 2006). Tasarım öğeleri, tasarımın alfabetini oluşturmaktadırlar. Bu bağlamda bütünü oluşturan parçalardan her birini ifade etmektedirler. Tasarım fikri, bu öğelerin düzenlenme şeklinin ve karşılıklı ilişkilerinin sonucu olarak eserde yer alır. Tasarımda çok sayıda ve çok yönlü özelliklere sahip öğeler bir arada kullanılır. Tüm bu çok yönlülük beraberinde öğelerin birbirleri ve tasarımın bütünü ile ilişkisinde derin, zengin ve yoğun bir düşünce süreci meydana gelmesine sebep olur (Ching, 2007: 294).

Nokta-Çizgi

Biçim, nokta ile başlar. Bu bağlamda nokta ve çizgi biçimi oluşturan birincil öğelerdir. Tasarım sürecinde öğeler, önce kavramsal olarak ardından görsel olarak ele alınır. Nokta öğesinin kavramsal olarak uzunluğu, genişliği veya derinliği yoktur. Bu nedenle statik, merkezi ve yönsüzdür. Noktanın teorik olarak bir şekli ve formu olmamasına rağmen, görsel bir alan içine yerleştirildiğinde, iki çizginin kesişimi, bir çizginin iki ucu, bir düzlemin veya hacmin köşesindeki çizgilerin buluşması, bir alanın merkezi, şeklinde varlığını hissettirir (Ching, 2007: 4).

Tek boyutlu bir öğe olan noktanın belirli yönlerdeki hareketi sonucunda çizgi öğesi oluşur. Çizginin, noktadan farklı olarak, uzunluğu ve genişliği vardır. Değişken uzunluk ve genişliğe sahip çizgiler bir araya geldiklerinde kompozisyonda çok çeşitli etkilerin meydana gelmesini sağlarlar. İki boyutlu bir öğe olan çizgi, bir araya gelerek yine iki boyutlu düzlemleri, düzlemler bir araya gelerek, üç boyutlu hacimleri meydana getirir. Çizgi, ana hatlarını ve konturlarını oluşturarak şekli tanımlar. Çizgi öğesinin, çeşitli karakterlerde (kalın, ince, doğru, eğri, kırık vb.) farklı yönlerde (düşey, yatay ve diyagonal) örgütlenmesi ile farklı şekiller elde etmek mümkündür (Çağal, 2006).

TEMEL TASARIM KAVRAMININ İÇ MİMARLIK VE RESİM BRANŞLARI ÖZELİNDE
DİSİPLİNLERARASI DEĞERLENDİRİLMESİ



Şekil 2. Resim ve İç Mimarlık Disiplinlerinde Çizgi Ögesinin Kullanım Örnekleri (Resim: Okan Çağal) (İç Mekân Tasarımı: Çağal+Taşdelen Tasarım Ofisi Arşivi)

Şekil 2' deki resim örneğinde, çizgi ögesi, eğri ve doğru çizgilerin bir arada ve farklı yönlerde hareket ederek kullanılması ile resimde yer alan şekilleri tanımlamaktadır. Benzer yaklaşım iç mimari tasarım örneğinde de görülmekte, çizgi ögesi, farklı yönlerde ve kalınlıklarda örgütlenecek, iç mimariye ait yüzeylerin şekil ve biçim özelliklerini oluşturmaktadır. Çizgi hareket ile meydana gelir ve sonsuz çeşitliliğe sahiptir. İki boyutlu bir öge olan çizginin, farklı yönlerdeki hareketi ve fiziksel özelliklerindeki değişkenlik eserin ve iç mimari tasarımın biçimsel temellerini oluşturmuştur.



Şekil 3. Resim ve İç Mimarlık Disiplinlerinde Çizgi Ögesinin Kullanım Örnekleri (Resim: Okan Çağal) (İç Mekân Tasarımı: Çağal+Taşdelen Tasarım Ofisi Arşivi)

Bazen de çizgi, kompozisyonda fiziksel olarak açıkça tanımlanmaz ancak hissedilebilir. Şekil 3'te yer alan resimde bu durumun örneği figürlerin birbirine bakışı arasında gözlemlenmektedir. Fiziksel olarak esere ilk bakışta algılanmayan çizgi öğesi hissedilebilir. Aynı zamanda söz konusu eserde nokta ve çizgi öğeleri, somut olarak da kullanılmıştır. Figürlerin üzerinde yer alan kıyafetlerde görülmektedirler. İç mekân tasarımında ise aks olarak ifade edilen çizgi mobilyaların ölçülerinde ve konumlandırılışında kendini göstermektedir. Çizgi öğesi yine aşikâr olarak görülmemekte ancak mobilyaların yatay ve düşeyde aynı aksı koruyacak şekilde konumlandırılması ile kendisini hissettirmektedir.

Yön

Yön, tasarım öğelerinin, tasarım düzlemi üzerindeki, düşey, yatay ve diyagonal yönler arasındaki hareketini ve yerleşimini ifade eder. Tasarımı meydana getiren öğelerin kullanım yönleri, tasarımın hareketinin ilerleme şeklinin belirleyicisidir. Öğelerin yönü, kompozisyonda statik ve veya dinamik ifadenin oluşmasını sağlayabilmektedir. Farklı yönlerde hareket eden tasarım öğeleri, birbirlerini keserek, örterek, vb. kompozisyonda yeni şekil ve biçimleri meydana getirebilirler. Aynı zamanda çeşitli yönlerde organize edilen tasarım öğeleri, kompozisyonda, zıtlık, derinlik, uyum, hiyerarşi, egemenlik, ritim, tekrar, vb. etkilerin oluşmasını sağlar (Çağal, 2006).



Şekil 4. Resim ve İç Mimarlık Disiplinlerinde Yön Öğesinin Kullanımı (Resim: Okan Çağal) (İç Mekân Tasarımı: Çağal+Taşdelen Tasarım Ofisi Arşivi)

Şekil 4'te görüldüğü gibi, tasarım öğelerinin resim ve iç mimaride çok çeşitli yönlerdeki hareketi, kompozisyonun temellerini oluşturmuştur. Resimde farklı yönlerde hareket eden biçimler armoni ve kontrastlık ilkesi uyarınca kullanılmıştır. Yatay, dikey ve diyagonal eksenlerde hareket halinde olan çizgi ögesi, iç mimaride, ahşap latalar, aydınlatma elemanları ve malzeme farklılıkları vasıtasıyla derinlik, hiyerarşi gibi çeşitli etkiler oluşturmaktadır.



Şekil 5. Resim ve İç Mimarlık Disiplinlerinde Yön Ögesinin Kullanımı (Resim: Okan Çağal) (İç Mekân Tasarımı: Çağal+Taşdelen Tasarım Ofisi Arşivi)

Şekil 5'te yer alan resim ve iç mimari tasarım örneğinde, tasarım öğelerinin belirli yönlerdeki hareketi ile birbirlerini örttükleri ve yer yer devamlılık gösterdikleri görülmektedir. Bu durum kompozisyonda derinlik ve birlik oluşturmaktadır. Ayrıca, öğelerin ritmik hareketi beraberinde tekrarı getirmektedir. Meydana gelen çok çeşitli etkiler her iki disiplin özelinde de kompozisyonun dinamik bir bütün olarak algılanmasına katkı sağlamaktadır.

Ölçü

Bir kompozisyonda yer alan öğelerin fiziksel boyutları ölçüyü ifade eder. Tasarım öğelerinin boyutsal birlikteliği incelendiğinde ölçü ile birlikte oran kavramı da ele alınır. Ölçü ve oran tasarım öğelerinin boyutsal birlikteliğini gösterir. Bir parça veya parçalar ile bütünü ilişkisidir. Düşeyin yataya, genişliğin derinliğe, yüksekliğin uzunluğa bölündüğü bir bütünü parçaları arasındaki ilişkiyi ifade eder. Ölçü ve oran, vurgu ve odak ile yakından bağlantılıdır. Bütünü oluşturan parçalar arasındaki orantısal ilişkilerin değiştirilmesi, farklı görsel efektlerin elde edilmesi ile sonuçlanır. Öğeler arasındaki oran değiştikçe kompozisyondaki vurgu ve odak noktası değişir (Coles ve Houes, 2007: 31).

Öğelere ilişkin bir bulgu elde edebilmek, öğeler arasında kıyas yapabilmek için öğelerin boyutlarına dair bir referans değer belirlemek gerekir. Söz konusu referans, öğelerin birbirlerine olan boyutsal farklılıkları olabileceği gibi insan ölçüsü de öğelerin boyutlarının algılanmasında referans olarak kullanılabilir. Aksi taktirde öğelerin, mekanların, büyük ya da küçük olduğu, insan ölçeğine uygunluğu algılanamaz. İç mimari tasarım, Mekân, işlevi farklılık gösterse de genellikle insan için, insan ölçüsüne uygun olarak tasarlanır. Bu sebeple, mekân tasarımı aksi bir durum söz konusu değilse standart insan ölçüleri referans kabul edilerek, antropometrik verilere göre yapılır. Antropometrik veriler insan boyutlarına ve oranlarına ait ölçümleri kapsar (Pheasant, 2003: 7).

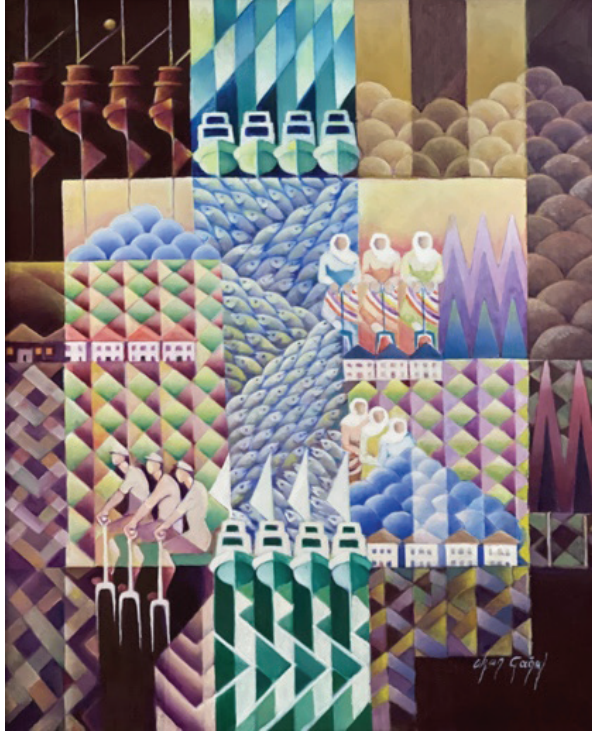


Şekil 6. Resim ve İç Mimarlık Disiplinlerinde Ölçü Ögesinin Kullanımı (resim: Okan Çağal) (İç Mekân Tasarımı: Çağal+Taşdelen Tasarım Ofisi Arşivi)

Şekil 6'da yer alan resimdeki figürler arasındaki ölçü farkı, figürlerin yakınlık, uzaklık ifadesini belirlemekte aynı zamanda bir derinlik algısı oluşturmaktadır. Resim düzleminde yer alan diğer öğeler de ölçü değişkenlikleri ile derinlik algısının beraberinde çeşitli dokular meydana getirmektedirler. Tasarım alanında büyükten küçük ölçüye ya da küçük ölçüden büyük ölçüye varan diziler arasında armoni ve kontrastlık prensipleri uyarınca yapılan düzenlemeler görülmektedir. İç mimari tasarıma bakıldığında, öncelikle, insanın mekân içinde yapacağı eylemlerin gerekliliklerine göre, insan ölçülerine uygun olarak, kullanılacak tasarım öğelerinin konumu, yüksekliği, birbirleri ile olan boyutsal ilişkilerinin belirlendiği görülmektedir. Mekânı oluşturan yüzeylerde yer alan biçim özelliklerinin, insanın görüş alanı içinde kalmasına özen gösterilmiştir.

Biçim

Bir eserin biçimi; şekli, parçalarının düzeni ve dış görünüşü tarafından belirlenir. Eserde yer alan tüm elemanlar birbirine bağlıdır. Birleşerek kurdukları bütün, eserin biçimini oluşturur (Read, 2017: 23). Biçim, eserin çıkış noktası olan fikrin, içeriğin görsel olarak dışa vurumu, çeşitli tasarım öğelerinin organizasyonudur. Biçim ve içerik arasındaki kurgunun tasarıma yansıma şekli, kullanıcının eseri algılama şekli üzerinde oldukça etkilidir. Resimde de iç mimaride de biçimin temeli nokta ile başlar, noktanın belli bir yön üzerinde örgütlenmesi ile çizgi meydana gelir. Giderek örgütlenen, çizgi, çeşitli, doku, ışık-gölge, değer, vb. özellikleri beraberinde getirir. Kullanılan tüm tasarım öğelerinin tasarım prensipleri uyarınca organize edilmesi eserin biçimini belirler. İç mimaride de çizgiler bir araya gelerek, mekânı çevreleyen ve modüle eden, tasarım öğelerinin taşıyıcısı olan düzlemleri, düzlemler bir araya gelerek, üçüncü boyut olarak ifade edilen hacmi meydana getirirler. Mekân adı verilen hacmin, boyut, şekil, renk, doku, ışık özelliklerinin organizasyon bütünlüğü mekânın biçimini belirler (Ching, 2007: 34).



Şekil 7. Resim ve İç Mimarlık Disiplinlerinde Biçim (Resim: Okan Çağal)
(İç Mekân Tasarımı: Çağal+Taşdelen Tasarım Ofisi Arşivi)

Şekil 7’de örnek gösterilen resim ve iç mimari tasarımın biçimsel yapısı, öğelerin organizasyonu sonucunda meydana gelmiştir. Tüm öğelerin birlikteliği sonucunda esere bakınca görülen onun biçimidir. Her iki tasarım örneğinde de kullanılan tüm tasarım öğeleri ve prensipleri nihayetinde biçimde, birliği bulmak amacıyla organize edilmiştir. Her iki örnekte de kullanıcının tasarımlara baktığında gördüğü resmin ve iç mimarinin biçimidir.

Doku

Doku, nesnelerin, malzemelerin yüzey özelliklerini ifade eder. Her nesnenin, malzemenin kendi özelliğini yansıtan bir dokusu vardır. İzleyiciler ve kullanıcılar, eserde iç mimari tasarımda yer alan doku özelliklerini, dokunsal ve görsel olarak algılayabilmektedirler. Kullanıcı, doku özelliğinin yer aldığı yüzeye fiziksel olarak temas ederek yüzeye ait özellikleri algılayabileceği gibi fiziksel anlamda dokunmasa dahi, doku hakkında, kaba-sert, yumuşak, pürüzlü, pürüzsüz, vb. görsel ipuçları elde edebilmektedir (Lauer ve Pentak, 2005: 164).

İç mimari tasarımda doku kullanımı, çeşitli görsel efektlerin oluşmasını sağladığı için görsel ilgiyi arttırır. Doku, malzemeye ait fiziksel bir özellik olabildiği gibi sanatçı, tasarımcı tarafından, tasarım öğelerinin bir ya da birkaçının birlikte kullanılması ile de çeşitli doku özellikleri elde edilebilir. Tasarım öğelerinin birlikteliği ile oluşan söz konusu yaklaşımın uyum ve / veya zıtlık prensipleri doğrultusunda kullanımları ile ilgi çekici eserler ve mekân atmosferleri oluşturulabilmektedir (Çağal O. 2006).



Şekil 8. Resim ve İç Mimarlık Disiplinlerinde Doku (Resim: Okan Çağal)
(İç Mekân Tasarımı: Çağal+Taşdelen Tasarım Ofisi Arşivi)

Şekil 8’de doku resimde, hem malzeme özellikleri sebebiyle doğal olarak, hem de çeşitli öğelerin kullanımı ile sanatçı tarafından oluşturularak kullanılmıştır. Yağlı pastel malzemenin pürüzlü boya yüzeyi özelliği dokunsal olarak ve gözle algılanabilen bir doku özelliği oluşturmaktadır. Sanatçının tekniği ile birleşen malzeme özelliği eserin genel doku özelliğini oluşturmaktadır. Figürlerin kıyafetlerinde yer alan, çizgi ve renk öğelerinin tekrarı ile sanatçı tarafından oluşturulan biçimler, eserde yer alan bir diğer doku örneğidir. İç mimari tasarımda öncelikli olarak, ahşap ve doğal taş malzemenin kendi özelliğini yansıtan doku özelliklerinden faydalanılmıştır. Gözle ve dokunma duyusu ile fiziksel olarak algılandığı gibi psikolojik olarak da algılanan, ahşap dokusunun sıcak hissi, taş dokusunun soğuk hissi ile dengelenmiştir. Ayrıca, tasarımcı tarafından, düşey ve yatay yönde tekrar eden ahşap dikmeler vasıtasıyla gerçek olmayan sonradan ortaya konulan bir doku oluşturulmuştur.

Ton (Değer)

Ton, aydınlık ve karanlığı ifade eden sanatsal bir terimdir. Renk ile ilişkilidir. Bir rengin ton değeri, belirli bir bağlamda göreceli açıklığı veya koyuluğudur. Söz konusu değer farklılıkları, ışık ve karanlık değişimleri aracılığıyla oluşabileceği gibi belirli bir rengin, kendi içindeki tonları ile de çeşitli şekillerde elde edilebilir. Gerçek tonu tayftaki hali olan renkler, beyaza yaklaştıkça açılır, siyaha yaklaştıkça koyulaşır. Kompozisyonda değişen ton farklılıkları çeşitli şekil-zemin ilişkilerinin ortaya çıkmasını sağlar. Seçilen renk değerine bağlı olarak fon ve üzerinde yer alan biçimler algısal farklılıklar gösterirler (Ching, 2007: 88).

Renk değeri farklılıkları birbirine yaklaştıkça kompozisyonda benzer ton değerleri gözlemlenir. Değer farklılıkları arttıkça zıtlığa kadar uzanan ton değerleri oluşur. Bu bağlamda zıtlık, egemenlik, şekil-zemin ifadelerinden derinlik, egemenlik, vb. çeşitli etkiler oluşur. İç mimaride mekânı oluşturan yüzeyler üzerinde genellikle çok sayıda malzeme kullanıldığı için, mekânda çeşitli renk tonu görülür. Kompozisyonun kaosa dönüşmemesi, birliği yakalayabilmesi için, renk seçimi, zıtlık, uyum, vb. tasarım prensipleri uyarınca yapılır.



Şekil 9. Resim ve İç Mimarlık Disiplinlerinde Ton (Resim: Okan Çağal) (İç Mekân Tasarımı: Çağal+Taşdelen Tasarım Ofisi Arşivi)

Şekil 9'da yer alan ilk resimde nötr renk olarak tanımlanan, beyaz, gri ve siyah değerler kullanılmıştır. Beyazdan siyaha kadar oluşacak gri değerler arasında armoni ve kontrastlık prensipleri uyarınca düzenleme yapılmıştır. Resmin gri fonu figürün koyu renkteki bölümleri ile zıt (kontrast) bir algı oluşturarak, figürü vurgulamaktadır. Bir diğer resimde mavi ve pembe renklerin beyaza ve siyaha doğru gitmesi ile oluşan değer farklılıkları kullanılmıştır. Böyle bir ifade, öğelerin bir kısmının

yakında bir kısmının uzakta olduğu izlenimini oluşturmakta, şekil-zemin anlatımlarından derinlik algısını meydana getirmektedir. İç mimari tasarım örneğinde, çok çeşitli malzemeler antrasit griden beyaza uzanan renk tonları ile birlikte il resimdeki yaklaşımla zıtlık ve armoni prensipleri uyarınca kullanılmıştır.

Renk

Renk, çeşitli sanat ve bilim branşlarının (resim, iç mimarlık, fizik, psikoloji, vb) konuları içinde yer alan, çok yönlü bir kavramdır. Bu sebeple her bir branş dahilinde renk, farklı yönleri ile ele alınır. Söz konusu yönler rengin çeşitleri, insan gözü tarafından algılanma şekli, çeşitli malzeme ve ışık özellikleri ile etkileşimi, kullanıcı algısı ve psikolojisi üzerindeki etkisi, vb. olarak ifade edilebilir. Resim ve iç mimari tasarım, rengin, eserde ve mekânsal kompozisyon dahilinde diğer tüm tasarım elemanları ile uyum içinde kullanımı ve kullanıcı algısı üzerindeki etkisine odaklanır (Lauer ve Pentak, 2005: 236).

Renk, temel olarak ana (kırmızı, mavi, sarı) ve ara (turuncu, mor, yeşil) renkler olarak ikiye ayrılır. Bu bilgiye göre belirli sayıda renk olmasına rağmen, söz konusu renklerin birbirleri ile karışımı neticesinde elde edilen sonsuz çeşitlilikte renk tonu vardır. Elde edilen bu renk çeşitliliği, resimde, boya, vb. malzemeler ile iç mimaride, düzlemler, sabit, hareketli mobilyalar, aksesuarlar, vb. öğeler üzerinde bulunan çok çeşitli malzemeler vasıtasıyla yer alır ve kullanıcı tarafından ancak doğal ve yapay ışık altında görülebilir hale gelir (Day, 2013: 43).

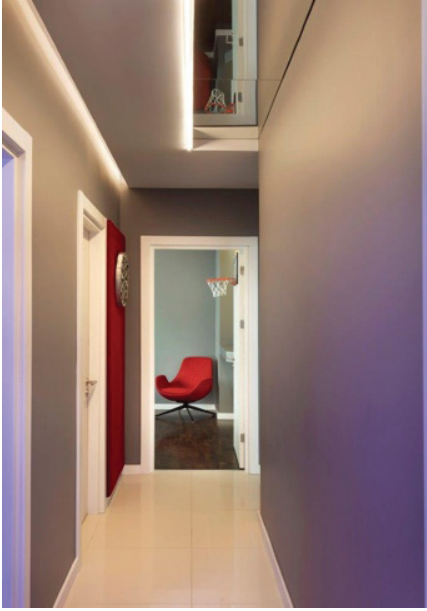
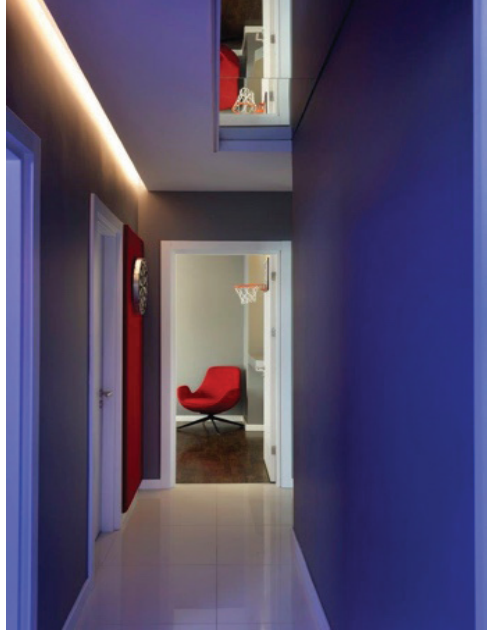
Görünen renk üzerinde etkili birçok faktör mevcuttur. Kullanıcı tarafından algılanan renk, ışık renk özellikleri ve rengin bulunduğu malzemenin yüzey özellikleri tarafından belirlenir ve değişkenlik gösterir. Bu bağlamda, ışık renk özellikleri ve malzemenin yansıtma özellikleri değiştikçe kullanıcı tarafından gözlemlenen renk değişecektir (Bommel ve Rouhana, 2019: 8). Aynı zamanda renk, eser ve mekân içindeki diğer renklerin varlığıyla, bulunduğu konuma, kullanılan diğer renkler ile mesafesine ve ilişkisine bağlı olarak da farklı tonlarda algılanabilir. Aynı ışık özellikleri altındaki bir renk, beraberindeki renklere bağlı olarak farklı görünebilmektedir. Resimde ve iç mimari tasarımda bir renk

nadiren tek başına görünür. Kompozisyonu oluşturan renkler birlikte görünür ve bütün olarak algılanır. Örneğin farklı arka plan renkleri önünde yer alan aynı renk kullanıcı tarafından farklı tonlarda algılanır (Lauer ve Pentak, 2005: 240).

Kompozisyon algısı üzerinde büyük etkisi olan bir diğer renk özelliği de eserin ve mekânın algılanan fiziksel özelliklerini değiştirebilmesidir. Renk, esere ve mekâna ait fiziksel özellikleri geliştirmek, gizlemek, vb. için de kullanılabilir. Örneğin, sıcak renklere sahip öğeler daha yakın olarak algılanırken, soğuk renklere sahip öğeler, uzak olarak algılanırlar. Tamamlayıcı (zıt) ve /veya benzer tondaki renklerin bir arada kullanılması, mekâna ait biçim ve şekil özelliklerinin baskın ve / veya çekinik olmasını sağlayabilir. Parlak renklere sahip öğeler daha büyük görülürler. Koyu renk üzerinde yer alan açık renk öğeler daha büyük ve daha koyu görülürler, vb. Bu bağlamda rengin çeşitli kullanım şekilleri ile eserin ve mekânın, mevcut halinden dar, geniş, ince, uzun, yakın, uzak şeklinde algılanması sağlanabilir (Dodsworth, 2009: 136).



TEMEL TASARIM KAVRAMININ İÇ MİMARLIK VE RESİM BRANŞLARI ÖZELİNDE
DİSİPLİNLERARASI DEĞERLENDİRİLMESİ



Şekil 10. Resim ve İç Mimarlık Disiplinlerinde Renk (Resim: Okan Çağal)
(İç Mekân Tasarımı: Çağal+Taşdelen Tasarım Ofisi Arşivi)

Şekil 10' da yer alan resimlerde, üç ana rengin beraberinde kendi aralarındaki sonsuz renk çeşitliliğinin ürünü olan ara renklere yer verilmiştir. Sıcak, soğuk renklerin, komplementer kontrast renklerin, armoni ve kontrastlık prensipleri uyarınca organize edildiği görülmektedir. Söz konusu renkler aynı zamanda şekil-zemin ilişkilerinden örtme yolu ile, ölçü derecelenmesi, derinlik algısı, vb. etkilerin ortaya çıkmasını sağlamaktadır. İç mimari tasarımda renk kullanımı ana renkler, ara renkler ve nötr olarak ifade edilen gri tonları ile sağlanmıştır. Ayrıca iç mimari tasarımda görünen rengin, ışık rengi ile etkileşimi sonucunda değişen renk örneklerine yer verilmiştir. Uygulanan ışığın renk özelliklerine bağlı olarak, yüzeyde yer alan gerçek rengin değiştiği gözlemlenmektedir.

TASARIM PRENSİPLERİ

Ritim-Tekrar (Geçiş)

Ritim tekrara dayalı bir tasarım prensibidir. Aynı öğelerin yer aldığı ardışık kalıplardan oluşur. Örneğin; doğada, mevsimler, gündüz-gece, gelgitler, gezegenlerin hareketleri düzenli bir ritim sergiler. İç mimari de de tasarım öğelerini birbirleri ve kompozisyonun geneli ile ilişkilendirmek amacıyla öğeler yer yer tekrar edecek şekilde kullanılır. Tekrar eden öğe, şekil, renk, doku, yön, açı, vb. tasarım öğelerinden biri ve / veya birkaçı olabilir. Tekrar eden öğenin hiçbir özelliği değiştirilmeden, aynı şekli koruyarak tekrar etmesi durumu, tam tekrar, tekrar eden iki öğeden birinin diğer öğe ile yer değiştirerek tekrar etmesi durumu dönüşümlü tekrar, tekrar eden tüm öğelerin farklı olması durumu ise değişken tekrar olarak adlandırılır (Çağal O. 2006).

Bir diğer tekrar şekli koramdır. Fakat her tekrar koram değildir. Koramda bir derecelenme, hiyerarşi söz konusudur. Bir öğenin derecelenerek büyümesi veya küçülmesini ifade eder. Koram prensibi oluşum şekline bağlı olarak üç özel durum gösterir. Değişim bir eksen etrafında tekrarlanıyorsa eksensel koram, bir merkez etrafında oluşuyorsa merkezsel koram, bir çevre etrafında oluşuyorsa çevresel koram olarak ifade edilir (Barrett, 2010: 287).



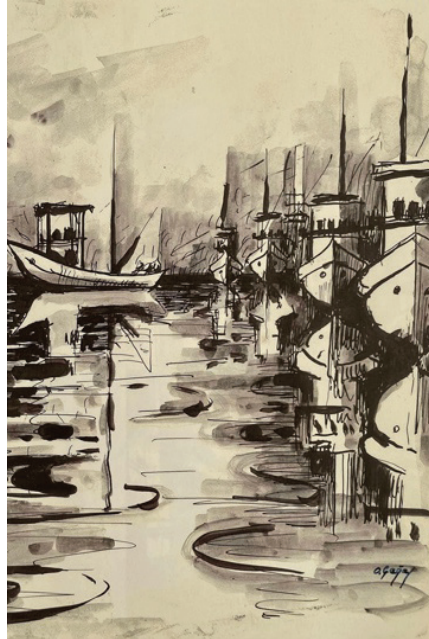
Şekil 11. Resim ve İç Mimarlık Disiplinlerinde Ritim-Tekrar (Resim: Okan Çağal) (İç Mekân Tasarımı: Çağal+Taşdelen Tasarım Ofisi Arşivi)

Şekil 11’de yer alan ilk resimde çeşitli renk ve şekil özellikleri ile oluşturulan modüller değişken tekrar örneği oluşturmaktadır. Söz konusu öğeler bir diziyi takip etmemektedirler. Biçimin değişken tekrarı,

bütünde birliğı sağlamaktadır. İkinci resimde teknelerin belli bir eksen üzerinde derecelenerek büyükten küçüğe doğru sıralanışı, eksensel korama örneğidir. İç mimaride düşeyde yer alan ahşap latalar ritmik olarak tam tekrar örneğı oluşturmaktadır. Aynı şekilde tekrar eden merdiven basamakları da bir diğerk tam tekrar örneğidir. Oluşturdukları ifade basamaklara eklenen ışık öğesi ile güçlendirilmiştir. Tavanda yer alan keşişen çizgisel öğeler yine tam tekrara örnek olarak gösterilebilmektedir.

Zıtlık

Zıtlık, tasarım öğelerinin biçim, renk, boyut, vb. çeşitli özellikleri üzerinden değerlendirilebilir. Tasarım öğelerinin birbirleri ile olan, biçimsel, renksel, boyutsal karşıtlığını ifade eder. Zıtlık prensibi, çeşitli karşıtlıklara sahip en az iki farklı öğenin bir arada bulunması ilkesine dayandığı için kompozisyondaki monotonluğa engel olur. Büyük biçim küçük ile, koyu renk açık ile, amorf şekil tanımlı geometrik şekil ile, vb. zıtlık oluşturur. Söz konusu bu çeşitlilik, dinamik bir tasarım oluşmasına katkı sağlar (Çağal O. 2006).





**Şekil 12. Resim ve İç Mimarlık Disiplinlerinde Zıtlık (Resim: Okan Çağal)
(İç Mekân Tasarımı: Çağal+Taşdelen Tasarım Ofisi Arşivi)**

Şekil 12’ de yer alan resimde değer zıtlıkları kullanılmıştır. Açık renk fon üzerinde yer alan koyu öğeler etkili şekilde algılanmaktadır. Aynı zamanda çizgi elemanı da birbirinin zıttı olacak şekilde, eğri ve doğru çizgiler vasıtasıyla kullanılmıştır. İç mimari tasarım örneğinde çok çeşitli malzemenin birleşimi sonucu oluşan çizgisel ifadenin yönü kontrast (zıtlık) oluşturacak şekilde kullanılmıştır.

Egemenlik

Egemenlik, bir tasarım öğesinin ya da birimin diğerleri üzerindeki açık üstünlüğü olarak ifade edilebilir. Bir şekilde vurgulanan bir özellik veya öğe, mekân için odak noktası haline gelir. Odak noktaları görsel ilgi oluşturur. Gözün doğrudan fark edebileceği baskın bir bölümün ortaya çıkmasına ve ona kıyasla çevrenin değerlendirilebilmesine imkân sağlar. Tasarım öğelerini çeşitli yollarla vurgulayarak mekânda egemenlik prensibini sağlamak mümkündür. Vurgu genellikle, boyut, renk, şekil ve yerleşim yoluyla oluşturulabilir. Örneğin, öğelerin çoğunun yumuşak kenarlı olduğu bir kompozisyonda, keskin kenarlı, kontrast bir şekil

odak noktası olacaktır. Öğelerin bir eksen boyunca veya merkez etrafında yerleşimi ile kompozisyon içinde odak noktası oluşturmak mümkündür. Tasarımcı kompozisyonda belirli bir öğeyi vurgulayabileceği gibi kompozisyonun bütünü de vurgulayabilir. Egemenlik prensibi, dengelerin oluşmasında önemli rol üstlenir. Egemenlik prensibinde kurulacak dengeler sağlanmışsa birlik kaçınılmaz olacaktır (Lauer ve Pentak, 2005: 57).



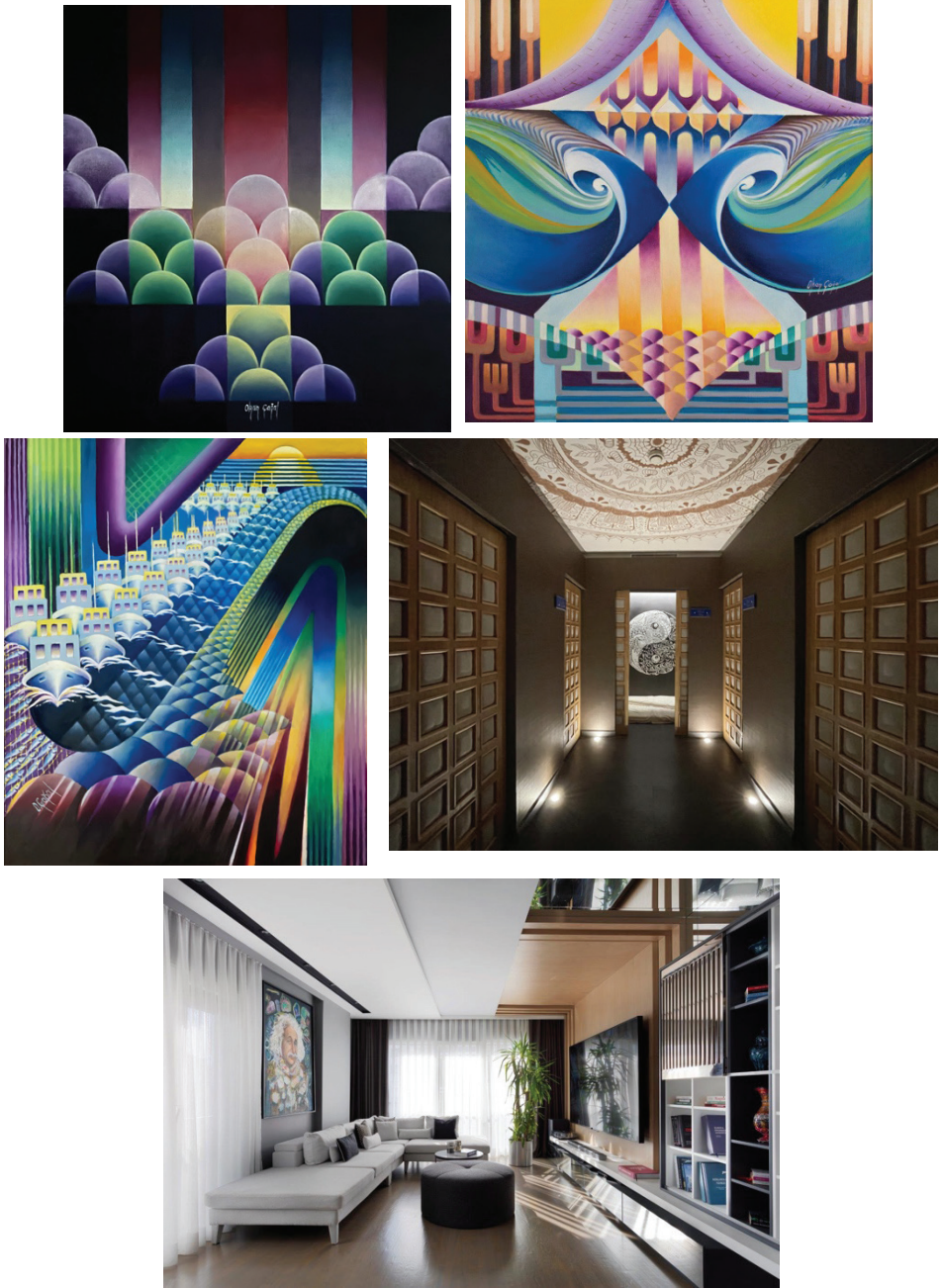
Şekil 13. Resim ve İç Mimarlık Disiplinlerinde Egemenlik (Resim: Okan Çağal) (İç Mekân Tasarımı: Çağal+Taşdelen Tasarım Ofisi Arşivi)

Şekil13'te yer alan resimde eğrisel çizgilerin oluşturduğu biçim özelliği, diğer öğelere olan üstünlüğü sebebiyle kompozisyonda egemen olarak algılanmaktadır. Egemenlik prensibinin kullanımı, kompozisyonda söz konusu bölümün, odak (vurgu) noktası olmasını sağlamıştır. İç mimari tasarımda çalışma masası işlevi ile kullanılan düzlem, yatay ve düşeyde devamlılık göstererek mekânda egemen bir öğe olarak algılanmaktadır. İç mimari tasarım için de bu bölüm odak noktasını oluşturmaktadır.

Denge

Kullanılan tasarım öğelerinin benzer özellikleri (renk, boyut, konum, şekil, vb.) birbirleri ile dengelenecek şekilde düşünülmeli ve düzenlenmelidir. Ancak bu durum tüm öğelerin, renk, boyut, konum, şekil, vb. açılardan eşit olması gerektiği ve nihai kompozisyonun statik hissedileceği anlamına gelmez. Düzenlemenin aynı anda dengeli ve dinamik olması mümkündür. Bu bağlamda kullanılacak, simetrik ve asimetric olmak üzere farklı denge türleri vardır (Dodsworth S. 2009, p:97).

Simetrik denge, bir eksenin karşıt taraflarındaki tasarım öğelerinin yansımaları alınmış düzenlenmesini ifade eder. Tasarım öğeleri her iki tarafta da aynı konumlarda tekrarlanır. Asimetrik denge, tasarım öğelerinin, değişen, boyut, şekil, renk, vb. özellikleri göz önünde bulundurularak düzenlendiğinde elde edilen görsel denge durumunu ifade eder. Bir eksenin karşıt taraflarındaki farklı görsel ağırlığa sahip öğelerin birbirleri ile dengelenmesi durumudur. Tasarımdaki denge türü değerlendirilirken, mekânı oluşturan düzlemler üzerinde bir eksene (yatay, düşey, diyagonal) veya bir merkeze bağlı olarak, eksenin veya merkezin her iki tarafındaki öğelerin fiziksel özelliklerinin dağılımını dikkate alınır (Barret, 2010: 266).



Şekil 14. Resim ve İç Mimarlık Disiplinlerinde Denge (Resim: Okan Çağal)
(İç Mekân Tasarımı: Çağal+Taşdelen Tasarım Ofisi Arşivi)

Şekil 14' te yer alan ilk iki resimde simetrik denge kullanılmıştır. Her iki resmi de orta noktalarından düşeyde bölen bir eksen olduğu düşünülürse, eksenin iki ucundaki öğelerineşdeğer olduğu gözlemlenir. Bu durum simetri olarak tanımlanır. Üçüncü sırada yer alan resimde asimetrik denge türü görülmektedir. Yine resmin orta noktasından düşeyde yer alan bir düzlem olduğu düşünülürse eksenin iki tarafında yer alan öğelerin eş değer olmadığı, değişken olduğu gözlemlenmektedir. Bu durum asimetri olarak ifade edilir. İç mimari tasarım fotoğraflarının ilkinde simetrik denge türü görülmektedir. Mekânın sağ ve solundaki öğeler eşdeğerdir. İkinci fotoğrafta asimetrik denge örneği görülmektedir. Mekânın bölümlerindeki öğelerin ağırlığı eşdeğer değildir.

Uygunluk

Kompozisyonu oluşturan öğeler arasındaki dilbirliği durumudur. Aynı gramere sahip öğelerin bir arada kullanılıyor olmasını ifade eder. Kompozisyonda yer alan biçim özellikleri arasında zıtlığın olmaması, benzerliğin olması durumudur. Birlik prensibi ile karıştırılmamalıdır. Görsel ifadede benzerliğe odaklanmaktadır. Örneğin bir kompozisyonda keskin hatlı çizgilerin kullanılması, eğri çizgilerin kompozisyona dahil edilmemesi, vb. gibi.

Birlik

Bir tasarımda kullanılan, tüm tasarım prensipleri, birliği oluşturmak amacıyla bir araya getirilirler. Birlik, tasarımda kullanılan tüm öğelerin organik bir bütünlük kazanması ilkesidir. Birlik, bir tasarımdaki öğeler arasında uyum ve ahenk olduğu anlamına gelir. Tekrar, zıtlık, egemenlik, denge, uygunluk vb. temel tasarım prensipleri etkin kullanıldığında birlik ortaya çıkar. Birlik içindeki bir kompozisyonda yer alan tasarım öğeleri tesadüfen bir araya gelmiş gibi görünmezler, birbirine ait parçaların oluşturduğu bir bütün halinde görünürler (Sully, 2015). Tasarımı oluşturan öğeler birbirleri ile uyumlu olmayıp ilgisiz görünürlerse tasarım birlikten yoksun olarak algılanır. Birlik prensibinin sağlandığı bir iç mimari tasarımda kullanıcı, tasarım öğelerini tek tek fark etmeden önce kompozisyonun tamamını bir bütün olarak algılamalıdır. Birlik prensibi-

bi uygulanmadan oluşturulan çeşitlilik, kompozisyonun karışık olarak algılanmasına dolayısıyla kaotik sonuçların oluşmasına sebep olabilir (Çağal, 2006).

SONUÇ

Görsel sanat disiplinlerinde işlev ve ihtiyaçlar değişken olsa da fikrin aktarılması görsel ifadeye dayanır. Görsel ifade sürecinde her bir disiplin farklı tasarım öğelerini kullanmaktadır. Tasarım öğelerinin söz konusu ifadeyi biçimlendiren organizasyonu fikrin, izleyiciye, kullanıcıya aktarılmasını sağlar. Eserin özgünlüğü, sanatsal ve estetik nitelikleri bu ilişkinin sonucunda ortaya çıkar ve değerlendirilebilir. Sanatçı, tasarımcı temel tasarım kavramına hâkim olduğu ölçüde özgün, başarılı, içinde sanatsal alt yapıyı barındıran ve estetik yönleri ile kuvvetli eserler oluşturabilir. Sanatsal ifadenin temel değeri, tasarım öğelerinin birbiri ile ilişkisi sonucu belirlenmektedir.

Temel tasarım kavramı resim ve iç mimarlık disiplinleri özelinde incelendiğinde, temel tasarım kavramını merkeze alan düşüncenin, tasarımları geliştirerek değiştirdiği gözlemlenmiştir. Bilinçli bir görsel düzenlemede tasarım öğelerinin rastlantısal birliğine yer olmadığı, böyle bir durumun oluşmadığı görülmüştür. Resimde ve iç mimaride kullanılan öğelerin çeşitliliği ve düzenlenme şekilleri eserlerin görsel kimliğini güçlendirmiştir. Bu bağlamda fikrin yaratıcı düşünce doğrultusunda, estetik ve sanatsal bir biçime dönüştüğü görülmektedir. Tüm tasarım prensiplerinin tasarımda birliği elde etmek için kullanıldığında resimde ve iç mimaride ahengi, uyumu yakaladığı görülmektedir. Kompozisyonun başarısında temel tasarım kavramının kullanılmasının ne denli etkili olduğu görülmüştür.

Sanatçı, tasarımcı temel tasarım kavramları aracılığıyla, düşünsel süreçte, özgün, nitelikli, çok sayıda farklı tasarım varyasyonu oluşturabilmektedir. Bu durum sanatçının, tasarımcının kendi yaratıcılığını geliştirmesine, kendini farklı şekillerde ifade edebilmesine olanak sağlamaktadır.

KAYNAKÇA

- Bommel V.W., Rouhana A., (2019). The Science of Lighting, A guide about the nature and behaviour of Light, Signify Lighting Academy
- Barrett, T. (2010). Making Art: Form and Meaning, McGraw-Hill, Hayalperest Yayınevi
- Ching F.D.K. (2007). Architecture, Form, Space and Order, Third Edition, John Wiley & Sons, Inc., USA
- Coles J., Houes N. (2007) The Fundamentals of Interior Architecture, AVA Publishing
- Çağal Taşdelen D. (2022) 8. Uluslararası Mimarlık ve Tasarım Kongresi, 26-27 Kasım 2022 İstanbul, 354-362
- Çağal O. (2006). Ders Notları, Haliç Üniversitesi, İstanbul
- Day J. (2013), Line Color Form, The Language of Art and Design, Published by Allworth Press, an imprint of Skyhorse Publishing, Inc., New York
- Lauer D. A., Pentak S. (2005). Design Basics, Sixth Edition, Thomson Wadsworth
- Read H. (2017) Sanatın Anlamı, Hayalperest Yayınevi
- Sully A. (2015) Interior Design: Conceptual Basis, Springer, International Publishing Switzerland
- Tunalı İ. (2002). Tasarım Felsefesi Tasarım Modelleri ve Endüstri Tasarımı, FOL
- Thompson J.A.A., Blossom N.H. (2015) The Hand Book of Interior Design, John Wiley & Sons, Ltd, UK

ANTAKYA MÜZE OTELİ'NİN YAPIM TEKNİĞİ AÇISINDAN İNCELENMESİ

Ayşenur KARA¹, Ufuk Fatih KÜÇÜKALİ²

Öz: Endüstrileşme ve yoğun nüfus artışı özellikle 2. Dünya Savaşı sonrasında geleneksel inşa yöntemlerini yetersiz bırakmış, artan konut ihtiyacı ve yoğun talep hızlı ve seri üretim sistemlerini gündeme getirmiştir. Bu sistemler içerisinde en yaygın prefabrikasyon olup bir binayı oluşturan yapısal öğelerin bir kısmının ya da tamamının fabrika ortamında üretilmesi, montaj aşamasının şantiyede gerçekleştirilmesi esasına dayanır. Prefabrikasyon sistemlerinin çeşitlerinden biri olan modüler kutu sistemleri duvarların panel şeklinde döşeme üniteleriyle bir araya geldiği açık, yarı açık veya kapalı mekân elemanlarıdır. Modüler yapım sistemleri, binanın yapısal donatı elemanlarının bağımsız olarak fabrika ortamında üretilerek sahaya taşındığı ve yerinde montajla tamamlandığı bir yapım tekniğidir. Duvar ve döşeme birimlerinin birleştirilmesiyle ortaya çıkarılan modüller değişik biçimlerde bir araya getirilerek binaları oluşturmaktadır. Modüler yapı türleri kalıcı modüler yapılar ve taşınabilir modüler yapılar olarak iki farklı sınıfa ayrılmaktadır. Modüler yapılarda kullanılan modüler yapı elemanları genel olarak cephe elemanları, servis elemanları ve mekânsal yapı elemanları şeklinde üç farklı kategoride incelenmektedir. Bu çalışmada modüler kutu sistemlerinin mimaride kullanımının getirdiği avantajların yapı kalitesi, ergonomi, esnek planlama, inşa sonrası değiştirilebilir ve dönüştürülebilir mekân olanağı, hızlı üretim ve inşa dolayısıyla zaman ve malzeme tasarrufu, ekonomik olması ve geri dönüşüm sağlaması açısından incelenmesi amaçlanmıştır. Bu incele-

1 İstanbul Aydın Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, İstanbul / Türkiye, e-mail: nurkaraayse@gmail.com, Orcid No: 0000-0002-3335-8995

2 İstanbul Aydın Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, İstanbul / Türkiye, e-mail: ufkucukali@aydin.edu.tr, Orcid No: 0000-0002-2715-7046

melerin örneklem alanı olarak seçilen Antakya Museum Hotel çerçevesinde yapılması hedeflenerek ve yapının dünyadaki ilk müze oteli olarak planlanmasının altında yatan sebepler ve modüler sistemle inşa edilmesinin gereklilikleri incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Endüstrileşmiş Yapı, Modüler Kutu Sistemler, Modül, Müze Oteli

GİRİŞ ve KURUMSAL ÇEVRE

Endüstri ve Sanayi Devrimi ile birlikte gelen makineleşme, standartlaşma ve seri üretim, geleneksel yapı üretim ve yapım tekniklerini yetersiz bırakmıştır. Dünya genelinde hızla artan insan popülasyonu, yoğun kentleşme ile artan yoğun konut talebi ve endüstrileşme sebebiyle yapı endüstrileşmesi yaşayan tüm ülkelerde üretim hızı ve sürekliliği büyük önem taşımaktadır (Küçükali ve Atabay, 2013). Üretimin seriliği ve sürekliliği için standartlaşma gerekli ve zorunlu bir durum haline gelmiştir (Ayla vd., 2004; Altın, 2013). Bu standartlaşmada öncelikle, tasarlanması öngörülen yapılar ve üretimi planlanan yapısal donatı elemanları arasında biçimsel ve boyutsal bir birliktelik bulunması gerekmektedir (Çizmecı, 2001). Bu bağlamda ortaya çıkan çalışmalarda modüler kutu sistemleri önemli bir yere sahip olmaya başlamıştır. 2. Dünya Savaşı sonrasında ortaya çıkan büyük konut açığını karşılamak amacıyla savaş sırasında geliştirilen yöntemler ve teknolojideki son gelişmeler konut yapımında kullanılmıştır (Duksi ve Küçükali, 2016). Bu dönemde “geleceğin konutu” olarak nokta konut blokları ve hazır yapım müstakil konutlar önerilmiştir (Erturan vd., 2012). Modüler kutu sistemlerin ilk adımı 1930 yılında Prof. Dr. N.A Ladowsky ve Mimar N.E. Karaulov’un bir projesi üzerine iklim şartlarından ötürü üretimde süreklilik sağlanamadığı için S.S.C.B’de atıldığını söylemek mümkündür.

Günümüzde bu sistem ABD, Japonya ve Avrupa’da yaygın olarak kullanılmaktadır. Türkiye’de örneklem alanı olarak seçilen Antakya Museum Hotel aynı zamanda dünyadaki ilk müze-otel örneğidir. Yapının modüler yapım tekniğiyle inşa edilmesinin en önemli sebebi, bölgenin sit alanı olarak belirlenmesinin ardından yapılan kazı çalışmalarında ortaya çıkan kayda değer arkeolojik buluntulardır. Sonrasında alanda normal bina inşaatının yapılamayacağı kabul edilerek çevreye ve arkeo-

lojik dokuya zarar vermeden modüler yapım tekniğiyle inşa edilmesine karar verilmiştir.

The Museum Hotel Antakya, Antakya kenti, Haraparası bölgesinde 100 metreye 200 metre büyüklüğünde bir alanda konumlanır. Necmi Asfuroğlu tarafından 2009 yılında, üzerine otel yapma niyetiyle satın alınan bu arazide yapılan öncül kazılar, önemli büyüklükte in situ Roma dönemi mozaiklerinin yanında hamam, villa ve benzeri çok katmanlı buluntularını ortaya çıkarır. Asfuroğlu'nun otelin adına sözleşme yaptığı Hilton markasının, asgari otel gerekliliklerinde en az iki bodrum katı ihtiyaç programında bulunmaktadır (Can, 2021). Alan üzerinde yapılan kazı çalışmaları sırasında neredeyse her yerden çıkan buluntular Antakya Müzesi ve Koruma kurulu tarafından incelenmeye başlanmıştır. Sonrasında başlatılan bilimsel kazı çalışmalarındaki uzman ekip tarafından belirlenen en önemli nokta ise tek bir bodrum katı uygulamasının bile yapılamayacak olmasıdır. Bu aşamada otelin mimari Emre Arolat projelendirme süreci için davet edilmiştir. EAA'nın projesi kalıntıların zarar görmesini önleyerek alanda bir "müze oteli" inşa etme fikrini ortaya çıkarmıştır.

AMAÇ

Hızla gelişen dünyada endüstrileşme, kentleşme ve nüfus artışı seri üretim kavramının ve çevre kirliliği, kaynakların tükenmesi gibi sorunların ortaya çıkarttığı sürdürülebilirlik kavramının önemini arttırmıştır. Dolayısıyla modüler kutu sistemlerinin kullanımının yakın bir gelecekte yaygınlaşacağı öngörülmektedir. Bu bağlamda modüler sistemler konusu üzerinde çalışma yapılması gerekli görülmüştür. Örneklem alanı olarak seçilen Antakya Museum Hotel'in modüler yapım tekniği ile fikrin ortaya çıkış evresinden uygulama evresine kadar süregelen aşamalarını incelemek ve sistemin yapıya üzerindeki avantaj ve dezavantajlarını tartışmak amaçlanmaktadır.

KAPSAM

Bu çalışmanın kapsamı, yaklaşık 1940'lı yılların başında ortaya çıkan fakat günümüzde adını daha sık duyduğumuz ve sürdürülebilirliğe sağladığı katkılardan ötürü daha çok tercih edilen bir yapım tekniği haline

gelen modüler kutu sistemleri ele alarak avantaj ve dezavantajlarını irdelenmektedir. Modüler sistemlerin büyük ölçekli yapılarda sağladığı avantajların daha belirgin incelenebilmesi olanağı göz önünde bulundurularak örneklem alanı Hatay'da bulunan Antakya Müze Oteli olarak seçilmiştir. Çalışmada öncelikle modül, modüler koordinasyon, modüler yapım tekniği tanımlaması yapılmıştır ve bu yapım tekniklerinden biri olan modüler kutu sistemler detaylıca incelenmiştir. Örneklem alanı üzerinden modüler kutu sistemlerin verimlilik ve etkinliği tartışılarak, sistemin projelendirilmesi, fabrika ortamındaki üretimi, üretimi yapılan yapısal donatı elemanlarının sahaya taşınması ve kurulum aşamaları irdelenmiştir.

YÖNTEM

Çalışma nitel ve nicel araştırmalara dayanmaktadır. Modüler sistem uygulamaları hakkında tanımlamaların, sınıflandırmaların yapılması, çalışma prensipleri ve getirdiği avantajların belirlenmesi noktasındaki bilgiler literatür taraması ile edilmiştir. Elde edilen bilgiler doğrultusunda Türkiye'de belirlenen Hatay müze göre örneğinin incelenmesi ve plan kesit, görüşlere ulaşılmada basılı ve dijital yazılı-görsel araştırmalar gerçekleştirilmiştir. Çalışma kapsamında sınıflandırılan Antakya Müze Oteli üzerinde alansal incelemeler ve analizler yapılacaktır.

MODÜLER KUTU YAPIM SİSTEMLERİ

Modüler yapım sistemleri, binanın yapısal donatı elemanlarının bağımsız olarak fabrika ortamında üretilerek sahaya taşındığı ve yerinde montajla tamamlandığı bir yapım tekniğidir. Duvar ve döşeme birimlerinin birleştirilmesiyle ortaya çıkarılan modüller değişik biçimlerde bir araya getirilerek binaları oluşturmaktadır. Modüler yapı türleri kalıcı modüler yapılar (permanent modular construction) (Smith ve Rice, 2017) ve taşınabilir (relocatable) modüler yapılar (Kyrö vd., 2019) olarak iki farklı sınıfa ayrılmaktadır. Çalışmada taşınabilir modüler yapılar üzerinde durulmaktadır. Modüler yapılarda kullanılan modüler yapı elemanları genel olarak cephe elemanları, servis elemanları ve mekânsal yapı elemanları şeklinde üç farklı kategoride incelenmektedir. Bu yapı elemanları kendi içlerinde de farklı kategorilere ayrılmaktadır.

Tablo 1. Modüllerin Sınıflandırılması (Eren, 2018)

Modüllerin Sınıflandırılması	Sistem Türü
Taşınma Prensiplerine Göre	Taşıyıcı Modüller
	Taşınan Modüller
Bitmişlik ve Mekan Özelliklerine Göre	Kapalı
	Açık
	Yarı Açık
Kullanım Şekline Göre	Yaşama Mekanları
	Tesisat Hacimleri

Modüler yapım sistemi projeleri 4 aşamadan oluşmaktadır. İlki tasarımın yapılması ve onaylanması, ikincisi modül parçalarının fabrikada ön montajının yapılması, üçüncüsü montajı yapılan modülün yapı alanına nakliyesi ve sonuncusu yapı alanında kurulumunun yapılmasıdır. Modüler yapım sisteminin en önemli avantajlarından biri fabrikada ön montajın yapılırken yapı alanında diğer çalışmaların başlayabilmesidir. Bu aşamaların eş zamanlı ilerleyebilmesi zamandan önemli ölçüde tasarruf etmeyi sağlamaktadır (Lawson vd., 2012).

Modüler sistemin fabrikada seri üretime dayanması sayesinde hızı, lojistik açıdan kolaylık ve maliyet açısından tasarruf sağlamaktadır. Üretimin fabrikada yapılması üretim sürecinde kontrollü kaynak ile malzeme kullanımı yapmaya imkân vererek ve sahadaki atıkları en aza indirerek malzeme tasarrufu sağlarken, kötü hava koşullarından etkilenmemektedir. Yaklaşık %80 oranında yapımı fabrikada tamamlanan modül hücreleri sahadaki işgücünü ihtiyacını da önemli ölçüde azaltmaktadır. Özellikle büyük ölçekli projelerde bu avantajlar daha net gözlemlenebilmektedir.

Modüler kutu sistemler fabrikada üretilirken belirli kalite kontrol testlerinden geçerek olumlu-olumsuz özellikleri tespit edilmektedir. Bu sayede sistemdeki hatalar sifıra indirgenebilmektedir. LEED VE BREE-AM sertifikasyon sistemlerinde en önemli kriter enerji verimliliği olarak belirlenmiştir ve modüler kutu sistemlerin yapım tekniği kaynakların etkin kullanıldığı bir yapım tekniği olarak kabul görmektedir. Sürdürülebilirlik açısından sürecin malzeme ve kaynak tasarrufuyla birlikte

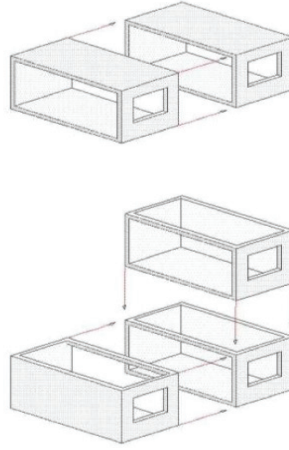
atık oranını minimuma indirmesi; küçük inşaat alanlarında kurulum yapılmasıyla şantiye ortamındaki gürültü, zararlı gazları azaltması; istenmeyen durumlarda yıkılma olayına karşın modül parçalarının başka yapıda kullanılabilir olması, demonte özelliğe sahip olması ve geri dönüştürülebilir özelliğe sahip olması çevreye duyarlı bir sistem olduğunu göstermektedir.

Modüler Kutu Sistemin Tercih Edilme Sebepleri

Sistem esnek tasarıma olanak tanımaktadır. Tasarım esnasında ya da inşa sonrasında yapıların fonksiyon değişikliğine uğraması, tasarım tercihlerinin zaman içerisinde değişmesi gibi sebeplerle mekânlar birleştirilip ayrılabilir. Böyle bir durumda modül panelleri sökülerek iki mekân arasında boşluk açılmaktadır (Erturan vd., 2012). Ya da geniş bir mekânın arasına panel parçaları eklenmekte ve böylelikle iki ayrı mekân ortaya çıkartılmış olunmaktadır.

Sistemin üç farklı sınıflandırılma şekli mevcuttur. Birincisi mekân özelliklerine göre açık (corner supported or open-sided) ve kapalı (continuously supported or 4-sided) olarak ikiye ayrılmasıdır. Kapalı sistemlerde modüllerin her biri kapalı bir kutudur ve montaj sırasında yan yana ve birbiri üzerine eklenmektedir (İlerisoy vd., 2018).

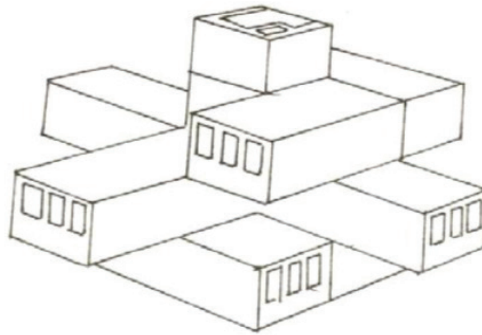
Açık sistemlerde ise modüllerin bir bölgesine panel eklenmemesi, boş bırakılan yerin başka bir modül ile birleştirilmesi prensibi vardır. İkinci sınıflandırma yöntemi ise statik açıdandır. Modüller malzeme türüne göre orta ağırlıkta (ahşap çerçeve, hafif metal, kompozit) ve ağır modüller (betonarme) olarak ikiye ayrılır. Farklı ağırlıklı modüllerin yük taşıma dayanımı de farklıdır. Üçüncü sınıflandırma ise montaj şekillerine göredir. Sistem birbiri üstüne eklenerek yığma yapı modüler sistemiyle inşa edilebilir. Ya da iskelet sistem yöntemiyle belli bir iskeletin üzerine her bir modül birimi eklenebilmektedir. Bu iki yöntemin aynı anda bir yapıda kullanılması ise karma modül kutu sistemleridir. Strüktürel olarak hücre konstrüksiyonu, hücreler arasındaki bağlantılar, yük transferi ve yapısal stabilitesi kategorilerinde incelenmektedir. Hücreler, panel sistemler ve strüktürlerin karma kullanım olanağına sahip olması tasarımlara esneklik kazandırmaktadır (Tokgöz vd., 2009).



Şekil 1. Açık Modüler Kutuların Bir Araya Getirilmesi

Prefabrikasyon, ön montaj ve modülarizasyon ve fabrika ortamında üretimi gerçekleştirilen yapısal donatı elemanlarının inşa ile alakalı 100 iş esas alınarak yapılan, malzeme teknolojisi ve inşa üretim arasındaki ilişkiyi incelen bir araştırma aşağıdaki verileri ortaya çıkarmıştır.

- Daha hafif metaryallerin kullanıldığı yerlerde, işgücü verimliliği aynı aktivite için yüzde 30 oranında artmıştır.
- İşgücü verimliliği ayrıca, inşa aktiviteleri, monte edilmesi daha kolay olan veya prefabrike olan metaryeller kullanılarak yerine getirildiğinde de artmıştır (Erturan vd., 2012).



Şekil 2. Üç Boyutlu Mekânsal Elemanların Birleşimi

Tablo 2. Modüler Sistemin Tercih Edilme Sebepleri (Eren, 2018)

Taşıyıcı Sistem ve Tasarım Açısından	Maliyet Açısından	Şantiyede Organizasyonu ve İş Güvenliği Açısından	Çevre Açısından
Hafif strüktür	Şantiye içi depolamaya olan gereksinimlerde azalma ve malzemelerde daha az kayıplar	Geleneksel sistemlerde meydana gelen iş akışı sıralamasının değiştirilmesinden dolayı kaynaklanan çalışma sürelerinin uzaması ortadan kalkmakta, çalışma saatlerinin düzenlenmesinde daha az anlaşmazlıklar ve ustaların daha iyi organize edilmesi	Prefabrikasyon ve ilgili teknolojiler, şantiye dışı bölgelerde daha yüksek nakliye maliyetlerine ve enerji harcamalarına neden olsalar da, malzeme atığı, hava ve su kirliliği, toz ve gürültü ve toplam enerji maliyetlerindeki azalmalardan dolayı daha az iş sahası ortamı etkileri ortaya koyar.
Temel tasarımı basitleştirildiği için maliyetinden tasarruf sağlanır	Binanın erken tamamlanarak hizmete açılması ile büyük ekonomi sağlanır. Kısa sürede yapım.	Güvenli sistemdir. Şantiyede meydana gelebilecek her türlü yaralanma olasılığını azaltır.	Modüler kutu yapı, doğası gereği, malzeme ve kaynak tasarrufudur. Modüler kutu yapım yöntemi montaj sırasında, nakliye sırasında oluşacak malzeme kayıplarının önüne geçilir
İhtiyaçlar gerektiğinde, modüler binalar sökülebilir ve yeni modüller binaya eklenebilir.	Üretim hattı işlemlerine daha fazla yatırım yapılması, montaj hızının artmasına ve üretim verimliliği sayesinde maliyet tasarrufu elde edilmesini sağlamaktadır.	Modüler ünitelerin kurulumunda kısa süreliğine kiralanabilen vinçler kullanılabilirliği için vincin günlük olarak daha az kullanımı ile tasarruf yapılır.	Modüler kutu yapı temel ve diğer şantiye işleri ile birlikte eş zamanlı olarak şantiye dışında inşa edilir, bu nedenle şantiye içinde gerek duyulan araçların ve ekipman sayısını düşürdüğü gibi, çevredeki iş ortamı üzerindeki zamanı ve gürültü, trafik vb etkileri de azaltır.
Fabrika ortamında üretilmesinden dolayı yüksek düzeyde bitmişlik	Katı Kalite güvence prosedürlerinin uygulanması ile ileride oluşacak hataların min düzeye indirilmesi ile yeniden yapılan işçiliğin önlenmesi (Anon,2008).	İnşaat programının süresi, daha net bir şekilde öngörülebilmektedir ve şantiye işlemlerinin hava şartlarına bağımlılığı daha düşük seviyededir.	Modüler kutu yapı, ürünleri denetlenen üretim koşullarında yapıldıkları için atık oluşumuna karşı duyarlıdır ve şantiye koşullarına göre dikkatli ve stratejik bir şekilde teslim edilmesi de nakliye sırasında oluşabilecek malzeme kayıplarını azaltır.
Üretim kolaylığına bağlı olarak detayların test edilmesi ve rasyonelleştirilmesi vasıtasıyla tasarım aşamasında geliştirme daha ön plana çıkabilmektedir (Lawson, M., Ogden, R., Goodier, C., 2014).	Az sayıda işçi ile yapılabilmesinin getirdiği ekonomi	Daha az şantiye çalışanı ve dolayısıyla daha az sayıda şantiye tesisi, vs.	
		Hafif çelik modül kutu sistemlerde yapı elemanları ve bileşenlerinin ağırlığı azalmış, bu da nakliye işlerini ve montajı kolaylaştırmaktadır.	
		Şantiye kulübeleri ve diğer tesislerin kiralanmasını kapsayan şantiye ön hazırlıklarının azaltılması.	

Antakya Museum Hotel Örneği

The Museum Hotel Antakya, Antakya kenti Haraparası bölgesinde bulunmaktadır. Konumlandığı arazi 100 metreye 200 metre büyüklüğündedir. Arazi Necmi Asfuroğlu tarafından 2009 yılında otel yapma fikriyle satın alınmıştır. Yalnız arazi üzerinde yapılan kazılarda önemli ölçülerde situ Roma dönemine ait mozaikler ve çok katmanlı çeşitli kalıntılar bulunmuştur. Bu kalıntıları hamam, villa, ziyafet evleri ve salonları, umumi tuvalet ve kamusal mekanlar olarak sıralamak mümkündür.

Antakya'nın Starius Dağı'nda, ilk Hristiyan topluluğuna ev sahipliği yaptığı söylenen St. Pierre Kilisesi'nin yakınlarında bulunan araziyi yatırımcı işveren Asfuroğlu bir otel inşası için kullanmak istemiştir. Asfuroğlu otel işletmesi için anlaştığı Hilton otel zincirlerinin otel için gerekli asgari şartlarda en az iki bodrum katı bulunması gerekliliği vardır. Fakat arazi temel için kazılmaya başlanınca neredeyse her yerden önemli ölçüde buluntular çıkmıştır. Dolayısıyla Antakya Müzesi ve Koruma Kurulu devreye girerek buluntuları değerlendirmeye almıştır. Sonrasında başlatılan bilimsel kazılarda görevli uzman ekip tarafından ortaya çıkarılan en önemli noktalardan biri, değil iki bodrum katı tek bir bodrum katının bile yapılamayacağı yönünde olmuştur. Akabinde emre Arolat bizzat davet edilerek projelendirme kısmını üstlenmiştir. Arazinin sit alanı olması dolayısıyla yetkili kurumlar tarafından yapılan incelemeler ve sondaj çalışmaları sonucunda ulaşılan önemli kalıntılar sebebiyle bir müze-otel yapma fikri ortaya konulmuştur. Projede asıl önemli nokta arkeolojik alanın kamusalılığı ve otel alanının özel kullanımından doğan ikiliği çözmek üzerine olmuştur. Yapının tasarımı, antik ve modernliği bir arada kullanmaya olanak sağlamaktadır.

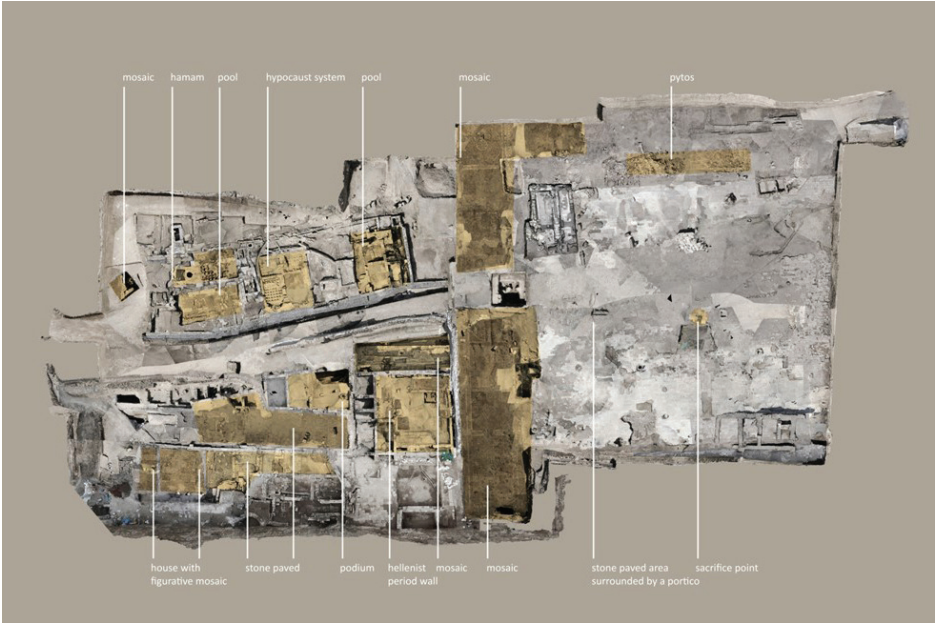


Şekil 3. The Museum Hotel Antakya

Kazı Evresi

Hristiyan dünyasının önemli noktalarından biri olan Antakya St. Pierre Kilisesi'ne yakın bir konumda bulunan arazide Antakya Arkeoloji Müzesi uzmanları tarafından yürütülen sondaj çalışmalarından elde edilen buluntular, bu alanda bir otel projesi gerçekleştirmek isteyen firmayı "müze otel" yapma fikrine yöneltmiştir.

Hatay Arkeoloji Müzesi tarafından başlatılan kazı ve sondaj çalışmaları yaklaşık 100 metreye 200 metrelik bir alanda yapılmıştır ve yüzeyden yaklaşık 5 metre derinliğine kadar aşağı inilmiştir. Çalışma yapılan alanda çoğunlukla Antiokheia'nın M.S 4.-6. yüzyıllar arasında olduğu söylenen Geç Antik çağ yerleşimine ait kalıntılar ortaya çıkmıştır. Alanın doğusundan batısına doğru ana caddeyle birleşen kısımda kamusal bir alan (forum), bu alana bağlı bir umumi tuvalet, M.S 5. Yüzyıla ait olduğu söylenen Roma dönemi evleri, kamusal bir yapı olan Roma Hammamı'na ait buluntular, sokak ve cadde kalıntıları bulunmuştur. Bugün farklı bir yerde konumlanan Hacı Kürüş Deresi'nin yatağı (Parmenios Çayı) o tarihlerde şu anki kalıntıların arasından geçmektedir.



Şekil 4. Alan Üzerindeki Arkeolojik Kalıntılar

Kazı çalışmaları başlar başlamaz bulunan önemli arkeolojik eser ve kalıntılar sebebiyle Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kurulu tarafından sürece arkeolog, sanat tarihçileri, mimarlar gibi farklı disiplinlerden oluşan bir heyet oluşturulmuş ve ardından müze otelin ilk adımları atılmıştır. Bunun sebebi heyetin arazide farklı medeniyetlere ait çok sayıda önemli kalıntılar bulması ve dolayısıyla arazi üzerinde normal bir binanın inşa edilmesinin imkânsız olduğunun kesinleşmesidir. Bu kazı çalışmaları sırasında Helenistik Dönem'den İslami Dönem'e kadar birbirini takip eden beş kültür katmanı ve 13 ayrı medeniyete ait eser ve buluntulara ulaşılmıştır.



Şekil 5. Sondaj Çalışmaları Sırasında Elde Edilen Kalıntılar

Yaklaşık 8 ay süren ve elle yapılan kazının tamamlanmasının ardından projeyi gerçekleştirmek için yurt içinde ve dışında mimar arayışlarına başlanmıştır. Sonunda EAA- Emre Arolat Mimarlık ile anlaşmaya varılmıştır.

Projelendirme Evresi

Kazıların tamamlanmasının ardından Koruma Projesi kapsamında buluntuların bir kısmı depolara kaldırılmış bir kısmı ise yerinde koruma altına alınarak saklanmıştır. EAA tarafından yapılmaya başlanan proje çalışmaları yaklaşık 6 ay sürmüş ve gerekli kurumların onayını aldıktan sonra uygulama evresine geçilmiştir. Projede benimsenen ana prensip, kazılardan elde edilen eser ve buluntuların bulunmadığı noktalara kuyu temeller atarak çelik kolonlar yükseltmek ve arkeolojik dokuyu sergilemeye yönelik olmuştur. Bu amaçla, Kasım 2011 gibi tamamlanan çalışmalar sonrasında Belediye ve Koruma Kurulundan onay alınarak uygulama evresine geçilmiştir.

Ağustos 2011 tarihinde her biri 220 cm ve 250 cm çapında, yaklaşık 20-26 metre arası derinlikte ve toplam derinliği 1420 metreyi bulan toplamda 66 adet kuyu; tarihi dokuya zarar vermemek amacıyla elle kazılmaya başlanmış ve çalışmalar Nisan 2012 tarihinde sona ermiştir.

Yapının ana strüktürü çelik kolon kuyularla oluşturulduktan sonra Emre Arolat'ın önerisiyle alışlagelmedik bir şekilde otelin kesiti ters çevrilmiştir. Bu, zeminin pilotilerin üst noktasına taşınması suretiyle, giriş ve bodrum katlarda bulunması zaruri olan otel fonksiyonlarının söz konusu "yeni" zeminin üzerine konumlandırılması anlamına gelmektedir (Can, 2021).

Alışlagelmedik bu yaklaşımda, buluntuları barındıran alanı kamusal bir müzeye, bahsedilen yeni zemin ve eski zemin ilişkisini boşluklarda konumlandırılan odalar olarak kurgulanmıştır. Prefabrike ve yerinde montaj tekniğiyle konumlandırılan odalar yatay bağlantı yollarıyla birleştirilmiştir. Bahsedilen yatay bağlantı yollarının yapı içerisinde bir köprü görevi gördüğünü söylemek mümkündür. Bu köprüler üzerinden alandaki buluntular izlenebilmektedir.

Antakya Museum Hotel'in, kamusal ve özel alanların bir arada fakat iki alanda da farklı kullanıcıların deneyimlerini biricik hale getirdiğini söylemek mümkündür. Hem müze ziyaretçilerinin hem de otel müşterilerinin tanımlanan kamusal ve özel alanlarda müze oteli kavramını son derece deneyimledikleri gözlemlenebilmektedir.



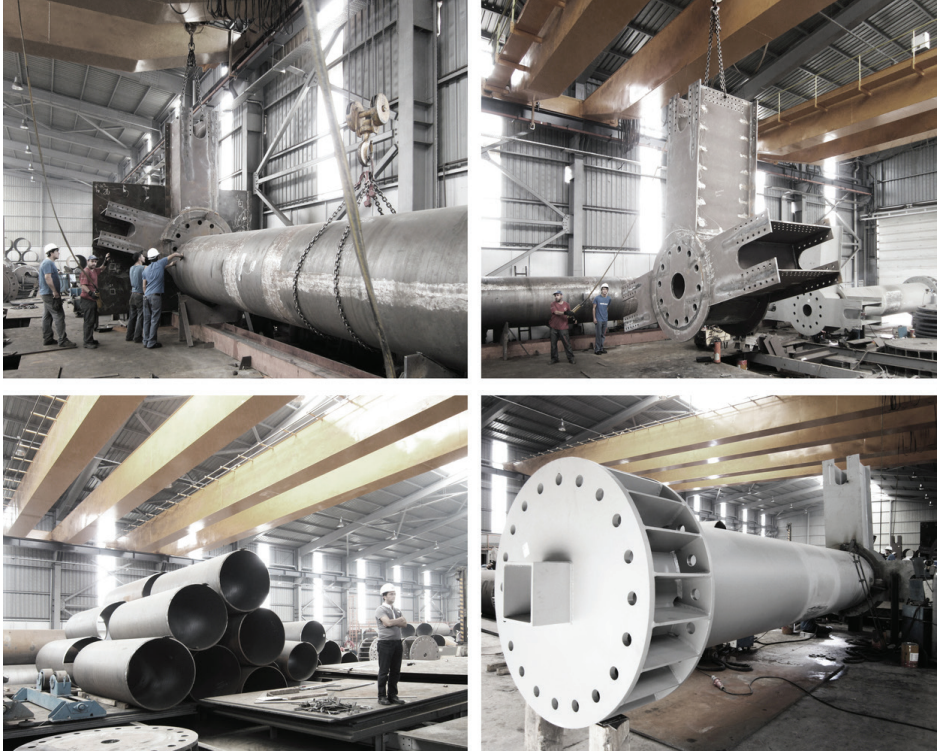
Şekil 6. Kamusal Mekân ve Özel Mekân Görünümü.

Uygulama Evresi

Antakya Museum Hotel'in bulunduğu arazi, Antakya 3. Derece Arkeolojik Sit Alanı koruma sınırları içerisinde bulunduğu için ilk sondaj çalışmaları Hatay Arkeoloji Müzesi tarafından yapılmıştır. Sistemik kazılar 3 yıl sürmüş, projelendirme ardından uygulama evresine geçilmiştir.

Buluntular elde edildikten sonra normal inşaat çalışması yapılması imkânsız hale gelmiştir. Arkeolojik dokuya verecek olduğu potansiyel zararı önlemek amacıyla proje ekibi bazı yapı donatı elemanlarının fabrika ortamında üretilerek yerinde montaj ve uygulama yapılmasına karar vermiştir. Otel kazık temeller üzerinde alanda bulunan arkeolojik eserlerden 15 metre yükseğe konumlandırılmıştır. Geleneksel yapım tekniği olan inşaatta, arkeolojik dokuya ve çevreye verilecek zarar göze alınmamış, sahada yapılan çalışmaların büyük bir kısmı el işçiliğiyle gerçekleştirilmiştir. Modüler yapım tekniği kullanılarak inşa edilmesi planlanan otelin, alanda yapılan öncelikli çalışmalardan sonra; fabrika ortamında üretimi gerçekleştirilen prefabrik elemanların saha alanına taşınmasıyla çalışmalara başlanmıştır.

İnşaat için gerekli kazık temellerin konumları belirlendikten sonra alana iş makinesi girmeden tek tek elle açılan kuyu temellerde profesyonel ekiplerle arkeolojik kazı prensiplerine uygun olarak kazılar yapılmıştır. Kuyu temellerinin kazıları sırasında önemli buluntular tespit edilmiş ve bazı kuyuların yerleri değiştirilmek gerekli olduğundan proje süreci bir buçuk yıl daha uzamıştır. Güncel olarak yatağı değişen Parmenios Çayı'nın (Hacı Kürüş Deresi) eski yatağında neredeyse hiç mimari kalıntının bulunmaması projenin uygulanmasında en önemli etken olmuştur. Bu sebeple taşıyıcı kuyu temeller önemli ölçüde derenin eski yatağında kullanılmıştır ve yapının tamamı arkeolojik alana ve buluntulara minimum ölçüde zarar verecek şekilde kurgulanmıştır.



Şekil 7. Çelik Üretimi

Kuyu Temel İnşaat Evresi

Sahada arkeolojik kalıntıların bulunmadığı noktalarda inşaatın temelini kazılan kuyu temeller oluşturmaktadır. Tüm riskler göz önünde bulundurularak, çıkabilecek olası kazalara karşı önlem alınmış, tüm işçiler tarafından koruyucu malzeme ve ekipman kullanılmış, kullanılacak elektrikli cihazların tümü topraklanmış ve kaçak akım rölesi ile desteklenmiştir.



Şekil 8. Kuyu Temel İnşaatı Çalışmaları

Zorlu ve riskli bir çalışma süresi olan kuyu temel inşaat evresinde; kuyuların her biri elle kazınarak çıkan topraklar elenmiş, çalışmalar sırasında elde edilen buluntular toplanmış ve toprağın geri kalan kısmı depolama alanına gönderilmiştir. Elle kazı çalışmaları sırasında çıkan sular, derin ve hacimli su pompaları aracılığıyla ara istasyon olarak kullanılan tanklara, tanklardan pompalar aracılığıyla drenaj hatlarına basılmıştır.



Şekil 9. Su Pompaları Aracılığıyla Tahliye Edilen Sular

Kuyulara yerleştirilen demirlerin bağlanma işlemi kazı işleri gibi zorlu bir çalışma gerektirmiştir. Demirlerin bağlanması kimi durumlarda vinç yardımıyla kimi durumlarda ara platformlarla sağlanmıştır. Demirlerin bağlanmasının ardından kuyuların içine beton dökülerek yapının taşıyıcı ana strüktürü olan kolonların temelleri atılmaya başlanmıştır.



Şekil 10. Kuyu Temellerin İçine Bağlanan Demirler

İlk kademe kuyu betonu tamamlandıktan sonra çelik kolonların monte edileceği ankraj bulonları şablonlar vasıtası ile yerlerine yerleştirildi. Çelik kolon montajı öncesi son kademe beton dökülüp ankrajlar tespit edildi.



Şekil 11. Çelik Kolonların Monte Edilmesi

Çevre İstinat Duvar Elemanları Evresi

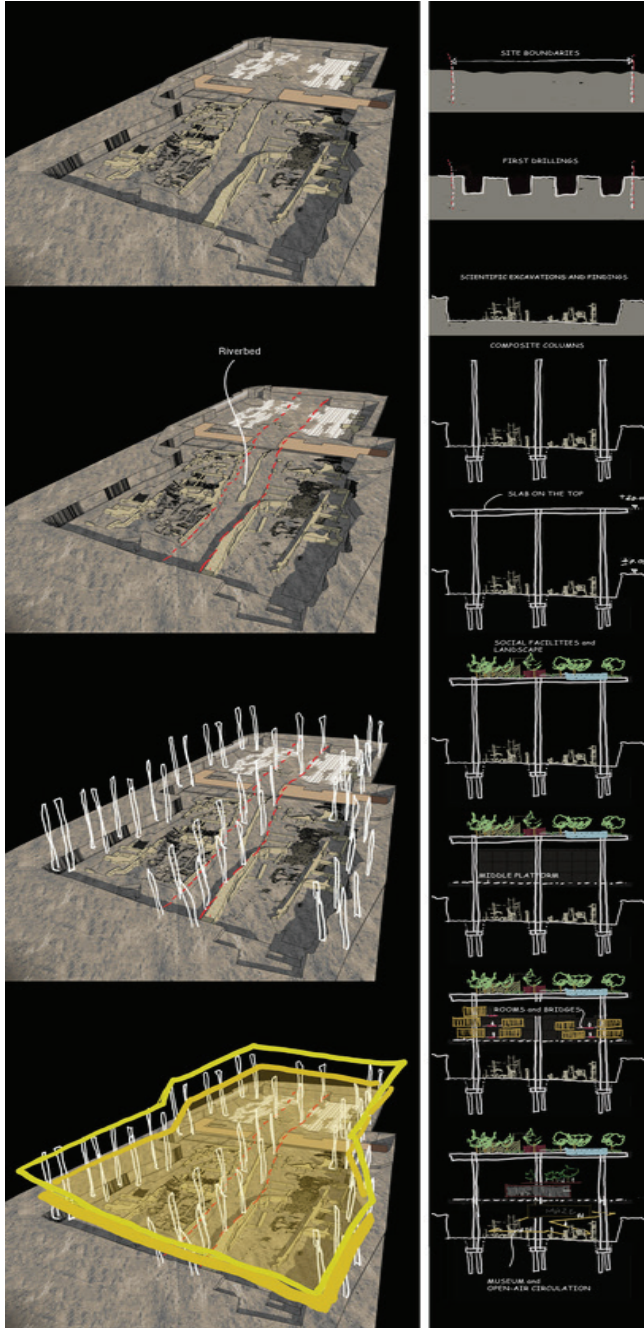
Araziyi çevreleyen istinat duvarı elemanlarının fabrikada üretimine Temmuz 2012 tarihinde başlanmıştır ve bu prekast elemanlar sahaya Ağustos 2012 tarihinden itibaren sahaya getirilmiş ve yerinde uygulamayla yerleştirilmiştir.

Fabrikada Temmuz 2012 itibariyle toplamda 312 adet imalatı gerçekleştirilen istinat duvar elemanları yerinde monte yöntemiyle sahada tamamlanmıştır.

Kuyu temel ve çevre istinat duvar elemanları haricinde müze otelin inşaat aşamasında betonarme blokların inşaatına Aralık 2011 tarihi itibarıyla başlanmıştır. *Back Of House (BOH)* yani tüm teknik hizmetlerin yer aldığı betonarme bloğun inşaatı Mayıs 2012 itibarıyla tamamlanmıştır.



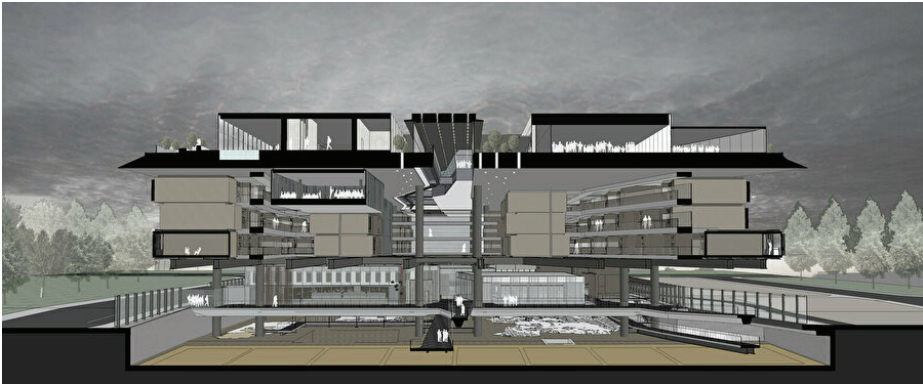
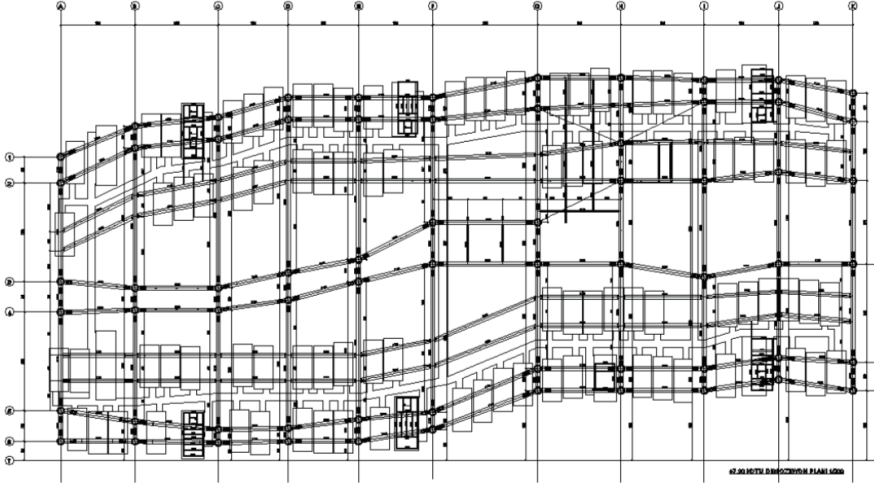
Şekil 12. Şantiye Durumu (2013)



Şekil 13. The Museum Hotel Antakya Konsept Diyagram

Modüler Sistem Kullanımı

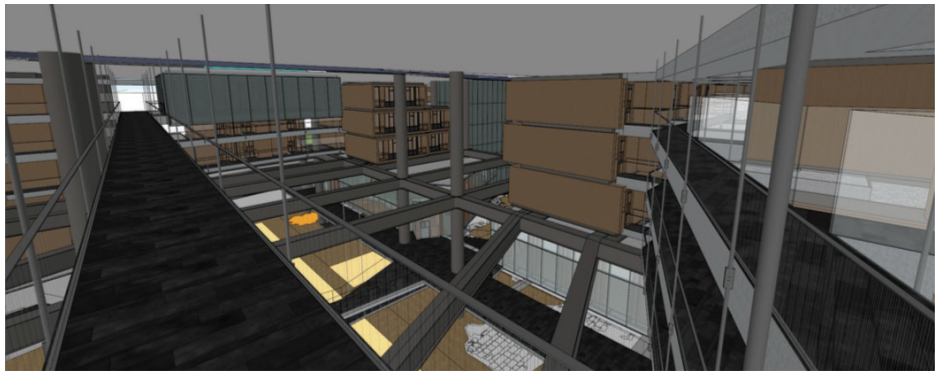
Otelin ana gövdesi, tekli odacıklar şeklinde prefabrike yatak ünitele-
rinin üst üste ve yan yana istiflenmesiyle oluşmaktadır. Çelik kirişlerden
oluşturulmuş bir ızgara strüktür yapısının üzerine yerleştirilen odalar,
yatayda ve dikeyde kurgulanmış bağlantı yolları ve köprüler ile birbi-
rine ve ana dolaşıma bağlanmaktadır. Açık, yarı-açık ve kapalı mekân-
lardan oluşan yapı, dışarıdaki coğrafya ve atmosferden soyutlanmayan,
zeminde bulunan ve sergilenen kalıntı, mozaik ve eserler ile arkeolojik
geçmişle bugün arasında yaşanan bir dünya sunmaktadır.



Şekil 14. Katların Birbiriyle Bağlantısını Gösteren Kesit

Otel yapısına ait taşıyıcı sistem konfigürasyonu, yapının mimari fonksiyonu gereği özel niteliktedir. Yapı, esas itibariyle 2 katlı ana çerçeve ve yapısına iliştilmiş daha küçük boyutlu yapıların kombinasyonların oluşmaktadır. İki katlı ana çerçeveyi (mega-frame) oluşturan kolonlar betonla doldurulacak çelik borulardan teşkil edilmiştir. Kolonların bu şekilde seçilmesinin avantajı:

- Kalıp ihtiyacı ortadan kaldırılarak, sahanın daha temiz ve güvenli hale getirilmesi,
 - Yapısal rijitliğin en az betonarme kolon kadar olması,
 - Yangın dayanımının, normal çelik kolondan daha fazla olması
 - Süneklik ve dayanım açısından çelik sistemle eşdeğer olması ve
 - Geri dönüştürülebilir malzeme olması
- şeklinde sıralanmaktadır (Eren, 2018).



Şekil 15. Modüler Kutu Sistemlerin Yerleşimi

Her bir katta süregelen mekânsal akışkanlık ve geçirgenlik sağlayan metal-cam tabakalar, yapının içindeki dolu-boş hacimler; arkeolojik doku ve yapının farklı fonksiyonları arasında görsel ve fiziksel ilişkiler ortaya koymaktadır. İç mekânda kullanılan saydam tabakalar, müzenin mekânla bütünleşmesine olanak sağlamaktadır. Katta oluşturulan asma köprü ve rampalar sayesinde ziyaretçiler arkeolojik eserleri temas etmeden yakından inceleme fırsatı bulabilmektedir.

Müze-otele çevrilen 199 odalı otelin tasarımı, arkeolojik dokuya uygun sosyolojik değerler içermektedir. Projenin bağımsız ve belli bir yere ait olmayan özel kurgusu, arkeolojik bir doku üzerinde kurguya dahil her elemanın ayrı birimler şeklinde olmasıyla planlanmıştır. Bu bağımsız kurgu elamanları, alana koruyucu bir tabaka üzerinden dağıtılmıştır. Bu noktada kurgu anlayışının modülerliği daha net görülebilmektedir.



Şekil 16. İç Görünüm



Şekil 17. Kazılar Esnasında Bulunan Kalıntıların İç Mekânda Sergilenmesi

Antakya Müze Otelinde bu bağımsız birimler kompozit bir taşıyıcı sistem altına oturtulmuştur. Ana taşıyıcı olan kompozit kolonlar, arkeolojik alandaki kalıntıların yerlerine göre her birine elle kuyu açılarak konumlandırılmıştır. Aynı zamanda kolonlar geçmişte alanın ortasından geçen ve alanı çevreleyen dere yatağı çizgilerini de ele almıştır. Otel odalarını ve ortak alanları yerden kaldırmak ve böylece kazı alanından uzaklaştırıp otelde kazı alanını deneyimletmek için çelik ızgara sistemiyle birbirine bağlanmış 120 cm çapa sahip 66 adet kompozit kolon kullanılmıştır.



Şekil 18. The Museum Hotel Antakya



Şekil 19. Farklı Açılardan Dış Görünüm

Günümüzde benimsenmekte olan sürdürülebilir bina ve mekân tasarımları anlayışı giderek yaygınlaşmaya başlamıştır. Gelişen teknoloji

ile birlikte geleneksel yapım teknikleri yerini seri üretim tekniklerine bırakmıştır. Yeni üretim tekniklerinden biri olan modüler kutu sistemler mekân ve yapı tasarımında sürdürülebilirliği, dönüştürülebilirliği dolayısıyla esnekliği mümkün kılmıştır. Bu bağlamda modüler kutu sistemleri ile tasarlanabilecek yapıların olası durumlarda farklı fonksiyon ve işlemlere açık olması öngörülmektedir. Donanımlı çalışanlar ve iyi kurgulanmış bir organizasyon ile birlikte sürdürülebilir mekânlar yaratılması konusunda uygun bir sistem olduğu görülmektedir.

SONUÇ

Modüler kutu sistemlerinin, çalışanları daha donanımlı hale getirip çalışma daha iyi çalışma koşulları sunacağı, sonradan değiştirilebilir dolayısıyla daha sürdürülebilir mekânlar tasarlanması, inşaatlardaki gereksiz malzeme kaybını önleyerek üretim firelerinin doğru bir organizasyonla en aza indirgenebileceği öngörülmektedir. Modüler kutu sistemleri yapılması öngörülen bina tasarımının fonksiyonuna ve mekânsal ilişkisine göre değerlendirilip beraberinde doğru bir organizasyon planlaması yapılmasını gerektirmektedir. Bu bağlamda bu sistem içinde çalışacak proje ekibindeki tüm çalışanlar multidisipliner bir çalışma içerisinde gerekli bilgi ve donanıma sahip olmalıdır. Sistemin doğurabileceği dezavantajlar bu türde bir çalışma ve organizasyon tasarımıyla da ilgili olabileceğinden, organizasyon tasarımı da oldukça önemli bir çalışma alanı haline gelmektedir. Modüler kutu sistemleri kullanıldığı mimari proje ve mekânın özelliklerine göre tasarım açısından esnekliğe ve değişkenliğe olanak vermekle birlikte bu sistemlerin bina etkinliğini ve verimliliğini artıracak şekilde üretim hızı ve sürekliliğini gerçekleştirebileceği düşünülmektedir. Birçok projenin ön sağlayıcılarından biri olan alan ve bağlam; araziye yakın çevredeki az katlı, seyrek ve nitelikli sayılması güç olan yapılardan ayrı olarak arazideki arkeolojik doku ve Antakya'nın fiziki-sosyal özellikleri beraberinde tanımlanmıştır. Kalıntıların bir kimlik oluşturduğu alana yerleşen yapı, modüler anlayışla mekân kurgusunu daha dinamik hale getirebilmiştir. Yapıyı oluşturan elemanların fabrika ortamında üretimi, alanda yapılacak yerinde üretimin sağladığı dezavantajlardan sıyrılarak arkeolojik yapıyı korumayı başarmıştır. İnşa edilmek yerine "yerinde kurulan" yapı, bu özelliğiyle

kazı ekiplerinin arkeolojik alanda kurduğu geçici konaklama tesislerini akıllara getirmektedir. Geri dönüşüm, taşınabilirlik, işlevlendirme ve fonksiyon çeşitliliğine olanak sağlayan modüler yapım tekniği, yapıya ihtiyaç duyduğu esnekliği kazandırabilmiştir.

KAYNAKÇA

Altın, M. (2013). Bir Sürdürülebilir Mimarlık Örneği: Otonom Binalar-Dynamaxion Evi. *Ege Mimarlık*, 24-29.

Ayla, P. A., & Aydın, A. C. (2004). Prefabrikte Yapıların Başlıca Tasarım İlkeleri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 35(3-4).

Can, A., (2021). (Mimarlık) Tarih(i)sel Semantik ya da Karatepe Saçakları'nın Neoliberal Kapitalizm Gündümlü Dönüşümü: The Museum Hotel Antakya. *Tasarım Kuram Dergisi*, 111-122.

Çizmeçi, F. (2001). Yirminci Yüzyılda Barınma Kültürünün Tüketim Örüntüleri Bağlamında Değişimi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Duksi, A., & Küçükali, U. F. (2016). Sustainable Temporary Architecture. *A+ Arch Design International Journal of Architecture and Design*, 2(2).

Eren, Ö. (2018). Hafif Çelik Modüler Kutu Yapım Sistemlerinin Gelişim Süreci ve Temel Yapım İlkeleri. *tasarım+ kuram dergisi*, 14(26), 5-23.

Erturan, B., & Özlem, E. R. E. N. (2012). Modüler Yapım Tekniği ile Bina Etkinliğini Ve Verimliliğini Geliştirme Yaklaşımının Değerlendirilmesi. *Engineering Sciences*, 7(4), 677-695.

İlerisoy, Z., & Çolak, B. (2018). Mimari Tasarımda Modüler Hücre Yapım Sisteminin Kullanımı, 2. Uluslararası Mimarlık ve Tasarım Kongresi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Küçükali, U. F., & Atabay, S. (2013). Havzaların fiziki planlamasına ekolojik yaklaşım. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 6(1), 180-183.

Kyrö, R., Jylhä, T., & Peltokorpi, A. (2019). Embodying circularity through usable relocatable modular buildings. *Facilities*.

Lawson, R. M., Ogden, R. G., & Bergin, R. (2012). Application of modular construction in high-rise buildings. *Journal of architectural engineering*, 18(2), 148-154.

Smith, R. E., & Rice, T. (2017). PERMANENT modular construction. *Offsite Architecture: Constructing the future*, 109.

Tokgöz, H., & Koçak, Y. (2009). Modüler Koordinasyonun Bina Tasarımına Uygulanması. *Journal of Science and Technology of Dumlupınar University*, (020), 83-92.

İNTERNET KAYNAKLARI

<https://www.archdaily.com> (E.T. 10.06.2022).

Arolat, E. (2019, Temmuz 22). Emre Arolat Antakya Müze Otel'in Anlatıyor [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=H0DP3zdU0rc> (E.T. 13.06.2022).

<https://slidetodoc.com/antakyahlton-asf-mze-otel-asf-antakya-mze-otel/> (E.T. 13.06.2022).

ANTİBİYOTİK KİRLİLİĞİ VE SULARDAN ANTİBİYOTİK GİDERİMİ

Belgin KARABACAKOĞLU¹

Öz: Patojenik bakterilerin neden olduğu insan, hayvan ve bitki hastalıklarının tedavisi; çiftlik hayvanlarında büyümeyi hızlandırmak için dünya çapında çeşitli sınıflardan antibiyotikler üretilmekte ve kullanılmaktadır. Günümüzde antibiyotiklerin yaygın ve bilinçsiz kullanımına bağlı olarak çevreye salınması gün geçtikçe artmaktadır. Evlerden, hastanelerden, ilaç şirketlerinden, atık su arıtma tesislerinden, su ürünleri ve hayvan çiftliklerinden deşarj yoluyla çevreye önemli miktarda antibiyotik salınmaktadır. Evsel ve endüstriyel atıksuların büyük ölçekte arıtılmasında kullanılan en yaygın teknik biyolojik bir yöntem olan aktif çamur yöntemidir, bu yöntemle sudaki kirleticiler önemli ölçüde bertaraf edilirken antibiyotik etken maddelerinin arıtılmış çıkış suyunda kaldığı görülmektedir. Çeşitli yollarla çevrede yayılan bu antibiyotik kirliliği tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de önemli bir çevresel sorundur. Antibiyotikler, dünyanın hemen hemen tüm bölgelerinde yüzey suyu, yeraltı suyu, toprak, tortu ve biyotada yüksek derişimlerde bulunmaları nedeniyle öncelikli kirletici sınıfları olarak kabul edilmiştir. Çevrede antibiyotik kirliliğinin ortaya çıkması, mikroorganizmalar, bitkiler, hayvanlar ve nihayetinde insanlar üzerinde potansiyel toksik etkilere neden olmaktadır. Bu kimyasallar sadece suların ve toprağın kirlenmesine neden olmaz, aynı zamanda çevrede yararlı bakterileri yok etme ya da antibiyotiğe dirençli bakterilerin gelişimine yol açma potansiyeline sahiptir. Antibiyotiğe dirençli bakterilerin çoğalmasının önümüzdeki yılların en önemli çevresel felaketlerinden olmasından endişe edilmektedir. Bu durumu engellenmenin en kolay yolu antibiyotik içeren atıksuların uygun yöntemlerle

¹ Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Kimya Mühendisliği Bölümü, Eskişehir / Türkiye, e-mail: bkara@ogu.edu.tr, Orcid No: 0000-0002-3157-7609

artılmasıdır. Antibiyotikleri gidermek için fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçler gibi farklı teknolojiler kullanılmaktadır. Bu çalışmada antibiyotik kirliliği ve kaynakları ile son yıllarda su/atıksulardan antibiyotik giderimi ile ilgili araştırmalardan bazıları incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Antibiyotik Kirliliği, Antibiyotik Giderim Yöntemleri, Adsorpsiyon, Mikroelektroliz, Elektro-Fenton, Elektrokoagülasyon

GİRİŞ

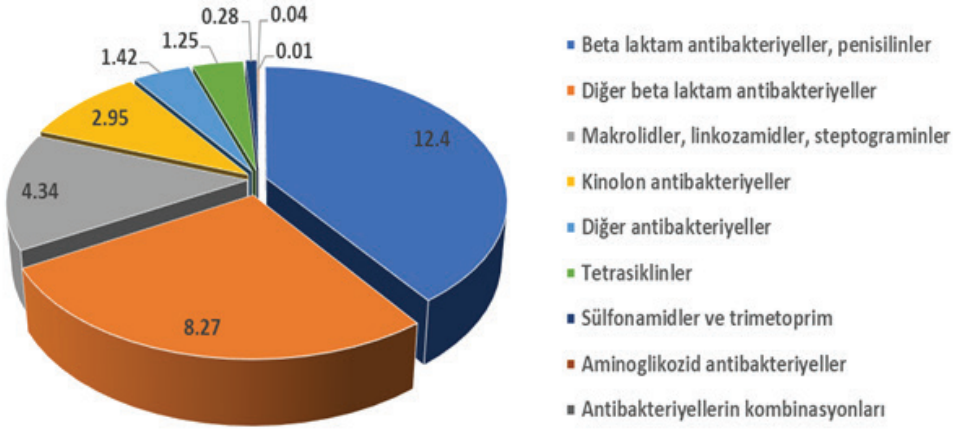
Çevrede yaygın olarak izlenmeyen ancak çevreye girme potansiyeline sahip ve insan sağlığı üzerinde olumsuz etkilere sahip olan kirleticiler öncelikli kirleticiler olarak tanımlanmaktadır (Liu et al., 2021a). Yeni ve öncelikli kirleticiler, insan sağlığı ve ekosistemler için potansiyel olarak ciddi tehditler içeren yeni bir küresel su kalitesi sorunu oluşturmaktadır. Birçok ülkede yürütülen çalışmalarda; yüzey sularında, yeraltı sularında ve kanalizasyon arıtma tesislerinden çıkan arıtılmış atık sularda hem sentetik hem de doğal geniş bir yelpazede öncelikli kirletici maddeler tespit edilmiştir. Bu gruptaki kirleticilere farmasötik kimyasallar da girmektedir. Farmasötik bileşiklerin doğal ortamda salınması ciddi bir eko-toksikolojik tehdidi temsil etmektedir çünkü bunlar biyolojik bir tepkiye neden olmak üzere tasarlanmış aktif maddelerdir. Geleneksel atık su arıtma tesislerindeki eksik bozunmaları nedeniyle farmasötikler ve bunların dönüşüm ürünleri dünya çapında birçok su ekosisteminde tespit edilmiştir (Rodayan et al., 2010). Farmasötikler arasında yer alan antibiyotikler yaygın olarak kullanılmakta ve yasal düzenlemelerde sınır değerleri tanımlanmamış olsa da su ortamı üzerindeki potansiyel olumsuz etkileri bulunmaktadır. Hastalıkları önleme ve tedavi etme ve sağlığı korumaya yönelik ilaçlar olarak antibiyotikler, klinik tıp, hayvancılık ve su ürünleri yetiştiriciliği alanlarında önemli bir rol oynamaktadır. Bununla birlikte kontrolsüz ve aşırı antibiyotik kullanımı nedeniyle: üretim ve evsel atık sular yoluyla çevreye artan miktarda antibiyotik deşarj edilmekte ve nehirlerde, göllerde ve hatta içme suyu kaynaklarında antibiyotik varlığı tespit edilmektedir. Ayrıca dayanıklılıkları yüksek olduğu için bozunmadan uzun süre alıcı ortamda kalabilmektedirler (Qi et al., 2022). Antibiyotikler çok düşük derişimlerde bile alg çeşitliliğini azaltmakta ve bakteri direncini artırarak sucul yaşamı olumsuz etkile-

mektedir. Örneğin, toplam serbest O₂ üretiminin ve CO₂ fiksasyonunun üçte birinden fazlasından sorumlu olan siyanobakteriler antibiyotiklere duyarlıdır. Bu durumun ilerleyen süreçte ekosistemin dengesini etkileme potansiyeli bulunmaktadır Çevredeki kararlı antibiyotik kalıntıları, muhtemelen ekosistemler ve insan sağlığı için potansiyel bir risk oluşturabilecek antibiyotiğe dirençli mikrop ve genlerin artmasına neden olabileceği düşünülmektedir (Martinez, 2009).

Doğal sularda antibiyotik varlığının belirlenmesi ile ilgili dünyanın farklı bölgelerinde çalışmalar yapılmıştır ve pek çok su kütlesinde ng veya mg seviyelerinde kalıntılara rastlanmıştır. Miktar olarak az olsa bile artan kullanıma karşı sürekli birikim dikkate alındığında antibiyotik giderimi giderek bir zorunluluk haline gelmektedir. Büyük organik moleküller olan antibiyotikleri içeren su ve atıksuların arıtılması için farklı yöntemler kullanılabilir. Her yöntemin kendine özgü avantaj ve dezavantajları vardır. Bu çalışmada antibiyotik kirliliği ve antibiyotiklerin çevresel etkileri, bazı antibiyotik giderim yöntemleri ve bu konuda son yıllarda yapılan çalışmalar hakkında bilgi verilmiştir.

ANTİBİYOTİK TÜRLERİ

Antibiyotikler etki mekanizmalarına, etki güçlerine ve kimyasal yapılarına göre sınıflandırılabilirler. İlk iki sınıflandırma antibiyotiğin kullanımı açısından önemli iken antibiyotik kirliliği ve giderim çalışmalarında daha çok antibiyotiğin kimyasal yapısı dikkate alınmaktadır. Antibiyotikler kimyasal yapılarına göre genel olarak kloramfenikoller (*kloramfenikol, tiamfenikol, florfenikol*), makrolidler (*eritromisin, roksitromisin*), sülfonamidler (*sülfadiazin, sülfamerazin, sülfametazin sülfametoksazol*), tetrasiklinler (*klortetrasiklin, oksitetrasiklin*), florokinolonlar (*norfloksasin, enfloksasin, siprofloksasin*), imidazoller (*metronidazol, fenbendazol*), amino glikozid ve β -laktamlar (*penisilinler, ampisilin*) olarak sınıflandırılırlar (Ahmed et al., 2015b). Aşağıdaki şekilde ülkemizde yaygın olarak kullanılan antibiyotik türleri verilmiştir. Buna göre en fazla beta laktam grubu antibiyotiklerin kullanıldığı bunu diğer antibiyotik gruplarının takip ettiği görülmektedir.



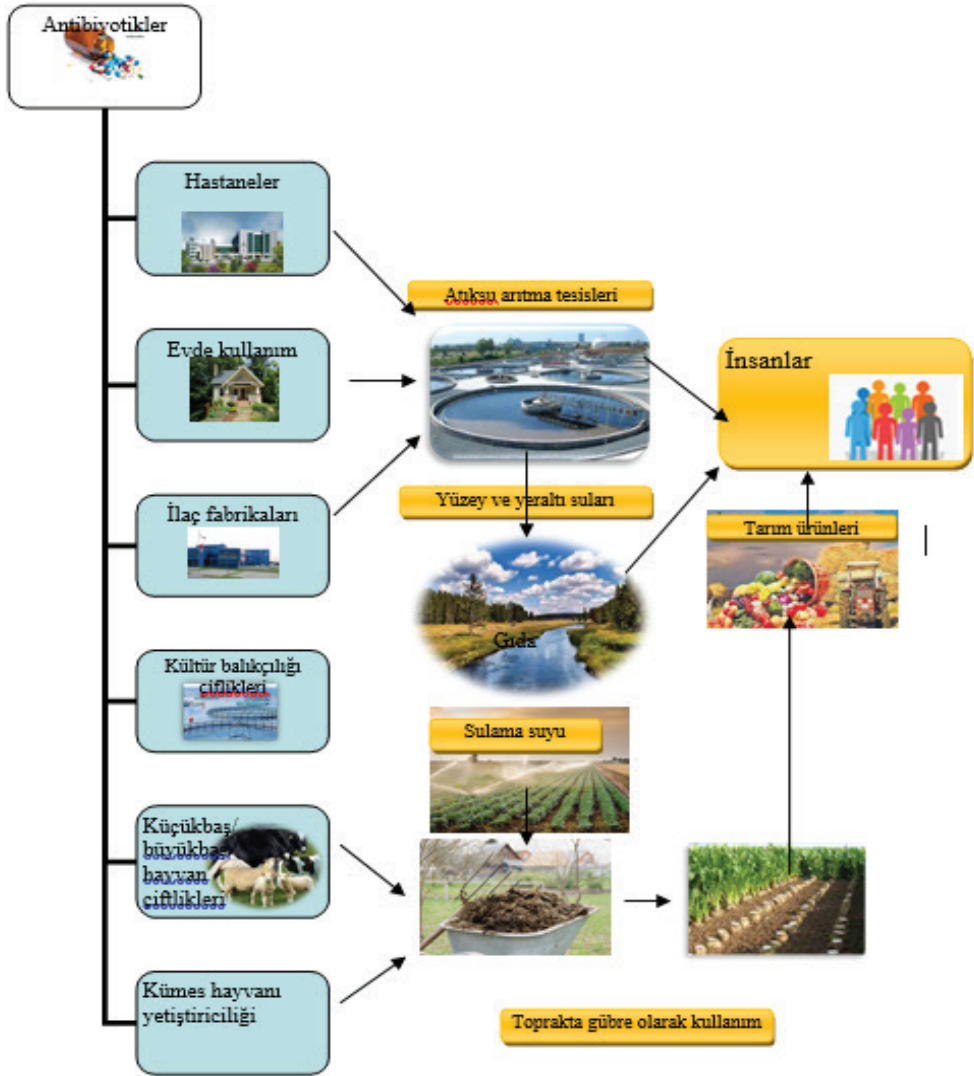
Şekil 1. Sistemik Olarak Kullanılan Antibakteriyel İlaçların Tüketim Dağılımı (Ulusal Antibakteriyel İlaç Tüketim Sürveysi - 2018)

Antibiyotikler insan ve hayvan hastalıklarının tedavisinde kullanıldığı gibi hayvanlarda büyümeyi destekleyici olarak da kullanım alanı bulmaktadır. Antibiyotiklerin yaygın ve bilinçsiz kullanılması Türkiye'nin Avrupa'da hatta dünya da en fazla antibiyotik kullanan ülke durumuna gelmesine neden olmuştur. Türkiye'de 2018 verilerine göre insan için reçete edilen antibiyotiklerin kullanım oranı %30,96 olarak rapor edilmiştir. Bu kapsamda yapılan çalışmalarla insanlar için reçete edilen antibiyotiklerin oranında azalma olsa da diğer alanlarda kullanılan antibiyotik miktarları halen yüksek düzeylerde bulunmaktadır.

Antibiyotik Kirliliği

Antibiyotikler farklı spektrumdaki bakteriyel ajanların tedavisinde kullanılan alternatifi olmayan ilaçlardır ve bu nedenle kullanım oranları tüm dünyada giderek artmaktadır. Antibiyotik kirliliğinin önlenmesindeki ilk adım bilinçli ilaç kullanımı olmaktadır. Gereksiz yere bu ilaçların alınmasının tedaviye faydasının olmaması bir yana çevre kirliliğini artırması kaçınılmaz görünmektedir. Benzer şekilde çiftliklerde hayvan hastalıkları dışında kullanımından kaçınılması ayrıca insanlarda olduğu gibi gerektiği zaman ve yeterli miktarda kullanılması gereklidir. Sağlık

tesisleri, büyük miktarda su kullanmakta ve tesisin sunduğu hizmete bağlı olarak evsel atıkların yanı sıra tıbbi ve tehlikeli atıklar da dahil olmak üzere atık su üretmektedir. Sağlık kuruluşlarında, kuruluşun sınıfına ve kapsamına göre çeşitli laboratuvar hizmetleri verilmektedir. Bu laboratuvarlarda üretilen atık su antibiyotikler, teşhis malzemeleri, dezenfektanlar, laboratuvar kimyasalları ve mikro kirleticiler açısından zengindir. Antibiyotik etken maddesi olan organik moleküllerin bir kısmı canlı organizma tarafından metabolize olurken atıklar aracılığıyla büyük bir kısmı kanalizasyona ve toprağa karışmaktadır. Çevreye verilen antibiyotik içeren atıklar ise toprak ve suda birikebilmektedir. Ülkemizde çevresel ve insan sağlığı açısından antibiyotiklerin çevrede varlığı gün geçtikçe artmaktadır. Antibiyotiklerin geçmişteki ve devam eden kullanımı, su ve karasal ortamlara doğrudan veya dolaylı olarak karışan önemli kalıntılar üretmektedir. İnsan ve veteriner antibiyotiklerinin kalıntıları birçok farklı matriste tespit edilmiştir. Atıksu arıtma tesislerinin çıkış sularında bile yaygın kullanılan bazı antibiyotik türlerine rastlanmaktadır ki çevreye antibiyotik verilmesinin en önemli kaynaklarından biri bu tesislerdir (Ahmed et al., 2015a). Geleneksel arıtma uygulamaları, atık sularda bulunan antibiyotiklerin bozunması için genellikle yeterli değildir. Antibiyotikler farklı yarılanma ömürlerine sahip dirençli kirleticiler olduklarından alıcı ortamda sürekli bir birikim söz konusu olmaktadır. Böylece farmasötik kimyasallar, özellikle de antibiyotikler, yeni ortaya çıkan veya öncelikli çevre kirleticiler olarak tanımlanmakta ve inatçı biyo-birikimli bileşikler olarak sınıflandırılmaktadır (Chen and Zhou, 2014). Antibiyotikler bazı tarım ürünlerinde, balıklarda ve bazı pişmiş yiyeceklerde bile bulunabilmekte besin zinciri yoluyla insan vücuduna alınmaktadır. Antibiyotikler tüm bağırsak bakteri topluluğu üzerinde güçlü bir inhibitör etkiye sahiptir (Liu et al., 2021a). Ancak son yıllarda çevresel açıdan özellikle üzerinde durulan konu nispeten düşük derişimlerdeki antibiyotik kalıntılarının uzun süreli maruziyet sonucunda antibiyotiğe dirençli genleri (ARG'ler) indükleyebilmesidir.



Şekil 2. Antibiyotik Kirliliğinin Kaynakları ve Çevresel Dağılımı

Şekil 2' de açıklandığı gibi antibiyotiklerin çevreye verilmesindeki başlıca kaynaklar hastaneler, evler, çiftlikler ve ilaç endüstrisi olarak görülmektedir. Ev, hastane ve ilaç fabrikaları atıksuları, belediye kana-

lizasyon atıksu arıtma tesisleri veya organize sanayi bölgesi arıtma tesislerine gider. Buradan ayrılan arıtılmış ancak eser miktarda da olsa antibiyotik içerebilen sular kullanım suyu olarak doğrudan ya da sulama suyu olarak kullanıldığında dolaylı yoldan insana tekrar ulaşmaktadır. Ayrıca çiftliklerden çıkan hayvansal atıklar tarımda gübre olarak kullanıldığında yetiştirilen ürünlerde de antibiyotik bulunabilmekte ve bunlar gıda olarak yine insana ulaşmaktadır. Dolayısıyla çevrede kaçınılmaz bir döngüye sahip antibiyotiklerin varlığı ciddi tehdit oluşturmaktadır.

Chen ve Zhou tarafından yapılan bir çalışmada Çin'in Şanghay şehrine içme suyu sağlayan Huangpu nehrinde su ve çökeltide (sediment) beş farklı sınıftaki 20 antibiyotik varlığı için kapsamlı bir çalışma yapılmıştır. İncelenen 20 antibiyotikten su örneklerinde en çok tespit edilen sülfonamidlerin derişimlerinin 34-859 ng/L aralığında; çökelti fazında ise tetrasiklinlerin yaklaşık 18 µg/kg ve makrolidlerin 12 µg/kg derişimleri ile baskın türler olduğu görülmüştür (Chen and Zhou, 2014). Bir çalışmada Türkiye' deki Sakarya nehrinin çıktığı ve denize döküldüğü yerlerin arasında toplam beş noktada bazı antibiyotiklerin varlığı incelenmiş, sülfametoksazol, trimetoprim ve diklorofenak derişimlerinin bazı noktalarda 0,4-31,2 ng/L aralığında bulunduğu belirlenmiştir (Büyükbüberoğlu ve Çakmakçı, 2018).

Sudaki antibiyotiklerin miktarları düşük seviyelerde olsa bile zaman içinde birikim nedeniyle sucul ve karasal mikroorganizmalar için potansiyel tehdit oluşturmaktadır (Ahmed and Theydan, 2014). Tetrasiklinler, makrolidler, florokinolonlar ve sülfonamidler gibi farklı antibiyotikler su ortamında yaygın olarak bulunmaktadır. Antibiyotikler mikrobiyal topluluğu etkileyebilir ve direnç genleri üretebilir. Ayrıca antibiyotikler sucul organizmaların hayatta kalmasını ve büyümesini etkileyebilecek tehlikeli kimyasallardır (Ahmed et al., 2015b). Antibiyotiklerin su ortamında daha fazla birikmesini sağlayan bir diğer unsur mikroplastik kirleticilerdir. Antibiyotikler geniş yüzey alanları ve lipofilik doğası nedeniyle mikroplastikler üzerinde adsorbe edilir (Ahmed et al., 2021).

Avrupa Birliği 2020/1161 sayılı kararları ekinde su alanında çevresel kalite standartlarını belirlemeye yönelik 2008/105/AB Direktifinin 8b Maddesi uyarınca oluşturulmuş izlemeye tabi maddeler için ek verilmiştir. Seçilen maddeler, su ortamı için önemli bir risk oluşturması muh-

temel olan ve gerçek riski değerlendirmek için izleme verilerine ihtiyaç duyulan maddelerdir. Bu listede bazı pestisit, bitki koruma ürünleri ve diğer ilaçların yanında dünya çapında yaygın kullanılan antibiyotikler olan amoksisilin, siprofloksasin, sülfametoksazol ve trimetoprim yer almaktadır.

Antibiyotik Giderim Yöntemleri

Antibiyotik kirliliği üzerinde son yıllarda daha fazla çalışmalar yapılsa da antibiyotikler ile ilgili deşarj sınırları spesifik olarak Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde tanımlanmamıştır. Bunun yerine Kimya Sana-yiinde (İlaç Üretimi ve Benzerleri) alıcı ortama deşarj sınır değeri 2 saatlik kompozit numune için kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) 150 mg/L ve pH aralığı 6-9 olarak verilmektedir. Bu ndenele arıtılmış sularda KOİ değe-rinin sınır değerin altına indirilmesi yeterli olmaktadır. Antibiyotiklerin sulardaki varlığının yol açabileceği sorunlarla ilgili çeşitli araştırmalar son yıllarda bu konuya daha fazla dikkat çekmektedir (Akhil et al., 2021; Hu-beny et al., 2021; Kılıç and Yenilmez, 2019; Radmehr et al., 2021).

Büyük organik moleküller olan antibiyotiklerin su ve atıksulardan giderimi için farklı yöntemler uygulanabilmektedir. Fiziksel, biyolojik, kimyasal, fiziksel, elektrokimyasal ve membran süreçlerinin kullanıldığı çalışmalara rastlamak mümkündür (Liu et al., 2021a). Her arıtım yöntemi-nin kendine özgü farklı yönleri bulunmaktadır. Bazı yöntemler adsorpsi-yonda olduğu gibi sudaki kirleticileri katı bir yüzey üzerine hapsederken; ileri yükseltgeme yöntemleri gibi teknikler ise bu büyük organik mole-külleri zararsız daha küçük yapılara parçalayabilmektedir. Endüstriyel atıksu arıtımında biyolojik süreçler geniş uygulama alanına sahip olma-sına karşın biyolojik süreçlerin organik ve inorganik maddelerin giderimi esnasında zararlı yan ürün oluşabilmesi ve biyolojik süreçlerin yavaş ger-çekleşmesinden dolayı ileri oksidasyon süreçleri endüstriyel atıksu arıtı-mında daha çok tercih edilen yöntemler haline gelmiştir.

ADSORPSİYON

Adsorpsiyon, sulardan kirleticilerin uzaklaştırılması ve arıtılması için kolay uygulanabilir tekniklerden biridir. Bu süreç ağır metallerden

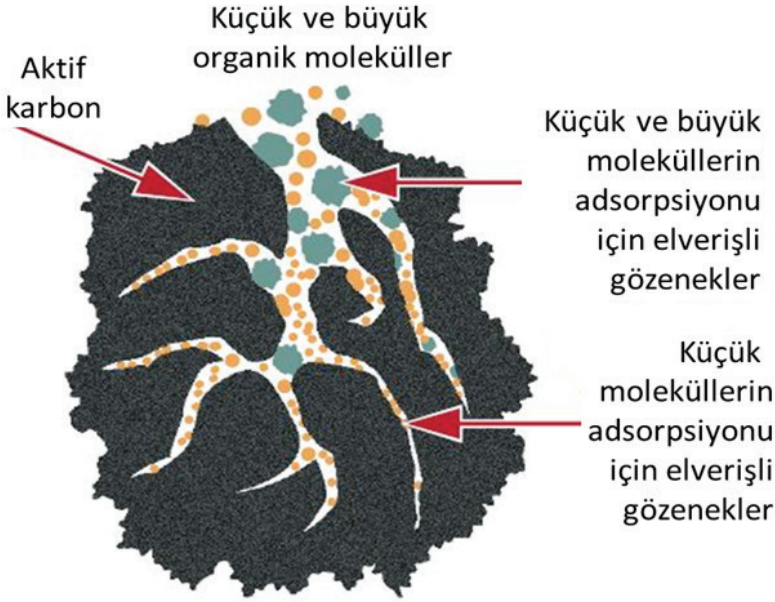
organik maddelere kadar uzanan geniş bir yelpazedeki kirleticileri giderebilmektedir. Yıgın sıvı fazdan adsorpsiyon işlemi genel olarak dört basamakta oluşur (Phoon et al., 2020);

- (i) adsorbat moleküllerinin dış sınır tabakası boyunca katı partiküle doğru kütle transferi,
- (ii) adsorbat moleküllerinin partikülün yüzeyinden difüzyon yoluyla aktif bölgelere taşınması ve yüzey boyunca göç etmesi
- (iii) çözünen moleküllerin gözeneklerin iç yüzeyinde yer alan aktif bölgelerde adsorpsiyonu,
- (iv) moleküller adsorbe edildikten sonra yüzey difüzyonu yoluyla gözenek yüzeyinde hareketi

Kirleticilerin adsorpsiyonu fiziksel bir çekim veya kimyasal tepkime ile gerçekleşebilir. Fiziksel adsorpsiyonda hidrojen bağı, dipol etkileşimi ve van der Waals kuvvetleri etkili olur. Adsorbat ve adsorban arasında elektron alışverişi yoktur. Bunun nedeni, fiziksel adsorpsiyonun aktivasyon enerjisi gerektirmemesi, ancak dengeye ulaşmak için genellikle çok az zaman gerektirmesidir. Fiziksel adsorpsiyon, geri dönüşümlü ve spesifik olmayan bir süreçtir. Bu arada, hem adsorbat hem de adsorban moleküller arasındaki kimyasal bağlantıdan kaynaklanan kimyasal adsorpsiyon sonuçları, spesifik olduğu kadar geri döndürülemezdir. Adsorbat ve adsorban arasındaki bağlayıcı kovalent bağ olursa zayıf bir kimyasal adsorpsiyon iken, güçlü kimyasal adsorpsiyon genellikle iyonik bağ ile gerçekleşir.

Bu sürecin verimini belirleyen en önemli parametre kullanılan adsorbanın türüdür. Adsorban olarak doğal killer, sentetik malzemeler, nanopartiküller, aktif karbonlar ve karbon nanotüpler kullanılabilir (Ahmed et al., 2015a; Phoon et al., 2020; Wang et al., 2018). Adsorpsiyon kapasitesi üzerinde adsorbanın yüzey alanı, sahip olduğu fonksiyonel yüzey grupları, gözenekliliği ve gözenek çapı etkilidir.

En yaygın kullanılan adsorbanlardan birisi olan aktif karbonun yapısı Şekil 3'te görülmektedir. Aktif karbonlar mezo ve mikro gözenekler içeren yüksek yüzey alanına sahip maddelerdir.



Şekil 3. Aktif Karbonun Yapısı

Ticari aktif karbonlar daha çok kömür ve hindistan cevizi, kabuğundan üretilir. Bu alanda yapılan araştırmalarda tarımsal artık ve atıkların, arıtma çamurlarının biyokütle kaynağı olarak aktif karbon üretiminde kullanıldığı görülmektedir. Aktif karbonların yüzey alanı kadar gözenek çapı ve gözenek dağılımı da önemlidir. Mezo gözenekler büyük moleküller için elverişli iken mikro gözenekler daha küçük moleküllerin adsorpsiyonu için elverişlidir. Son yıllarda yapılan çalışmalarda farklı biyokütle kaynaklarından kimyasal ve fiziksel aktivasyon yöntemleri ile oldukça farklı yüzey alanı ve gözenek dağılımına sahip aktif karbonlar üretilmiştir. Ayrıca bu aktif karbonların modifikasyonu ile yapıya değişik özellikler eklenmiştir.

Ahmed ve Theydan tarafından yapılan bir çalışmada lignoselülozik biyokütle kaynağı olarak bir tür bakla tohumu kullanılarak mikrodalga yardımıyla KOH aktivasyonu ile aktif karbon üretilmiş ve bu aktif karbonun florokinolon grubu antibiyotiklerin gideriminde kullanılabilirliği incelenmiştir. Üretilen aktif karbonun yüzey alanı, mikro gözenek hac-

mi ve mezo gözenek hacmi, sırasıyla 1824,88 m²/g, 0,645 cm³/g ve 0,137 cm³/g olarak belirlenmiştir. Siprofloksasin (CIP) için pH 9, 0,75 g/L adsorban derişimi, 20 mg/L CIP derişiminde 90 dakikada %96,12 giderim elde edilirken; normofloksasin (NOR) için pH 5, 0,5 g/L adsorban derişimi, 20 mg/L NOR derişiminde 60 dakikada %98,13' lük giderim yüzdeleri elde edilmiştir (Ahmed and Theydan, 2014).

Balarak ve ark tarafından yapılan adsorpsiyon deneylerinde bir eğrelti otu türü olan azolla filikuloidden hazırlanan aktif karbon ile amoksisilin (AMX) antibiyotiğinin giderimi incelenmiştir. Adsorban dozu (0,2-2 g/L) ve AMX başlangıç derişiminin (25 -200 mg/L) incelendiği çalışmada en yüksek giderim 200 rpm çalkalama hızı ve pH 7' de %90 olarak elde edilmiştir (Balarak et al., 2017).

Bazı çalışmalarda grafen oksit adsorbanlar kullanılarak etkili giderim çalışmaları yapılmıştır. İnsan ve veteriner tıbbında kullanılan, yapı ve mekanizma olarak kinolonlara benzeyen bir antibiyotik olan nalidiksik asit giderimi grafen oksit esaslı yenilenebilir bir adsorban geliştirilerek ultrases destekli adsorpsiyon yöntemi ile çalışılmıştır. Radmehr ve arkadaşlarının yaptığı bu çalışmada yanıt yüzey metodolojisi kullanılarak optimize edilen deney koşullarında (42.5 °C; pH = 8,7; 4 dk, 8 mg/L adsorban derişimi ve 17,2 mg;/L antibiyotik derişimi için) %93,28 giderim verimi elde edilmiştir. (Radmehr et al., 2021).

Yüksek yüzey-hacim oranına sahip nano partiküller kirleticileri uzaklaştırmak için yüksek potansiyele sahiptir. Son zamanlarda, özellikle antibiyotiklerin ve organik kirleticilerin gideriminde kullanılmak üzere manyetik nano kompozitlerin sentezi üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Nasseh ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada yeni bir manyetik nano-adsorban sentezi ve metronidazol antibiyotiğini sulu çözeltilerden giderimi incelenmiştir. Bunun için pH (3-11), temas süresi (5-180 dk), antibiyotik derişimi (10-30 mg/L), nanokompozit dozu (0,005-0,1 g/L) ve sıcaklık (5-50 °C) gibi değişkenlerin giderim verimine etkisi incelenmiştir. Genel olarak yüksek adsorban dozu, düşük antibiyotik derişimi ve yüksek sıcaklığın giderim verimi lehine olduğu belirlenmiştir (Nasseh et al., 2019).

Elektro-Fenton

Elektrokimyasal ileri oksidasyon süreçleri geleneksel atık su arıtma işlemlerine kıyasla atıksulardan refrakter organik kirleticilerin giderilmesinde daha verimli oldukları tespit edildiğinden güvenilir atık su arıtma işlemleri olarak giderek artan bir popülerlik kazanmaktadır. Elektrokimyasal prensipler kullanılarak tasarlanan bu süreçler çevresel uyumluluk sağlama yetenekleri nedeniyle büyük ilgi görmektedir (Ismail et al., 2021).

İleri elektrokimyasal oksidasyon süreçleri, yüksek verimlilik, tam mineralizasyon ve kalıcı organik bileşiklerin bozunmasında ikincil kirletici oluşturmaması gibi avantajları nedeniyle yaygın bir ilgi görmüş ve birçok araştırmaya konu olmuştur. Bunların arasında, basitliği ve ekonomik fizibilitesi nedeniyle elektro-Fenton süreci (EF) öne çıkmıştır. EF, genellikle karbon olmak üzere uygun bir elektrokatalizörde çözülmüş O_2 'nin indirgenmesi yoluyla H_2O_2 'nin katodik üretimine dayanır. Elektro-Fenton, dayanıklı kirletici maddelerin bozunması için en popüler teknolojilerden biridir. Hidroksil radikalleri (OH), katotta üretilen H_2O_2 ile Fe^{2+} 'nin tepkimesi sonucu açığa çıkar ve 2,8 V redoks potansiyeli ile organik kirleticilerinin çoğunda etkilidir (Sopaj et al., 2020). H_2O_2 üretimi için en önemli etken kullanılan katot malzemesidir. Katot olarak aktif karbon fiber, gaz difüzyon elektrodu, karbon keçe, grafit keçe, karbon nanotüpler, Ni köpük ve grafit gibi birçok farklı katot malzemesi türü araştırılmıştır (Liu et al., 2021b; Sopaj et al., 2020).

Elektro-Fenton (EF) prosesi, elektrooksidasyon ve elektrokoagülasyonun bir arada gerçekleştiği bir sistemdir. Bu yöntemde amaç hidroksil radikallerini (OH \cdot) oluşturmaktır. Fenton reaktifleri olarak bilinen Fe^{2+} ve H_2O_2 'nin biri elektrokimyasal hücrede üretilirken diğeri dışarıdan ilave edilebilir. Demir veya paslanmaz çelik elektrot hücrenin anodu olarak kullanılırsa hücreye dışarıdan H_2O_2 ilave edilir ve anottan hücreye verilen Fe^{2+} iyonları ile tepkimeye girerek radikalleri oluşturur. Hücrede inert anot ve karbon esaslı katot kullanıldığında hücreye oksijen/hava verilerek H_2O_2 'nin katotta üretilmesi sağlanırken hücreye dışarıdan Fe^{2+} iyonu ilave edilir. Asidik koşullar altında gerçekleşen elektro-Fenton sürecinde demir tuzları hidrojen peroksitin (H_2O_2) ayrışması için katalizör

görevi görerek $\cdot\text{OH}$ radikallerini oluşturur (Sopaj et al., 2020). OH^\cdot radikalleri ile organik maddelerin oksidasyonu genel olarak aşağıda verilen zincir reaksiyonlar sayesinde gerçekleşmektedir (Olvera-Vargas et al., 2021):



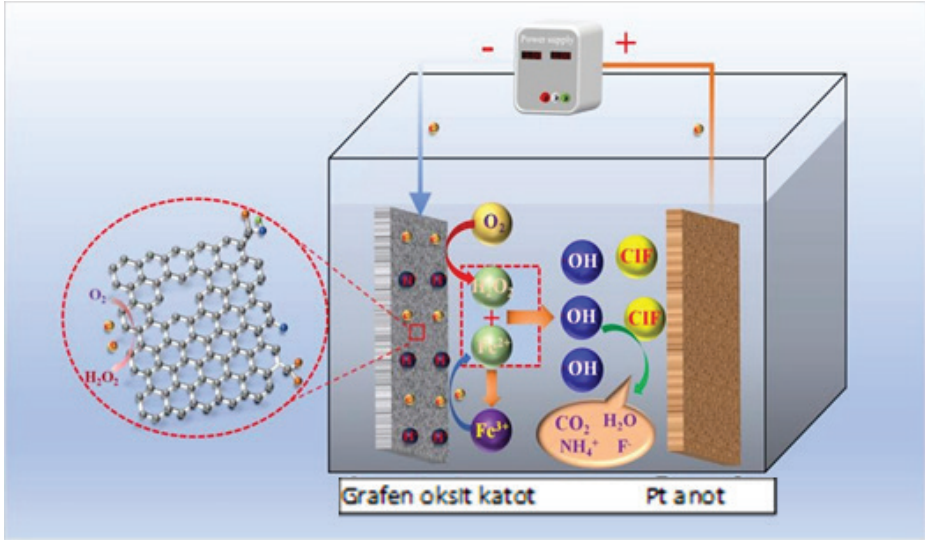
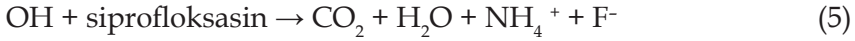
Hidroksil radikali, çok düşük yarı reaksiyon süresine sahip en güçlü oksidanlardan biridir. Bu nedenle çoğu organik ve organo-metalik kirleticiyi yok etmede olağanüstü performansa sahiptir. Hidroksil radikali organik bileşikleri toplam mineralizasyona ulaşana kadar oksitlemek için güçlü oksitleyici ajan görevi görür, yani organik maddeleri karbondioksit, su ve inorganik iyonlara dönüştürür (Ismail et al., 2021).

Elektro-Fenton sürecinde arayüzey kataliz tepkimesi ile katotta H_2O_2 üretilmek isteniyorsa katot malzemesi türü ve mikro yapısı önem kazanmaktadır.



Son birkaç yılda bu amaçla grafit, ağ yapılı camsi karbon, bor katkılı elmas, karbon keçe, aktif karbon fiber, karbon-politetrafloroetilen gaz difüzyon elektrotu ve benzeri gibi çeşitli karbonlu malzemeler EF katodu olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte bu karbonlu malzemeler, düşük yüzey alanı, zayıf mekanik özellik, zayıf elektrokatalitik aktivite, yüksek elektron transfer direnci ve karmaşık imalat prosedürü gibi bazı dezavantajlara sahip olabilmektedir. Yeni çalışmalarda mükemmel mekanik özelliklere, yüksek yük taşıyıcı hareketliliğine ve iyi elektrokatalitik aktiviteye sahip olması nedeniyle iki boyutlu çok yönlü bir karbon malzemesi olan grafenin elektrokimyasal hücrede hidrojen peroksit üretimi için kullanımı araştırılmaktadır. Buradan hareketle Wang ve arkadaşları grafen kullanarak grafen aerojel sentezlemiş ve siprofloksasin giderimi için EF hücresinde katot olarak kullanmışlardır (Şekil 4). Deneyleri manyetik karıştırıcı üzerine yerleştirilmiş silindirik tek bölmeli bir hücrede gerçekleştirilmiştir. Sentetik atık su (50 mL), 0,05 M Na_2SO_4 çözeltisinde 50 mg/L CIP içermektedir. Katalizör olarak kullanılan

FeSO_4 dışarıdan ilave edilmiş, grafen aerojel, grafit veya karbon fiber katot; Pt anot olarak kullanılmış ve elektrotlar arası mesafe 2 cm olarak ayarlanmıştır. 0,1 L/dk hızında saf oksijen katot yüzeyine pompalanmış ve akım yoğunluğu 30 mA/cm^2 olarak ayarlanmıştır. Bu koşullarda en yüksek H_2O_2 üretim hızı ($107,6 \text{ mg/L}$) grafen aerojel katot ile pH 3 değerinde elde edilmiş ve 90 dk sürede %100 CIP giderimi sağlanmıştır. Eşitlik 4' te verildiği gibi siprofloksasinin güçlü bir yükseltgen olan hidroksit radikalleri ile karbondioksit, su, amonyum ve flor iyonuna kadar bozundurulabileceği öngörülmüştür. (Wang et al., 2021)



Şekil 4. Elektro-Fenton Hücresinde Antibiyotik Giderimi (Wang et al., 2021)

Elektro-Fenton sürecinde Fenton reaktifleri olarak bilinen Fe^{2+} ve H_2O_2 'nin her ikisinde elektrokimyasal hücrede üretmek mümkündür. Bu şekilde çalışma aşırı Fe ilavesinden kaynaklanabilecek çamur oluşumunu da azaltabilmektedir. Shoorangiz ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada EF hücresinde paslanmaz çelik anot ve grafit keçe katot kullanılarak yanıt yüzey metodolojisi (RSM) kullanılarak CIP giderimi için bazı değişkenlerin optimizasyonu yapılmıştır. Değişkenler

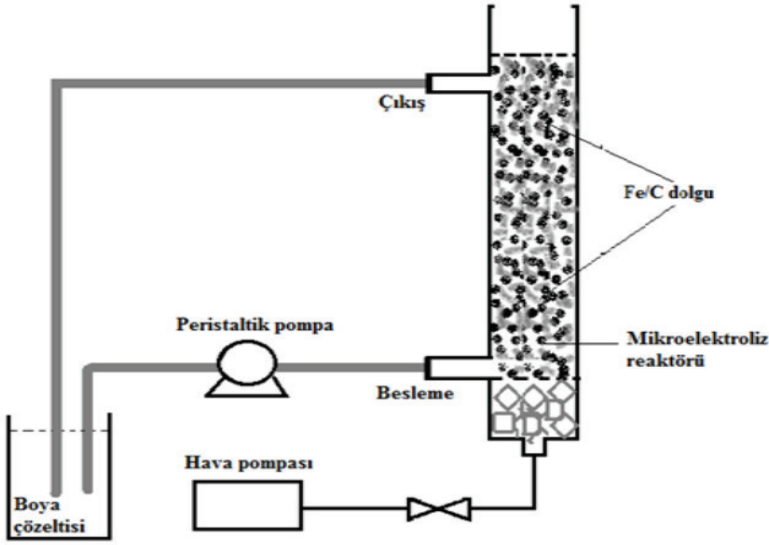
akım yoğunluğu (5–100 mA), reaksiyon süresi (5–25 dk), başlangıç CIP derişimi (10–150 mg/L) ve başlangıç pH'ı (2–7) olarak belirlenmiştir. Optimum koşullar 75 mA akım yoğunluğu, 20 dk arıtım süresi, 45 mg/L'lik başlangıç CIP derişimi ve pH 5 olarak belirlenmiş ve bu koşullarda CIP giderimi % 95,1 ve KOİ giderimi % 57,4 olarak elde edilmiştir. Elektro-Fenton sürecinin düşük sermaye ve işletme maliyetleri ile sulu çözeltilerde bulunan organik kirleticileri etkili bir şekilde uzaklaştırabileceği görülmektedir (Shoorangiz et al., 2019).

Mikroelektroliz

İleri oksidasyon yöntemlerinden biri olan mikroelektroliz galvanik hücrelerin indirgenme-yükseltgenme tepkimelerine dayanan bir süreçtir. Son yıllarda, atık suların arıtımı için umut verici bir teknoloji olarak demir karbon (Fe-C) mikroelektrolizi, düşük maliyeti, basit işletimi ve yüksek arıtma verimliliği nedeniyle büyük ilgi görmüştür. Elektroliz sürecinden farklı olarak dışarıdan enerji desteğine gerek duyulmadan ilerleyen mikroelektroliz demir, karbon ve atıksu arasında elektrik alanının oluşumu esasına dayanır (Liu et al., 2020). Mikroelektroliz çevreye az zararı olan ya da zararı olmayan reaktifler kullanılır bunun yanında ekstra enerji tüketimi ve ek kimyasallar tüketilmemesinden dolayı arıtma teknolojisinde tercih edilen yöntemlerden biridir. Mikroelektroliz yöntemi ile organik kirleticiler azaltılabilmektedir. Ayrıca Fe²⁺'nin oksidasyonundan ve çökmesinden oluşan demir ve demir hidroksitler tarafından organik safsızlıklar adsorpsiyonla birlikte çöktürmek yolu ile uzaklaştırılabilir (Kang et al., 2019).

Mikroelektroliz (ME) yönteminde temas halindeyken mikro elektrot çiftleri oluşturan ve farklı elektrot potansiyellerine sahip iki malzeme kullanılır. En yaygın kullanılan dolgu maddesi demir talaşı (Fe) ve granül aktif karbon (GAC) karışımıdır. ME kolonunda Fe/GAC dolgusu üzerinden elektrolit olarak görev yapan atıksu geçirildiğinde demir anot ve GAC katot olacak şekilde galvanik mikro hücreler oluşur (Wei et al., 2019). Ayrıca kolona oksijen veya hava vermek gereklidir (Şekil 5). Mikroskobik ölçülerde oluşan bu galvanik hücrelerde eşzamanlı redoks tepkimeleri ile önemli bir elektron akışı meydana gelir. Bu hücrelerde Fenton reaktifleri ve nihayetinde hidroksil radikali oluşur. Sistem, dı-

şarıdan enerji verilen bilinen elektroliz yöntemine göre daha ucuzdur. Mikroelektroliz yöntemi düşük maliyetli olmasının yanı sıra giderimi sağlarken ek kimyasal gerektirmemesi nedeniyle çevre dostudur. ME sürecinde bu radikaller boyarmaddeler başta olmak üzere çoğu organik kirleticiyi parçalayabilir; ek olarak pıhtılaşma ve adsorpsiyonda giderime katkı sağlar.



Şekil 5. Fe/C Mikroelektroliz Reaktörü ve Uygulaması

Mikroelektrolizde mikroskobik galvanik hücreler atıksu (elektrolit), karbon katot ve demir anot arasında gerçekleşmektedir. Anot olarak kullanılan Fe talaşı elektronları sağlar ve aynı anda Fe^{2+} iyonlarını çözeltiliye verir. Aktif karbon ise katot görevi görür. Anaerobik koşullarda sistemde üretilen elektronlar, $[H]$ ve Fe^{2+} indirgeme tepkimeleri aracılığıyla özellikle organik kirleticileri azaltmak için yüksek aktiviteye sahiptir. Ayrıca Fe^{2+} demir hidroksit topaklarına dönüştürülebilir ve ardından pıhtılaşma ve çökeltme yoluyla kirleticileri uzaklaştırabilir. Aerobik koşullar altında ise çözülmüş oksijen varlığında katotta H_2O_2 üretilir ve Fe^{2+} ile birlikte açığa çıkan $\cdot OH$ ve Fenton benzeri tepkimeler ile organik kirleticilerin mineralizasyonu sağlanır. Fe-C mikroelektrolizinde yer alan ana reaksiyonlar aşağıdaki gibi verilir (Sun et al., 2019):

Demir anot (yükseltgenme):



Karbon katot (oksijensiz ortamda, indirgenme):



Karbon katot (Oksijen varlığında asidik ortamda):



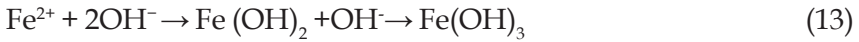
Nötral/alkali ve oksijenli ortamda;



Çözeltide gerçekleşen tepkime ile hidroksil radikalleri üretilir.



Çözelti pH' ı yeterince yüksekse açığa çıkan demir hidroksit türleri elektrokimyasal pıhtılaşma olayına yol açar:



Eşitlik 6-13' den görüldüğü gibi çözelti pH değeri ve reaktördeki oksijen miktarı olası tepkimeler üzerinde etkili olmaktadır.

Mikroelektroliz işlem performansı ayrıca kullanılan aktif karbon ve demir talaşının türü, partikül boyutu ve yüzey alanından etkilenir (Xie et al., 2021).

Mahdizadeh ve arkadaşının (2019) yaptığı çalışmada mikroelektroliz süreci ile elektrolit olarak demir(Fe)/aktif karbon(C) kullanılarak siprofloksasin(CIP) giderimi araştırılmıştır. Yapılan çalışmada siprofloksasin başlangıç derişimini, pH, Fe/C miktarı, havalandırma miktarı ve temas süresi gibi etkili faktörler araştırılmıştır. Siprofloksasin başlangıç derişimini: 17,27 mg/L; pH: 5,38; Fe/C kütlesi: 22,70 g/300 mL; havalandırma hızı: 4,33 L/dakika ve temas süresi: 105,36 dakika olarak belirlenmiştir. Toplam organik karbon (TOK) giderimi, reaktörün optimum koşulları altında belirlenip optimum koşullarda %95,5'lik maksimum uzaklaştırma verimi elde edilmiştir (Mahdizadeh and Malakootian, 2019).

Zhang ve arkadaşlarının (2018) yaptığı çalışmada, fosfor ve siprofloksasin giderimini artırmak için modifiye edilmiş bir biyolojik hava-

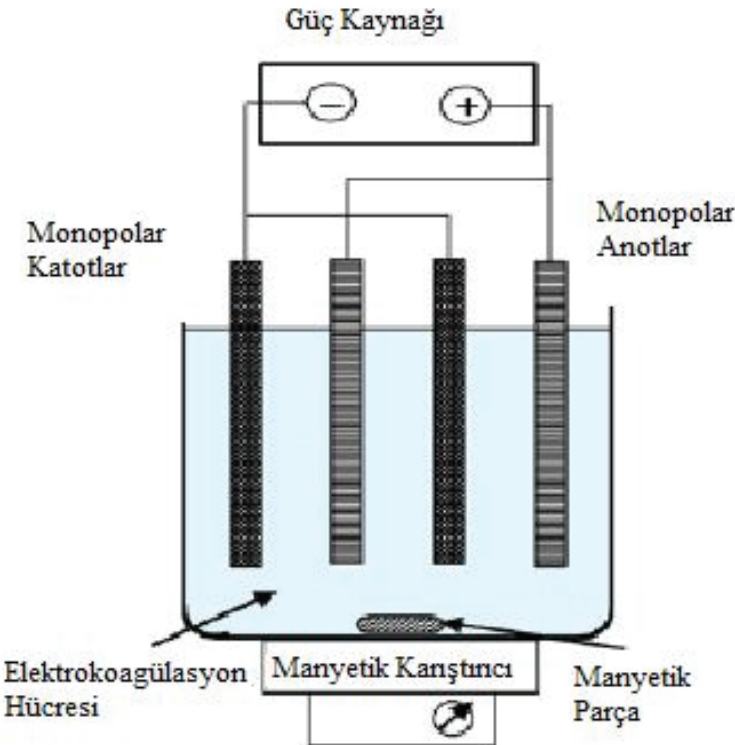
landırmalı filtre sistemi ile yapılandırılmış Fe/C mikroeletrolizi uygulanmıştır. Biyolojik havalandırmalı filtre ve Fe/C mikroeletroliz bağlı sistemi yaklaşık 230 gün çalıştırılıp Fe/C mikro elektroliz ile fosfor ve siprofloksasin giderimlerinin artırılması, siprofloksasin'in bozunma mekanizmaları ve mikrobiyal popülasyon varyasyonları araştırılmıştır. Kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), amonyak ($\text{NH}_4\text{-N}$), toplam fosfor (TP) ve siprofloksasin'in uzaklaştırma verimliliği yaklaşık sırasıyla % 95, % 95, %80 ve %85'tir (Zhang et al., 2018).

Metronidazol (MNZ) bakteri ve protozoanların neden olduğu bu-
laşıcı hastalıkların tedavisi dünya çapında antimikrobiyal ajan olarak yaygın olarak kullanılmaktadır. Buna ek olarak, MNZ kümes hayvanları ve balıkçılık endüstrilerinde de kullanılmaktadır. Tıbbi tedavide yaygın kullanımı ve ilaç endüstrisindeki büyük üretimi nedeniyle ayrıca yüksek çözünürlüğe ve düşük biyobozunurluğa sahip olan bu antibiyotik kanalizasyon arıtma tesislerinde genellikle tespit edilir. Malakootian ve arkadaşlarının (2019) yaptığı çalışma da metronidazol içeren sulu çözeltide Fe/aktif karbon katalizörü kullanılarak mikroeletroliz akışkan yataklı reaktör ile metronidazol giderimi incelenmiştir. Araştırmada çözeltinin başlangıç pH'ı, metronidazolün başlangıç derişimi, temas süresi, havalandırma hızı ve Fe/C oranı dahil olmak üzere metronidazol uzaklaştırmayı etkileyen etkili değişkenler incelenmiştir. Maksimum giderim verimleri, pH:7, 70 dakikalık temas süresi, 6 L/dk havalandırma hızı, 1:1 Fe/C oranı ve 10 mg/L başlangıç metronidazol derişiminde elde edilmiştir. Fe/C mikroeletroliz sistemi optimum koşullarda hastane atık sularına erişim sağlanarak da antibiyotik giderimi çalışmaları yapılmıştır. Yapılan çalışmalarda antibiyotiklerin sulu çözeltilerden verimli bir şekilde uzaklaştırılması için çok uygun ve endüstriyel ölçekte geçerli bir süreç olduğuna karar verilmiştir (Mahdizadeh and Malakootian, 2019). Mikroeletroliz ile MNZ gideriminin incelendiği başka bir araştırmada 40,4 mL/L H_2O_2 derişimi, FeC dozajı 449,2 g/L; 1,4:1 Fe/C kütle oranı ile plexiglastan yapılmış 3 L hacimli bir reaktörde 40,8% KOİ giderimi sağlanmıştır (Xiao et al., 2021).

Elektrokoagülasyon

Yaygın kullanılan elektrokimyasal bir arıtma tekniği olan elektrokoagülasyon (EC); kirletici partiküllerin kararlılığını bozan, çözülmüş kirleticileri çökeltten ve adsorplayıcı özellikte olan pıhtılaşmış türlerin ve metal hidroksitlerin yerinde üretimini sağlar. Kimyasal koagülasyon işlemiyle karşılaştırıldığında, dışarıdan kimyasal madde ilavesiz daha iyi uzaklaştırma sağlaması ve daha az çamur üretmesi önemli üstünlükleri arasındadır (Feng et al., 2016).

Elektrokoagülasyon hücresi elektrotlar ve doğru akım güç kaynağından oluşur (Şekil 6). En basit hücre bir anot ve bir katottan oluşur; elektrot sayısı ve elektrotlara bağlantı şekli farklılık gösterir.

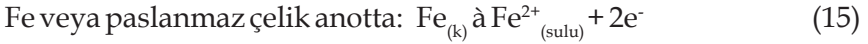
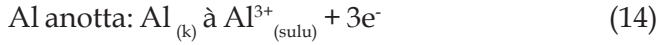


Şekil 6. Monopolar Bağlantılı Elektrokoagülasyon Düzenneği

EC işlemi anot ve katot üzerinde elektrokimyasal tepkimeler ile gerçekleşir, anot olarak alüminyum, demir ve paslanmaz çelik kullanılırken katot olarak paslanmaz çelik, grafit, karbon gibi malzemeler kullanılır (Martinez-Huitle, Rodigo ve Scialdone, 2018).

Kullanılan anot malzemesine göre anotta aşağıdaki tepkimeler meydana gelir:

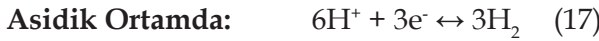
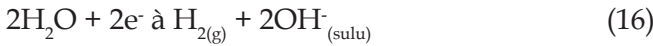
Anot tepkimeleri



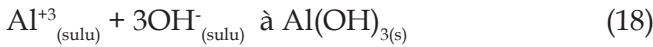
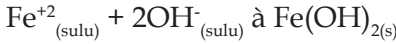
Katot tepkimeleri ise ortam pH değerinden etkilenir.

Katot Tepkimeleri

Nötral ya da alkali ortamda:



Çözeltide ise anotta açığa çıkan metal iyonları ile katotta açığa çıkan hidroksit iyonları tepkimeye girerek metal hidroksitleri oluşturur:



Çözeltide oluşan metal hidroksitler kirleticileri adsorplayarak veya pıhtı oluşturarak uzaklaştırır. Katotta açığa çıkan hidrojen gaz kabarcıkları ise çözeltiden uzaklaştırılan kirleticilerin yüzeye doğru hareket etmesini kolaylaştırır. Uygulanan akım düşükse kabarcık sayısı azdır ve bu nedenle flokların çökmesi kolaylaşır. Daha yüksek akım uygulandığında ise kabarcık oluşumu artar. Her iki durumda da kirleticiler etkili bir şekilde uzaklaştırılabilir. EC tekniği su ve atıksulardan antibiyotik giderimi için en çok çalışılan elektrokimyasal yöntemler arasında yer almaktadır. Elektrokoagülasyon verimi başta akım yoğunluğu olmak üzere pH, kullanılan elektrot türü, destek elektrolit varlığı ve derişimi,

elektrotlar arası mesafe, kirletici derişimi gibi değişkenlerden etkilenir. Hücreye uygulanan gerilim, elektrot türü, elektrot yüzey alanı, elektrotlar arası mesafe, çözelti iletkenliği ve çözelti derişiminden etkilenen akım yoğunluğu esas olarak çözünen metal miktarını belirler. Akım yoğunluğu arttıkça metal iyonları ve metal hidroksitler artar, ancak gereğinden yüksek olması enerji tüketimini artırdığı gibi yan tepkimelere de yol açarak akım verimini azaltır. En uygun pH değeri ise kirletici türüne göre değişkenlik gösterse de hidroksit oluşumu açısından nötr yada üzerinde pH değerleri daha uygundur. Yapılan çalışmalarda EC süreci üzerinde etkili olan bu parametrelerin optimize edilmesi ile yüksek antibiyotik giderimleri elde edilmiştir.

Sentetik bir antibiyotik olarak siprofloksasin (CIP), insanlarda ve hayvanlarda bakteriyel enfeksiyon hastalıklarının tedavisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. İlaç üreticileri ve hastanelerin kontamine atık suları en önemli CIP kaynaklarıdır. Kullanılmayan veya süresi dolmuş CIP' in uygun olmayan şekilde atılması ve eksik metabolizasyonu nedeniyle yüzey sularında ciddi şekilde kirlenmeye neden olduğu rapor edilmektedir. Yüzey sularında düşük derişimlerde olmasına karşın hastane ve ilaç endüstrisi atık sularında mg/L seviyesinde CIP derişimleri görülebilmektedir. Ahmadzadeh ve arkadaşları tarafından yapılan bir çalışmada alüminyum elektrotlar kullanılarak elektrokoagülasyon yöntemiyle CIP giderimi için pH, başlangıç derişimi, süre, elektrotlar arası mesafe, akım yoğunluğu gibi bazı değişkenlerin optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. En yüksek CIP giderim değeri %97,25' dir. pH 7,78, elektrotlar arası mesafe 1 cm, işlem süresi 20 dk, akım yoğunluğu 12,5 mA/cm² ve elektrolit dozu 0,07 M NaCl elektrolit dozu ve 32,5 mg/L başlangıç CIP derişimi olarak belirlenen optimum çalışma koşulunda %88,57' lik CIP giderim verimi elde edilmiştir. Bu koşullarda elektrot tüketimi 66,8 g/m³ ve elektrik enerjisi tüketimi 0,613 kWh/m³ olarak belirlenmiştir. Ayrıca yaklaşık 154 mg/L CIP derişimine sahip hastane atık suyu için optimum koşullarda %100 giderim sağlandığı belirtilmiştir (Ahmadzadeh et al., 2017). EC hücresinde anot ve katot olarak demir plakaların kullanıldığı benzer bir çalışmada (Yoosefian et al., 2017) %100' lük CIP giderimine 15 mA/cm² akım yoğunluğunda, 60 mg/L başlangıç CIP derişiminde, pH 7,5' te, elektrotlar arası mesafe 1,58 cm, 0,07 M NaCl elekt-

rolit dozunda ve 20 dakika işlem süresinde ulaşılmıştır. EC prosesinin optimum koşulları altında, elektrot tüketimi ve elektrik enerjisi tüketimi sırasıyla $0,0625 \text{ g/m}^3$ ve $0,522 \text{ kWh/m}^3$ olarak bulunmuştur. Bu iki çalışma kıyaslandığında CIP giderimi için demir elektrotların giderim verimi, elektrot tüketimi ve enerji tüketimi açısından daha uygun olduğu söylenebilir.

Antibiyotikler özellikle küresel pandemi döneminde yaygın olarak kullanılmaktadır ve bu da uygun şekilde atılmadığı takdirde su kalitesini etkileyecektir. Antibiyotikli atık suların ana kaynakları, farmasötik üretim endüstrileri ve bu tür mikro kirleticileri arıtmak için yeterli donanuma sahip olmayan hastanelerdir. Sefazolin sodyum (CS), bakteriyel enfeksiyonların tedavisinde yaygın olarak kullanılan antibiyotiklerden biridir. CS, ampirik formülü $\text{C}_6\text{H}_{15}\text{N}_2\text{NaO}_6\text{S}_2$ ve moleküler ağırlığı $418,4 \text{ g/mol}$ olan yarı sentetik bir beta-laktamdır. Atıksuda bulunan mikro kirleticiler, geleneksel arıtma prosesleri ile tamamen ortadan kaldırılmaz. Bu nedenle ayrı ve daha etkin bir arıtım önerilmelidir (Sankar et al., 2021). Alüminyum plaka anotlar kullanılarak yapılan deneylerde yanıt yüzey yöntemi ile optimizasyon gerçekleştirilmiş ve seçilen parametreler için elde edilen optimum koşullar: pH 9,98; arıtım süresi 10 dk, çalışma voltajı 8V ve elektrolit ilavesi 7,22 mL olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada sefazolin sodyum antibiyotiği için maksimum %81,13 giderim verimi ve minimum 2,72 Wh enerji tüketimi elde edilmiştir (Sankar et al., 2021).

Antibiyotiklerin diğer bir kullanım alanı hayvancılık sektörüdür. Baran ve arkadaşları tarafından yapılan çalışmada demir elektrotlarla elektrokoagülasyon yöntemi kullanarak sulu ortamdan ampisilin (AMP), doksisisiklin (DOX), sülfatiazol (STZ) ve tylosin (TYL) giderimi incelenmiştir. Bu antibiyotikler sırasıyla hayvancılıkta en sık kullanılan antibiyotik grupları olan penisilinler, tetrasiklinler, sülfonamidler ve makrolidler gruplarına aittir. pH=6, t=36 dk, I=10 mA, akım yoğunluğu=18 A/m², işlem süresinin 30 dk olarak optimize edildiği deney koşullarında elektrokoagülasyon işleminden sonra, %78-84 bulanıklık ve % 58-68 KOİ giderimine ulaşılmıştır. AMP, STZ ve TYL'nin atık sularından uzaklaştırılması % 4'ü geçmemiştir. Bununla birlikte, elektrokoagülasyondan sonra, DOX derişimi her deneyde % 92' nin üzerinde

azalmıştır. Doksisisiklin, elektrokoagülasyon sırasında atık sulardan etkili bir şekilde uzaklaştırılan tek antibiyotik olmuştur. Bu işlem sonucunda reaksiyon ortamındaki ekotoksistenin de azaldığı belirlenmiştir (Baran et al., 2018).

Son yıllarda, bu yarı sentetik antibiyotiklerin üretimi ve tüketimi önemli ölçüde artmıştır. Diğer antibiyotiklere benzer şekilde, yarı sentetik olarak üretilen sefalosporinler vücutta tam olarak metabolize edilmez, kanalizasyon yoluyla atık su arıtma tesislerine ve çevreye atılır (Kummerer, 2003). Bu kirleticilerin çok düşük derişimlerde bile su ortamında bulunması antibiyotiğe dirençli bakterilerin gelişimine katkı sağlamaktadır. Bu gruptaki antibiyotiklerin yer aldığı pH: 7, KOİ: 528 mg/L, bulanıklık: 269 NTU, sefazolin derişimi 42,3 ppb olan bir hastane atıksuyunun 3 alüminyum ve 3 demir elektrodun kullanıldığı bir elektrokoagülasyon hücresinde 30 V gerilimde ve 30 dakikalık süre ile arıtılmıştır. Sonuç olarak 94% sefazolin, 94% bulanıklık ve 85% KOİ giderimi elde edilmiştir. Bu koşullarda enerji ve elektrot tüketimi sırasıyla 75 kWh/m³ ve 0.839 kg/m³ olarak hesaplanmıştır (Esfandyari et al., 2019).

SONUÇ

Antibiyotikler farklı spektrumdaki bakteriyel ajanların tedavisinde kullanılan alternatifini olmayan ilaçlardır ve bu nedenle kullanım oranları tüm dünyada giderek artmaktadır. Antibiyotik etken maddesi olan organik moleküllerin bir kısmı canlı organizma tarafından metabolize olurken atıklar aracılığıyla büyük bir kısmı kanalizasyona ve toprağa karışmaktadır. Çevreye verilen antibiyotik içeren atıklar ise toprak ve suda birikebilmektedir. Antibiyotiklerin artan kullanımına bağlı olarak çevrede birikimi ve dolaşımı da endişe verici bir şekilde yükselmektedir. Son yıllarda yüzey sularında, yer altı sularında, atıksu arıtma tesisi çıkış sularında çeşitli türden antibiyotiklere tespit edilmiştir. Antibiyotikler farklı yarılanma ömürlerine sahip dirençli kirleticiler olduklarından alıcı ortamda sürekli bir birikim söz konusu olmaktadır. Son yıllarda üzerinde önemli durulan mikroplastikler ise antibiyotik birikimine katkıda bulunmaktadır. Sulardan ve atıksulardan antibiyotiklerin uzaklaştırılması için çok farklı teknikler bulunmaktadır. Bu teknikler arasında yer alan adsorpsiyon ucuz ve etkili bir yöntemdir. Farklı karakteristikteki

adsorbanların sentezi ve kullanımı ile ilgili çok çeşitli çalışmalar yapılmış ve farklı tür antibiyotikler için yüksek giderimler elde edilmiştir. Ancak belirli bir süre kullanımdan sonra adsorbanın değiştirilmesi veya yenilenmesi gereklidir. Elektrokimyasal bir arıtım süreci olan elektrokoagülasyon ile farklı elektrot malzemeleri kullanılarak bazı tür antibiyotikler için yüksek giderim verimleri elde edilmiştir. Az miktarda oluşan çamurun bertarafı sürecin en önemli problemidir. Bu çamur endüstriyel simbiyoz uygulamalarında kullanıldığı takdirde çevresel açıdan daha kullanışlı hale gelecektir. Elektrokimyasal bir yükseltgenme süreci olan elektro-Fenton yöntemi Fenton reaktiflerinin elektrot tepkimlere ile üretilmesine dayanan hızlı ve etkili bir yöntemdir. Bu süreçle organik moleküllerde yer alan karbon karbondioksite, azot nitrata kadar bozundurulur ve parçalanabilmektedir. Bu süreçte arıtım sonrası oluşan ürünlerin analizi önem kazanmaktadır. Büyük ölçekte atıksular için uygulanabilecek bir başka yöntem dışarıdan elektrik akımı uygulanmaksızın demir/karbon dolgulu bir kolonda yürütülen mikroelektroliz işlemidir. Bu yöntemde demir talaşı ve granül aktif karbon arasında oluşan redoks tepkimeleri ile demirin korozyonu ve hidroksil radikali oluşumu gerçekleşir. Kolonda hem adsorpsiyon hem de elektro-Fenton aracılığıyla antibiyotik giderimi gerçekleşir. Bu yöntem kullanılarak yine yüksek antibiyotik gideriminin sağlandığı çalışmalar mevcuttur. Burada ele alınan yöntemler dışında ultrafiltrasyon gibi membran süreçleri ile de antibiyotikleri gidermek mümkündür. Bir atıksu kaynağı için en uygun antibiyotik gideriminin seçiminde ekonomik parametrelerde gözetilerek yüksek verimler giderim yapabilen ve tercihen ikincil kirletici oluşturmayan bir yöntemin seçilmesi yoluna gidilmelidir.

KAYNAKÇA

Ahmadzadeh, S., Asadipour, A., Pournamdari, M., Behnam, B., Rahimi, H.R. and Dolatabadi, M. 2017. Removal of ciprofloxacin from hospital wastewater using electrocoagulation technique by aluminum electrode: Optimization and modelling through response surface methodology. *Process Safety and Environmental Protection* 109, 538-547.

Ahmed, M.B., Rahman, M.S., Alom, J., Hasan, M.S., Johir, M.A.H., Mondal, M.I.H., Lee, D.Y., Park, J., Zhou, J.L. and Yoon, M.H. 2021. Microplastic par-

titles in the aquatic environment: A systematic review. *Sci Total Environ* 775, 145793.

Ahmed, M.B., Zhou, J.L., Ngo, H.H. and Guo, W. 2015a. Adsorptive removal of antibiotics from water and wastewater: Progress and challenges. *Sci Total Environ* 532, 112-126.

Ahmed, M.B., Zhou, J.L., Ngo, H.H. and Guo, W.S. 2015b. Adsorptive removal of antibiotics from water and wastewater: Progress and challenges. *Science of the Total Environment* 532, 112-126.

Ahmed, M.J. and Theydan, S.K. 2014. Fluoroquinolones antibiotics adsorption onto microporous activated carbon from lignocellulosic biomass by microwave pyrolysis. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers* 45(1), 219-226.

Akhil, D., Lakshmi, D., Senthil Kumar, P., Vo, D.-V.N. and Kartik, A. 2021. Occurrence and removal of antibiotics from industrial wastewater. *Environmental Chemistry Letters* 19(2), 1477-1507.

Balarak, D., Mostafapour, F., Akbari, H. and Joghtaei, A. 2017. Adsorption of Amoxicillin Antibiotic from Pharmaceutical Wastewater by Activated Carbon Prepared from *Azolla filiculoides*. *Journal of Pharmaceutical Research International* 18(3), 1-13.

Baran, W., Adamek, E., Jajko, M. and Sobczak, A. 2018. Removal of veterinary antibiotics from wastewater by electrocoagulation. *Chemosphere* 194, 381-389.

Büyükbüberoğlu F. B., Çakmakçı, M., 2018. Examination of sulfamethoxazole, trimethoprim and dichlorophenac micropollutants along Sakarya River and treated by different ultrafiltration membranes, *Eurasian J. Bio. Chem. Sci.* 1(2), 37-41.

Chen, K. and Zhou, J.L. 2014. Occurrence and behavior of antibiotics in water and sediments from the Huangpu River, Shanghai, China. *Chemosphere* 95, 604-612.

Esfandyari, Y., Saeb, K., Tavana, A., Rahnavard, A. and Fahimi, F.G. 2019. Effective removal of cefazolin from hospital wastewater by the electrocoagulation process. *Water Sci Technol* 80(12), 2422-2429.

Feng, Y., Yang, L., Liu, J. and Logan, B.E. 2016. Electrochemical technologies for wastewater treatment and resource reclamation. *Environmental Science: Water Research & Technology* 2(5), 800-831.

Hubeny, J., Harnisz, M., Korzeniewska, E., Buta, M., Zielinski, W., Rolbiecki, D., Giebulowicz, J., Nalecz-Jawecki, G. and Plaza, G. 2021. Industrialization as a source of heavy metals and antibiotics which can enhance the antibi-

otic resistance in wastewater, sewage sludge and river water. *PLoS One* 16(6), e0252691.

Ismail, S.A., Ang, W.L. and Mohammad, A.W. 2021. Electro-Fenton technology for wastewater treatment: A bibliometric analysis of current research trends, future perspectives and energy consumption analysis. *Journal of Water Process Engineering* 40.

Kang, M., Chen, Q., Li, J., Liu, M. and Weng, Y. 2019. Preparation and study of a new type of Fe-C microelectrolysis filler in oil-bearing ballast water treatment. *Environ Sci Pollut Res Int* 26(11), 10673-10684.

Kılıç, E. and Yenilmez, F. 2019. TÜRKİYE VE AB ÜLKELERİNDE ANTİBİYOTİK KULLANIMI VE DIŞ TİCARET DENGESİ ÜZERİNE BİR DEĞERLENDİRME - an Evaluation on Antibiotic Use, Antibiotic Resistance and Trade Balance in Turkey and EU Countries. *Eskişehir Türk Dünyası Uygulama ve Araştırma Merkezi Halk Sağlığı Dergisi* 4(1), 45-54.

Kummerer, K. 2003. Significance of antibiotics in the environment. *J Antimicrob Chemother* 52(1), 5-7.

Liu, C., Tan, L., Zhang, L., Tian, W. and Ma, L. 2021a. A Review of the Distribution of Antibiotics in Water in Different Regions of China and Current Antibiotic Degradation Pathways. *Frontiers in Environmental Science* 9.

Liu, Y., Gao, Y., Yao, B. and Zou, D. 2020. Removal of chlortetracycline by nano- micro-electrolysis materials: Application and mechanism. *Chemosphere* 238, 124543.

Liu, Z., Wan, J., Ma, Y. and Wang, Y. 2021b. In situ synthesis of FeOCl@MoS₂ on graphite felt as novel electro-Fenton cathode for efficient degradation of antibiotic ciprofloxacin at mild pH. *Chemosphere* 273, 129747.

Mahdizadeh, H. and Malakootian, M. 2019. Optimization of ciprofloxacin removal from aqueous solutions by a novel semi-fluid Fe/charcoal micro-electrolysis reactor using response surface methodology. *Process Safety and Environmental Protection* 123, 299-308.

Martinez, J.L. 2009. Environmental pollution by antibiotics and by antibiotic resistance determinants. *Environ Pollut* 157(11), 2893-2902.

Nasseh, N., Barikbin, B., Taghavi, L. and Nasser, M.A. 2019. Adsorption of metronidazole antibiotic using a new magnetic nanocomposite from simulated wastewater (isotherm, kinetic and thermodynamic studies). *Composites Part B: Engineering* 159, 146-156.

Olvera-Vargas, H., Gore-Datar, N., Garcia-Rodriguez, O., Mutnuri, S. and Lefebvre, O. 2021. Electro-Fenton treatment of real pharmaceutical wastewater

paired with a BDD anode: Reaction mechanisms and respective contribution of homogeneous and heterogeneous OH. *Chemical Engineering Journal* 404.

Phoon, B.L., Ong, C.C., Mohamed Saheed, M.S., Show, P.L., Chang, J.S., Ling, T.C., Lam, S.S. and Juan, J.C. 2020. Conventional and emerging technologies for removal of antibiotics from wastewater. *J Hazard Mater* 400, 122961.

Qi, H., Sun, X. and Sun, Z. 2022. Cu-doped Fe₂O₃ nanoparticles/etched graphite felt as bifunctional cathode for efficient degradation of sulfamethoxazole in the heterogeneous electro-Fenton process. *Chemical Engineering Journal* 427.

Radmehr, S., Hosseini Sabzevari, M., Ghaedi, M., Ahmadi Azqhandi, M.H. and Marahel, F. 2021. Adsorption of nalidixic acid antibiotic using a renewable adsorbent based on Graphene oxide from simulated wastewater. *Journal of Environmental Chemical Engineering* 9(5).

Rodayan, A., Roy, R. and Yargeau, V. 2010. Oxidation products of sulfamethoxazole in ozonated secondary effluent. *J Hazard Mater* 177(1-3), 237-243.

Sankar, R., Varsha, A., Sivasubramanian, V. and Ranjitha, J. 2021. Electrocoagulation Technique for Cephalothin Sodium Removal with Effective Sludge Management. *Chemical Engineering & Technology* 44(5), 826-835.

Shoorangiz, M., Nikoo, M.R., Salari, M., Rakhshandehroo, G.R. and Sadegh, M. 2019. Optimized electro-Fenton process with sacrificial stainless steel anode for degradation/mineralization of ciprofloxacin. *Process Safety and Environmental Protection* 132, 340-350.

Sopaj, F., Oturan, N., Pinson, J., Podvorica, F.I. and Oturan, M.A. 2020. Effect of cathode material on electro-Fenton process efficiency for electrocatalytic mineralization of the antibiotic sulfamethazine. *Chemical Engineering Journal* 384.

Sun, Z., Xu, Z., Zhou, Y., Zhang, D. and Chen, W. 2019. Effects of different scrap iron as anode in Fe-C micro-electrolysis system for textile wastewater degradation. *Environ Sci Pollut Res Int* 26(26), 26869-26882.

Wang, T., Ai, S., Zhou, Y., Luo, Z., Dai, C., Yang, Y., Zhang, J., Huang, H., Luo, S. and Luo, L. 2018. Adsorption of agricultural wastewater contaminated with antibiotics, pesticides and toxic metals by functionalized magnetic nanoparticles. *Journal of Environmental Chemical Engineering* 6(5), 6468-6478.

Wang, Y., Chen, J., Gao, J., Meng, H., Chai, S., Jian, Y., Shi, L., Wang, Y. and He, C. 2021. Selective electrochemical H₂O₂ generation on the graphene aerogel for efficient electro-Fenton degradation of ciprofloxacin. *Separation and Purification Technology* 272.

Wei, F., Zhou, Q., Wu, W., Bian, Z., Feng, X., Li, J. and Shi, M. 2019. Investigating the influence of iron-carbon microelectrolysis on the performance and microbial community of constructed wetlands. *Water and Environment Journal* 34(S1), 414-424.

Xiao, Y., Shao, Y., Luo, M., Ma, L.-l., Xu, D.-d., Wu, M.-h. and Xu, G. 2021. Optimized Study and Column Experiments on Treatment Process of Metronidazole Pharmaceutical Wastewater by Microelectrolysis and Fenton Oxidation. *Water, Air, & Soil Pollution* 232(5).

Xie, W., Song, C., Ren, W., Zhang, J., Chen, L. and Sun, J. 2021. Reduction-oxidation series coupling degradation of chlorophenols in Pd-Catalytic Electro-Fenton system. *Chemosphere* 274, 129654.

Yoosefian, M., Ahmadzadeh, S., Aghasi, M. and Dolatabadi, M. 2017. Optimization of electrocoagulation process for efficient removal of ciprofloxacin antibiotic using iron electrode; kinetic and isotherm studies of adsorption. *Journal of Molecular Liquids* 225, 544-553.

Zhang, L., Yue, Q., Yang, K., Zhao, P. and Gao, B. 2018. Enhanced phosphorus and ciprofloxacin removal in a modified BAF system by configuring Fe-C micro electrolysis: Investigation on pollutants removal and degradation mechanisms. *J Hazard Mater* 342, 705-714.

İSTANBUL TRAFİĞİ TESPİTLERİ VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

*Mustafa ILICALI¹, Mahmut Esad ERGİN²,
Muhammed Melikşah ÇAKALOĞLU³*

Öz: Günümüzde özellikle nüfus olarak büyük kentlerde trafik sıkışıklığı insan hayatını doğrudan ve dolaylı yollarla olumsuz yönde etkilemektedir. Özel araç kullanımından kaynaklanan emisyon salınımları her geçen gün artmaktadır. Dünyadaki metropol kentlerle karşılaştırıldığında İstanbul dünyada trafik sıkışıklığının en çok yaşandığı şehirdir. Bu durum ekonomik kayıplara neden olmasının yanında insan sağlığına da olumsuz etkileri bulunmaktadır. İnsanların ev-iş ve ev-okul gibi seyahatlerinde özel araçlar yerine toplu taşıma araçlarını kullanmaları ulaşımın bu çevresel etkilerini şüphesiz azaltacaktır. İnsanların toplu taşıma araçlarına teşvik etmek de güçlü bir sistem ve bu sistemlerin entegrasyonu ile mümkündür. Bu bağlamda İstanbul kent içi toplu taşımanın omurgası niteliğinde olan metrobüs, kapasitesinin çok üstünden yolcu taşımaktan dolayı günümüzde konforsuz bir toplu taşıma aracı olarak görülmektedir. Bu nedenle dünyada uygulama örnekleri bulunan ancak ülkemizde henüz bir örneği olmayan otonom, yüksek kapasiteli ve elektrikli olmasından dolayı çevreci bir sistem olan lastik tekerlekli metro sistemine dönüşümü oldukça önem arz etmektedir. Bu gibi sistemlerin yanı sıra kısa, orta ve uzun vadede İstanbul kent içi trafiği çözmek adına birçok metot mevcuttur. Özellikle kısa vadede alınacak önlemler ile kent içi trafik oldukça rahatlayacaktır. Bu kapsamda kent ulaşımının çözülmesi adına en önemli üç

-
- 1 İstanbul Ticaret Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği, İstanbul Türkiye e-mail: milicali@ticaret.edu.tr, Orcid No: 0000-0001-6453-7753
 - 2 İstanbul Ticaret Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi İnşaat Mühendisliği, İstanbul Türkiye e-mail: meergin@ticaret.edu.tr, Orcid No: 0000-0002-1038-3530
 - 3 İstanbul Ticaret Üniversitesi, Ulaştırma Sistemleri Uygulama ve Araştırma Merkez Asistanı İstanbul / Türkiye

madde kaynak, kadro ve koordinasyondur. Bu hususlar konusunda atılacak adımlar İstanbul'daki trafik sıkışıklığının azaltılması adına katkı sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: İstanbul, Ulaşım, Trafik Sıkışıklığı Metrobüs

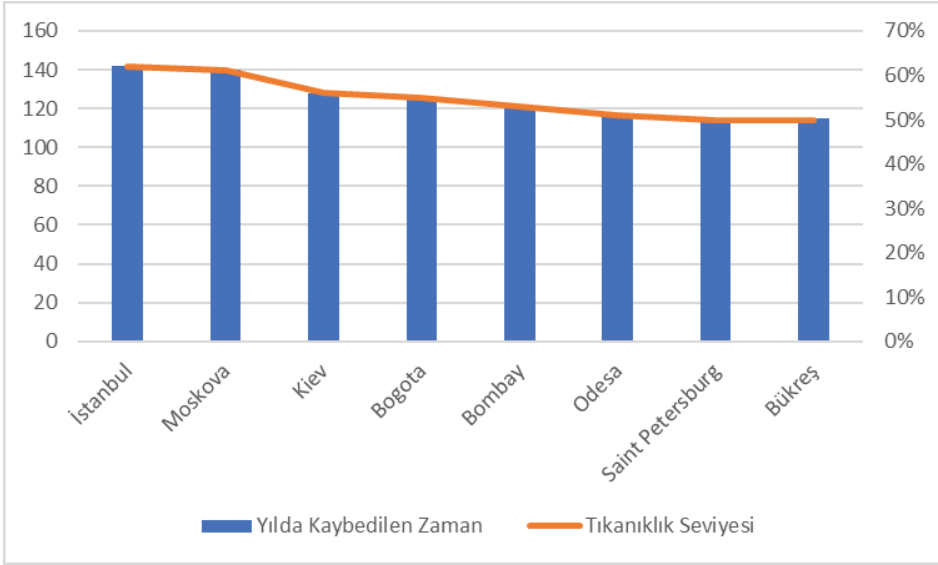
GİRİŞ (Souza & Villas, 2015)

Trafik sıkışıklığı kentlerde insanların bir amaç doğrultusunda yapmış oldukları seyahatlerin doğurmuş olduğu doğal bir süreçtir. Bu seyahat özel araçlar, toplu taşıma, mikromobilité araçları gibi çeşitli ulaştırma türleri ile gerçekleştirilmektedir. Trafik kazaları, trafik talebinin kapasiteyi karşılamaması, karayolundaki darboğazlar, hava koşulları gibi sebepler kent içi trafik sıkışıklıklarına neden olmaktadır (Souza & Villas, 2015). Yaşanan bu trafik sıkışıklıkları büyük ekonomik kayıplara neden olmasının yanı sıra, insan ölümlerine ve çevre sağlığının olumsuz etkilenmesine sebebiyet vermektedir. Global ve yerel hava kirliliklerine neden olan trafik sıkışıklığı hava kirliliğine ve iklim değişikliğine yol açmaktadır. Ayrıca kentlerde yaşanan hızlı nüfus artışları kentlerin plansız ve çarpık büyümesine neden olmaktadır. Plansız büyüyen şehirlerde altyapı çalışmalarının da yetersiz kalması trafik sıkışıklığının çözülmesini zorlaştırmaktadır (Keçeli & Karakuyu, 2008). İstanbul'da da diğer metropollerde olduğu gibi trafik sıkışıklığı yaşanmaktadır.

Tomtom'un yapmış olduğu çalışmalara göre İstanbul'da akşam zirve saatte trafik sıkışıklık seviyesi %113 olarak tespit edilmiş, 2021 yılı verilerine göre de dünyadaki 408 şehir arasında sıkışıklığın en fazla olduğu şehir olduğu gözlemlenmiştir.

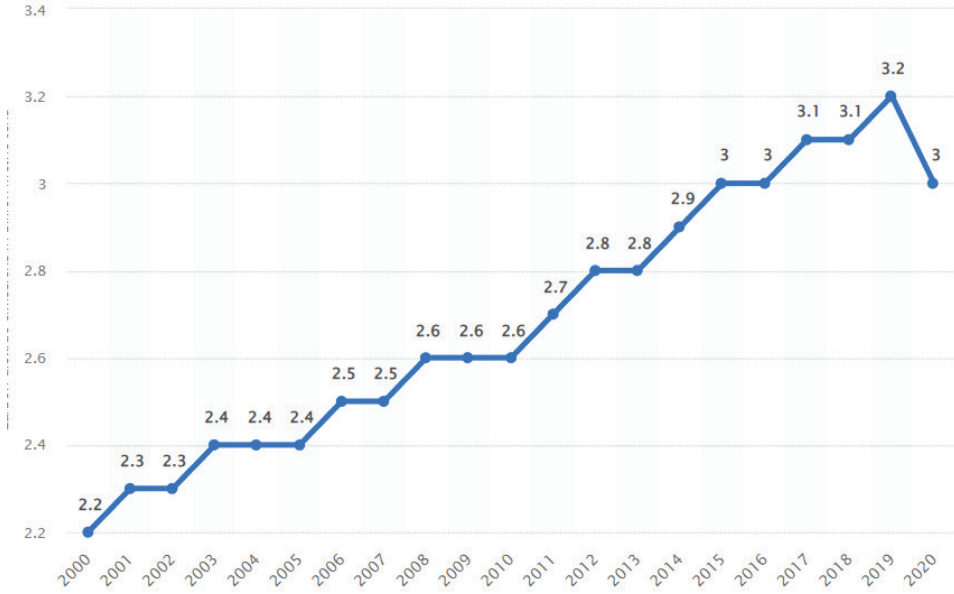
Sabah zirve saatte her 30 dakikalık yolculuk için 24 dakika ve akşam zirve saatte her 30 dakikalık yolculuklar için 34 dakika ekstra trafikte kaldığı görülmektedir. İstanbul'da yaşayan bir kişi sadece trafiğin yoğun olduğu zamanlarda ortalama olarak yılda 226 saat (9 gün 10 saat) trafikte kalmaktadır (TOMTOM, 2022). Yapılan araştırmaya göre 2021 yılı trafik indeksindeki ilk 8 ülkeye ait yılda kaybedilen zaman ve tıkanıklık seviyeleri Grafik1'de gösterilmiştir.

İSTANBUL TRAFİĞİ TESPİTLERİ VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ



Grafik 1. 2021 Yılı Trafik İndeksi (TOMTOM, 2022)

İstanbul'daki trafik sıkışıklığının ekonomik olarak ülkemize vermiş olduğu zararların yanı sıra hava kirliliği ve gürültü kirliliği insan sağlığını doğrudan etkileyen olumsuz etkiler de yaşanmaktadır. Dünya Sağlık Örgütü (WHO) kentsel hava kirliliğindeki artışların büyük bir bölümünün ulaşım kaynaklı olduğunu belirtmiştir (WHO, 2022). Dünya'da ulaşım kaynaklı çevre kirliliğinden ölen kişilerin sayısı trafik kazalarında ölen kişi sayısından 7 kat daha fazla olduğu yapılan çalışmalar sonucunda ortaya konulmuştur. Dünyada ulaşım kaynaklı çevre kirliliğinin azaltılmasına yönelik çeşitli çalışmalar ve teşvikler oluşturulsa da artan araç sayısı yüzünden her geçen gün iklim değişikliği konusunda geri dönülemez bir noktaya doğru gidilmektedir. 2000 ile 2020 yılları arasında tüm dünyada özel otomobillerden kaynaklanan karbondioksit emisyon değerleri Grafik2'de gösterilmiştir.



Grafik 2. 2000-2020 Yılları Arası Özel Otomobillerden Kaynaklanan Karbon-dioksit Emisyon Değerleri (Statista, 2022)

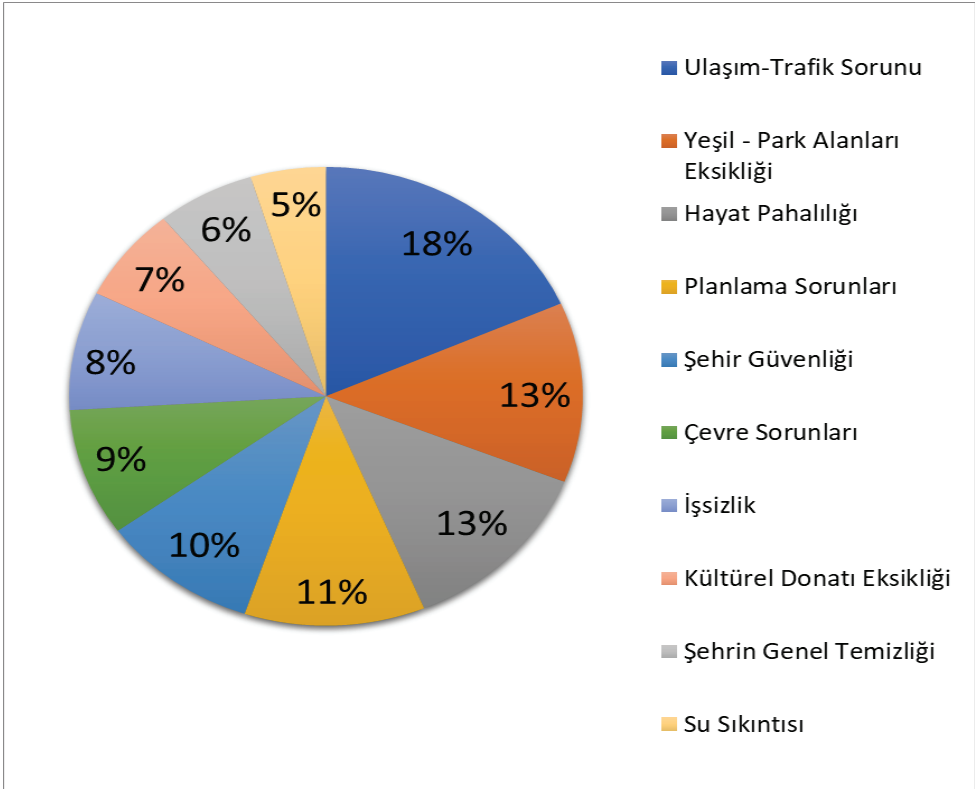
Grafikte de görüldüğü üzere 2000 yılı ile 2019 yılları arasında %68,75'lik bir artış yaşanmıştır. 2019 yılından sonra %6,25'lik bir düşüş yaşanmasının sebebi de küresel çapta yaşanan pandemi süreci olup günümüzde bu değerlerin daha da arttığı düşünülmektedir.

TESPİTLER

İstanbul'da diğer metropol şehirlerde de olduğu gibi yoğun bir trafik problemi yaşanmaktadır. Geçmişte ve günümüzde bu sorunun çözümü için birçok yatırımlar yapılsa da yapılan incelemelerde kent içi trafik sıkışıklığının her geçen gün arttığı gözlemlenmiştir. Trafik sıkışıklığının en başlıca sebeplerinden biri trafik talebinin kapasiteyi aşmasından kaynaklanmaktadır. Ancak İstanbul'daki asıl sorun şerit disiplini, sürücü davranışı, sinyalizasyon sistemi eksikliği, denetim eksikliği gibi düzensizliklerden dolayı kapasite tam anlamıyla kullanılamamaktadır. Trafikte yaşanan bu dalgalanmalar kısa ve uzun kuyruklara sebebiyet

vermektedir. Bu nedenle yapılacak yeni yatırımların yerine kapasitenin tam anlamıyla kullanılabilmesi adına çalışmalar yürütülmesi, daha az yatırım maliyeti ile mevcutta yaşanan sıkışıklıkların önüne geçecektir.

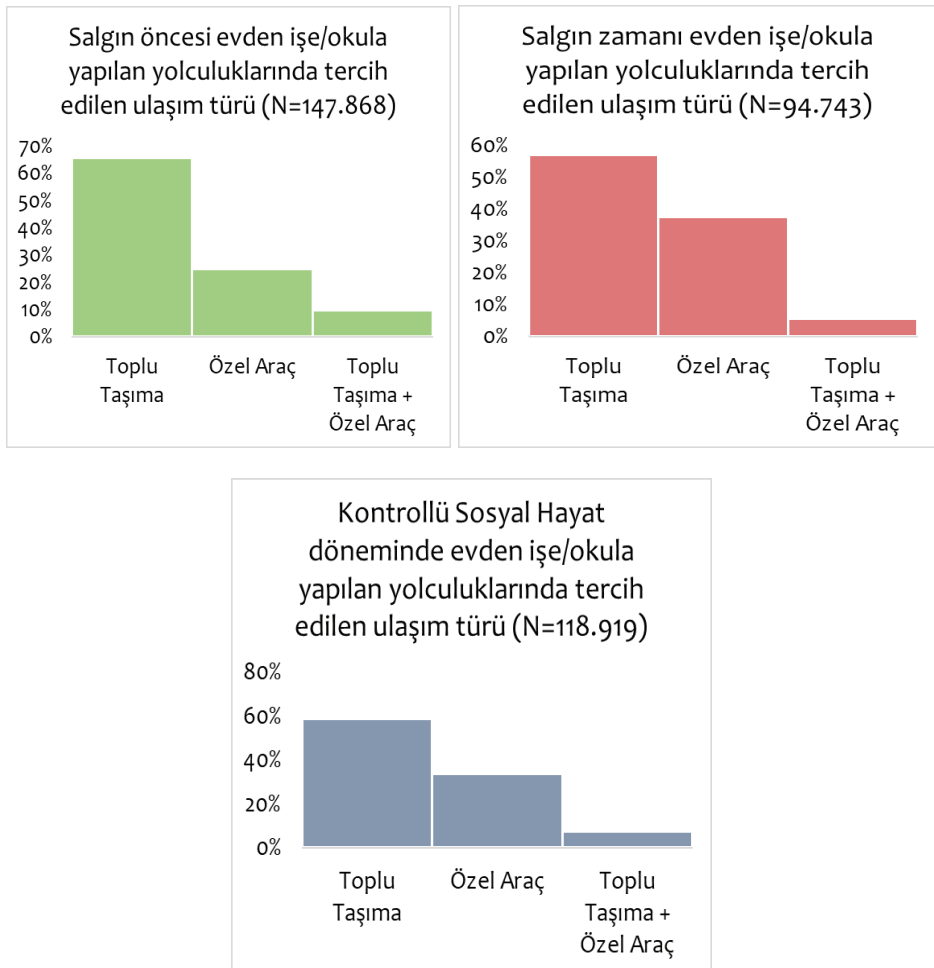
Bahçeşehir Üniversitesi Ulaştırma Uygulama ve Araştırma Merkezi tarafından 2014 yılında 9342 kişinin katılımı ile gerçekleştirilen anket çalışmasında İstanbul'un ulaşım ve trafik sorununa yönelik halkın tercih ve görüşlerini almak adına 19 sorulu bir çalışma düzenlenmiştir. Söz konusu ankette yer alan "Sorulardan İstanbul için önemli gördüklerinizi işaretleyiniz." başlığına İstanbulluların vermiş oldukları cevaplarda en fazla ulaşım ve trafik sorununun olduğu gözlemlenmiştir (Grafik3).



Grafik 3. 2014 Yılı Anket Çalışması Sonuçları

Ayrıca 2020 yılında İstanbul Ticaret Üniversitesi Ulaştırma Sistemleri Uygulama ve Araştırma Merkezi tarafından da bir anket çalışması gerçekleştirilmiştir. Söz konusu anket çalışması, İstanbul Valiliğince

oluşturulan ve içerisinde İstanbul Büyükşehir Belediyesi temsilcilerinin de bulunduğu Toplu Ulaşım Bilim Kurulu'nun talebi üzerine yapılmıştır. Çalışmada bütün dünyayı olumsuz yönde etkileyen Covid-19 salgının İstanbul üzerindeki etkisi ile ulaşım- trafik davranışları analiz edilmiştir. Söz konusu ankete 147,868 kişi katılım sağlamış olup, gerçekleştirilen anket çalışmasına göre salgın öncesinde evden işe/okula yapılan yolculuklarda tercih edilen ulaşım türü adına sorularda, pandemi sonrasındaki özel araç kullanımının pandemi öncesine göre artışının çok daha fazla olacağını ortaya konulmaktadır.



Grafik 4. 2020 Yılı Anket Çalışması Sonuçları

Giriş kısmında da bahsedildiği üzere Tomtom'un yapmış olduğu çalışmalara da bakılınca anket çalışmasında elde edilen verilerin günümüzde gerçekleştiği tespit edilmiş olup, anket çalışmasının güvenilirliği test edilmiştir.

2014 yılında yapılan anket çalışmasında çıkan sonuçlar ile 2020 yılında gerçekleştirilen anket çalışmaları karşılaştırılarak elde edilen sonuçlar analiz edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre İstanbul'da trafik üreten ve çeken merkezler incelenmiş, 2014 yılındaki trafik üreten ve çeken merkezler Tablo 1'de ve 2020 yılındaki anket çalışmasındaki trafik üreten ve çeken merkezler Tablo 2'de gösterilmiştir.

Tablo 1. 2014 Yılı Anketi Trafik Üreten ve Çeken Merkezler

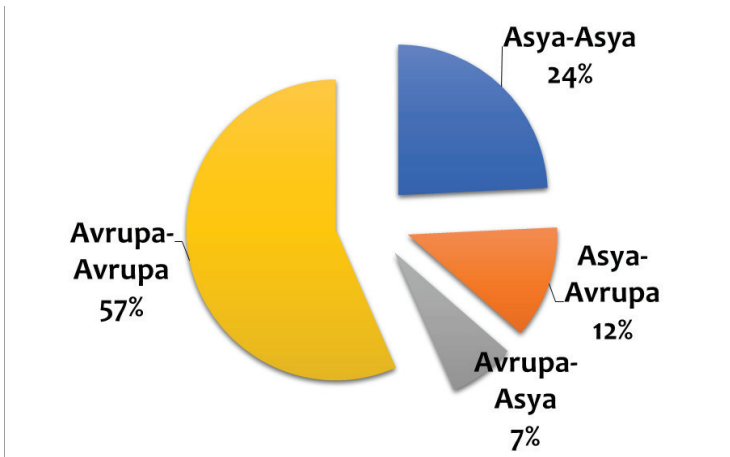
Trafik Üreten Merkezler		Trafik Çeken Merkezler	
Küçükçekmece	5 %	Şişli	11 %
Kadıköy	5 %	Beşiktaş	8 %
Üsküdar	5 %	Fatih	7 %
Ümraniye	5 %	Kadıköy	6 %
Bahçelievler	5 %	Ümraniye	4 %
Kağıthane	4 %	Sarıyer	4 %
Pendik	4 %	Ataşehir	3 %
Ataşehir	4 %	Üsküdar	3 %
Bağcılar	4 %	Bakırköy	3 %
Başakşehir	3 %	Küçükçekmece	3 %

Tablo 2. 2020 Yılı Anketi Trafik Üreten ve Çeken Merkezler

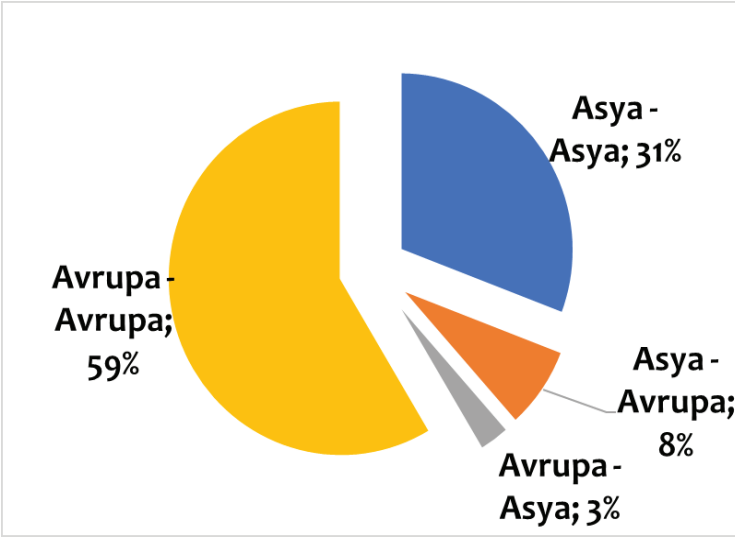
Trafik Üreten Merkezler		Trafik Çeken Merkezler	
Ümraniye	5 %	Şişli	6 %
Esenyurt	5 %	Fatih	6 %
Küçükçekmece	5 %	Kadıköy	5 %

Üsküdar	4 %	Ümraniye	4 %
Kadıköy	4 %	Beşiktaş	4 %
Bağcılar	4 %	Ataşehir	4 %
Pendik	4 %	Üsküdar	4 %
Maltepe	4 %	Sarıyer	4 %
Bahçelievler	4 %	Bağcılar	3 %
Kağıthane	3 %	Esenyurt	3 %

Elde edilen sonuçlara göre 2014 ile 2020 yılları arasında trafik üreten merkezlerde Ümraniye ve Esenyurt ilçelerinde büyük bir artış olduğu görülmektedir. Ayrıca 2014 yılında trafik üreten merkezlerde listede bulunmayan Esenyurt ilçesi 2020 yılında İstanbul’da ikinci sırada yer almaktadır. Aradan geçen 6 yıl içerisinde trafik çeken merkezlerde ise Bağcılar ve Esenyurt ilçeleri eklenmiştir. Bu durum İstanbul’daki yolculukların kısa sürede çok hızlı bir şekilde değiştiğini göstermektedir. Bu nedenle yapılacak olan ulaşım yatırımları günümüzdeki mevcut trafik sıklığının yanı sıra, aynı zamanda gelecekteki talep tahmin modelleri de göz önünde bulundurularak yapılması gerekmektedir. Ayrıca iki anket çalışmasında da yolculukların yakalara göre dağılımı incelenmiş olup, kent içi yolculukların %19’unun yakalar arasında olduğu görülmektedir.



Grafik 5. 2014 Yılı Yolculukların Yakalara Göre Dağılımı



Grafik 6. 2020 Yılı Yolculukların Yakalara Göre Dağılımı

03.11.2022 tarihinde İstanbul Elektrik Tramvay ve Tünel İşletmeleri (İETT) tarafından temin edilen veriler doğrultusunda İstanbul'da toplu taşıma araçları ile yapılan toplam yolculuk sayısının 8,568,537 olduğu gözlemlenmiştir. Kent içi toplu taşımanın omurgası niteliğinde olan metrobüsün ise çift yönde yaklaşık olarak 600.000 olan kapasitesinin %65,86 üstüne çıkarak 995,201 kişiyi taşıdığı görülmüştür. Bu durum günümüzde metrobüsün konfor parametresini olumsuz yönde etkilemekte, insanları özel araç kullanmaya itmektedir.

Metrobüse alternatif olacak toplu taşıma sistemleri yalnızca raylı sistem yatırımları ile sağlanabilir. Ancak raylı sistem yatırımlarının maliyetleri de göz önünde bulundurulduğunda uygulanmasının zaman alacağı, bu nedenle günümüzde kapasiteyi arttırmak için efektif bir çözüm olmadığı görülmektedir. Bu nedenle dünyada birçok ülkede uygulanan ancak ülkemizde henüz bir uygulaması bulunmayan lastik tekerlekli metro sistemleri metrobüsün kapasitesini arttırmak adına optimal bir çözüm olarak değerlendirilmelidir. Yatırım maliyetinin metroya göre düşük olması, yüksek eğimlerde kullanılabilmesi, ihtiyaç doğrultusunda farklı dizinler kullanılarak vagon sayısının ayarlanabilmesi ve düşük dönüş yarıçapları nedeniyle söz konusu sistem metrobüs güzergahı bo-

yunca bir dönüşüm ile uygulanabilir. İstanbul’da deniz ulaşımına bakıldığında günlük toplu taşımadaki payının %2,33 olduğu görülmektedir. Asya ve Avrupa yakaları arasındaki geçişlerin yanı sıra deniz kenarında olan birçok ilçelerinde toplu ulaşımı, deniz ulaşımı ile sağlanması durumunda metrobüs ve Marmaray hatlarının yoğunluğu düşecektir. İstanbul günlük toplu taşıma araçlarının yolculuk sayıları Tablo 3’te gösterilmiştir (IETT, 2022).

Tablo 3. Günlük Toplu Taşıma Araçlarının Yolculuk Sayıları

	Türü	Yolculuk Sayısı
Deniz	Deniz Ulaşım	200,392
Otobüs	İETT	1,329,373
Otobüs	Metrobüs	995,201
Otobüs	Özel Taşımacılık	2,111,630
Ray	Marmaray	1,288,304
Ray	Metro İstanbul	2,629,523
Ray	Nostaljik Tramvay	1,153
Ray	Tünel	12,961
	TOPLAM	8,568,537

KISA, ORTA ve UZUN VADELİ ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

İstanbul ulaşımında eğer gerekli yatırımlar yapılmaz ise kentteki trafik sıkışıklığı çözümsüz bir duruma gelecektir. Bu durumun önüne geçilmesi adına önlemlerin acilen alınması gerekmektedir. Bu başlıkta İstanbul’da trafik sıkışıklığının önüne geçilmesi adına kısa, orta ve uzun vadede çözüm önerileri geliştirilmiştir.

Kısa Vadeli Çözüm Önerileri

İstanbul’daki trafik sıkışıklığının önüne geçebilmek adına mevcut durumu iyileştirecek, hızlı uygulanabilecek ve yatırım maliyetlerinin çok yüksek olmayan kısa vadeli çözüm önerileri geliştirilmiştir. Bu çözüm önerilerinden biri de geometrik düzenleme eksiklikleri ve sinyali-

zasyon aksaklıklarından kaynaklanmaktadır. Birçok noktada yenilikçi geometrik kavşak tasarımları ve katlı kavşaklar inşa edilmiş olsa da İstanbul'da günümüzde birçok kavşakta tanımsız alanlar, hatalı geometrik tasarımlar ve sinyal optimizasyonu yapılmamış kavşaklar bulunmaktadır. Özellikle sinyalizasyon kavşaklarda geleneksel olarak hazırlanan sabit süreli faz planlarının yerine, bölgesel adaptif trafik yönetimi ile kavşakların birbirleri ile haberleşebildiği tam adaptif sistemlerin kullanılması gerekmektedir. Bu sistemlerin uygulama örneklerine bakıldığında maliyetlerin sabit süreli kavşaklara göre daha fazla olduğu görülse de zamandan, yakıttan ve çevreye olan olumsuz etkilerden elde edilen tasarruflar, yapılan yatırımın çok daha üstünde olduğu görülmektedir ((Gonca & Gülsün, 2019).

İstanbul'da motorlu taşıtlar ile yapılan yolculukların %90'ının bir ve iki yolculu özel araçlar ile yapıldığı görülmektedir. Bu durum trafik sıkışıklığına sebebiyet vermesinin yanı sıra, karma trafikte giden ve birçok kişinin aynı anda taşınmasını sağlayan toplu taşıma araçlarının da zaman kaybetmesine neden olmaktadır. Söz konusu durum insanların toplu taşıma kullanması yerine özel araçlara teşvik etmektedir. Bu nedenle özel araç yolcularının etkin, verimli, hızlı ve konforlu bir toplu taşıma sistemine çekilmesi gereklidir. Maliyeti düşük olması adına bir çizgi ile dahi olsa, karma trafikten bir şerit alınarak toplu taşıma araçlarına öncelikli ayrı yolların yapılması özel araç kullanımını azaltacaktır. Ayrıca minibüs, taksi, veya üç kişinin üzerindeki özel araçlar da bu şeritleri kullanabileceklerdir. Bu durum yol kapasitesini çok daha yukarılara çıkararak trafik sıkışıklığının önlenmesine katkı sağlayacaktır. Ancak bu uygulamanın en önemli unsurlarından biri elektronik denetim sistemleri (EDS) ile denetimdir. EDS kontrolü ile söz konusu sistemin uygulanması ve kurallara uyulması sağlanacaktır.

Bir diğer kısa vadeli çözüm önerisi ise; kentlerde e-skuter gibi mikromobilite araçlarının kullanımının yaygınlaştırılmasıdır (Eker & Dündar, 2022). Mikromobilite araçları dünyada ve ülkemizde artan araç trafiğinden dolayı kısa mesafelerdeki zaman kayıplarının önüne geçilmesi adına kullanılmaya başlanılmıştır. Aynı zamanda mikromobilite araçları fosil kaynaklı yakıt kullanmadığı için, daha çevreci bir ulaşım türü olarak tanımlanmaktadır. Bu kapsamda ülkemizde T.C. Çevre, Şehirci-

lik ve İklim Değişikliği Bakanlığı ve T.C. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığının tarafından “Elektrikli Skuter Yönetmeliği” yayınlanmıştır. Son zamanlarda İstanbul’da da kullanımı yaygınlaşan e-skuter ile ilgili birçok kaza yaşanmakta ve birçok kişi bu kazalarda hayatını kaybetmektedir. Bu nedenle hem kullanımı arttırmak hem de trafik güvenliğini sağlamak adına acil önlemlerin alınması gerekmektedir. “Elektrikli Skuter Yönetmeliği’nin 4. Maddesinin c bendinde” hızın en fazla 25 km/saat olarak belirtilmiştir. Ancak kentiçi trafik ile birlikte hareket eden bu araçlar için bu hız çok yüksek olup, yaşanan kazalar ölümler ile sonuçlanmaktadır. Bu nedenle e-skuter araçlarının hızlarının en fazla 15 km/saate düşürülmesi kullanıcılar açısından daha güvenli hale getirilmesini sağlayacaktır. Ayrıca karma trafikte hareket eden bu araçlara, acilen özel yollar tahsis edilmeli ve bu yolların haricinde kullanılmasının da önüne güçlü denetimler yapılarak geçilmelidir. Zorunlu kask kullanımı, e-skuterlara plaka verilmesi ve reflektörlü yeleklerin kullanılması trafik güvenliğini sağlayacaktır. Bu hususların denetlenmesi için yine elektronik denetim sistemleri kullanılarak kullanıcıların kurallara uyması sağlanmalıdır.

Orta Vadeli Çözüm Önerileri

Kişilerin trafik kurallarına uymasına ve toplum olarak trafik bilincinin oluşmasına bağlıdır. Emniyet kemerinin kullanılması, alkollü araç kullanılmaması gibi kurallara kalıcı bilinçten geçmektedir. Bu nedenle okul öncesi ve ilkökul öğrencilerinin görsel ve işitsel tiyatral gösteriler düzenlenerek trafik bilinci oluşturulmalıdır.

İstanbul’da mevcut toplu taşıma rehabilitasyon çalışmaları yapılarak daha etkin ve verimli bir toplu taşıma organize edilmelidir. İstanbul’da bu organizasyon sağlanırken toplu taşıma sisteminin erişilebilirliği, sıklığı, dakikliği, güvenliği, hızlılığı, güvenilirliği, ücreti, konforu ve kapasiteliği gibi performans kriterlerine dikkat edilerek atılacak adımlar, insanların özel araçları kullanmaktan caydırarak toplu taşıma kullanmaya itecektir. Orta vade de alınabilecek bir diğer önlem ise akıllı ulaşım sistemlerinin kent içi toplu taşıma sistemlerinde kullanımının artırılmasıdır. Trafik levhalarının eksikliği, ulaşım etütlerinin yapılmaması, bilgilendirmenin eksikliği nedeniyle, özellikle işe gidiş ve çıkış saatlerinde trafik yoğunluğunun olması gerektiğinden daha fazla olduğu

gözlemlenmektedir. Bu nedenle özellikle ana akslarda dinamik bilgilendirme sistemlerinin kullanımı, mevcut kapasitenin artışında önemli bir rol oynayacaktır. Trafik yönetiminde gelişen teknolojiyle özellikle kavşak noktalarında ihlallerin önüne geçmek, trafik sıkışıklığını azaltacağı gibi trafik güvenliğinin de artırılmasına katkı sağlayacaktır. Ayrıca otonom(sürücüsüz), lastik tekerlekli, elektrikli ve yüksek kapasiteli araçlar ile mevcut metrobüs hattı da işletilebilir. Bu durumda kapasite artışı sağlanmış olacaktır. Ancak uzun vadede metrobüs talebinin ayrıca değerlendirilmesi ve dağıtılması gerekmektedir.

Uzun Vadeli Çözüm Önerileri

İstanbul'da ulaşım ve trafik sorunlarına uzun vadede geliştirilecek çözüm önerileri ile günümüzde birçok yaşanan problemlerin önüne geçilebilir. Bu problemlerin çözülmesi adına öncelikle İstanbul ulaşımında yaşanan yetki karmaşalarının çözülmesi gerekmektedir. Kent içi ulaşımında Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı, Karayolları Genel Müdürlüğü, TCDD Bölge Müdürlüğü, Ulaşım Koordinasyon Merkezi, İl Trafik Komisyonları, İl Emniyet Müdürlüğü, İstanbul Büyükşehir Belediyesi Ulaşım Daire Başkanlığı, İETT Genel Müdürlüğü, Ulaşım A.Ş. ve ilçe belediyeleri gibi birçok kurum ve kuruluşun yetki alanı bulunmaktadır. Ancak söz konusu yetki alanları net bir şekilde mevzuatta yer almamaktadır. Kurumlar ulaşım yatırımlarını planlarken diğer birçok kurumdan görüş almaktadırlar. Bu durumda yatırım süreçlerinin uzamasına ve sorunların birikmesine neden olmaktadır. Bu soruna verilebilecek en belirgin örneklerden biri de özellikle kış aylarından yaşanan kar ve buz ile mücadele çalışmalarında İstanbul Büyükşehir Belediyesinin, Karayolları Bölge Müdürlükleri'nin ve ilçe belediyelerin farklı yetki alanlarının bulunması nedeniyle kent içi trafik durma noktasına gelmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. İstanbul'daki Kurumların Yetki Alanları

Söz konusu kurumlar arasında güçlü bir koordinasyon sağlanamaması bu duruma neden olmaktadır. Yetki karmaşası, sorumluluk, bütçe yapıları ve önceliklerin farklı olması nedeniyle yaşanan aksaklıklar daha büyük kaynak kayıplarına sebebiyet vermektedir. Yaşanan sorunların önüne geçilebilmesi adına yeterli kaynak, kadro ve koordinasyona ihtiyaç duyulmaktadır. İstanbul kent içi ulaşımının tek bir otoriteye bağlanarak söz konusu yatırımların gerçekleştirilmesi, süreçleri hızlandıracağı gibi kaynak israfının da önüne geçilmesini sağlayacaktır. Özellikle trafik yönetiminde yaşanan sorunların önüne geçilebilmesi adına yeni oluşturulacak bu otorite ile ilgili kurumların birlikte hareket etmeleri gerekmektedir.

İstanbul'daki uzun vadeli bir diğer çözüm önerisi ise ulaşım ana planlarının, şehir planları ile eş güdümlü olarak hazırlanmasıdır. İmar planlarında, trafik-yoğun alanların karar verilmeden önce mutlaka ulaşım ana planında değerlendirilmesi gerekmektedir.

İnsan sağlığının çok büyük oranda etkileyen çevresel sorunlardan biri olan gürültünün kalp rahatsızlıkları, sinirsel hastalıklar, motivasyon kaybı gibi önemli etkileri bulunmaktadır. İstanbul'da gürültü, hava kalitesi ile birlikte ulaştırmadan kaynaklı olumsuzlukların başından gelmektedir. Gürültü sorununun azaltılabilmesi adına Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı tarafından farklı çalışmalar yürütülmektedir. Bu kapsamda İstanbul'da muhtelif yerlerde gürültü haritaları çıkarılmış ve gürültü bariyerli tasarımı yapılmış ancak henüz uygulanmamıştır. İstanbul Ticaret Üniversitesi Ulaştırma Sistemleri Uygulama ve Araştırma Merkezi ile bakanlığın yürütmekte olduğu "Ulaşımında Yeşil Dönüşüm" projesi kapsamında yerli ve milli gürültü bariyeri malzemesi üretmek adına Ar-Ge çalışmaları yürütülmektedir. Mevcutta ülkemizde farklı noktalarda uygulaması yapılan gürültü bariyerleri örneklerine bakıldığında maliyetlerin malzeme fiyatından dolayı yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Bu nedenle üretilecek olan yeni malzeme ile birlikte gürültü bariyeri uygulamalarının yaygınlaşacağı düşünülmektedir.

SONUÇ

Bir şehrin gelişimi planlarken, yapılan şehir planları ve ulaşım ana planları eş güdümlü olarak gerçekleştirmeleri gerekmektedir. Özellikle son zamanlarda dünya genelinde sıkça uygulanmaya başlayan ulaşım odaklı gelişim (Transport Oriented Development) modeli benimsenmelidir. Yapılacak düzenlemelerin etaplandırılması ve son olarak ulaşım ana planı ve çevresel tedbirlerle sağlam temellere oturtulması gerekmektedir. Yolların geometrik düzenlenmesi sadece trafik akışının iyileştirilmesi olarak değil, aynı zamanda trafik güvenliği açısından da önemli olduğu unutulmamalıdır. Şehir içi ulaşımında toplu taşıma kullanımı kültürü yaygınlaştırılmalıdır. Bunun için toplu taşıma rehabilitasyonunun orta vadede yapılması, ulaşılabilir ve erişilebilir bir şehir yapısı kurmak için oldukça önemlidir. Mevcut karayolu ağı genel olarak mevcut kapasitesinde kullanılmadığından ve trafik yönetimindeki sorunlardan kaynaklı olarak, alışveriş merkezleri, sosyo-kültürel alanların beslendiği yollarda, özellikle zirve saatlerde, yoğunluk yaşanmaktadır. Özel araç kullanımındaki fazlalık da yine çözümü toplu taşıma hizmetini kullanı-

mına götürmektedir. Ayrıca, parklanma, denetim, şerit disiplini, sürücü uyarıcı sistemleri de gelişen teknolojiyle birlikte kullanılmadır.

KAYNAKÇA

Eker, Ş., & DüNDAR, S. (2022). E-Skuter Şarj İstasyonu Yerlerinin Seçimine İlişkin. Türkiye İnşaat Mühendisliği 18. Teknik Kongre ve Sergisi.

Geneva, & El-Sheik, S. (2022). Health must be front and centre in the COP27 climate change negotiations. WHO. <https://www.who.int/news/item/06-11-2022-health-must-be-front-and-centre-in-the-cop27-climate-change-negotiations> adresinden alındı

Gonca, C. K., & Gülsün, B. (2019). Adaptif Trafik Yönetim Sistemleri. İş Sağlığı ve Güvenliği Akademisi Dergisi.

IETT. (2022). Istanbul Public Transport Authority. Istanbul.

Keçeli, A., & Karakuyu, M. (2008). Hadımköy- Beylikdüzü Bağlantı Yolu Üzerindeki Trafik Sıkışıklığı Problemin Nedenleri ve Çözüm Yolları. Electronic Journal of Social Sciences.

Ritchie, H., & Roser, M. (2019). Urbanization. OurWorldInData.org: <https://ourworldindata.org/urbanization> adresinden alındı

Souza, A. M., & Villas, L. A. (2015). A new Solution based on Inter-Vehicle Communication to Reduce Traffic jam in Highway Environment. IEEE Latin America Transactions.

Statista. (2022). Carbon dioxide emissions from passenger cars worldwide from 2000 to 2020. <https://www.statista.com/statistics/1107970/carbon-dioxide-emissions-passenger-transport/> adresinden alındı

TOMTOM. (2022). Tomtom Traffic Index Ranking 2021. TOMTOM.

WHO, & S., G. (2022). Health must be front and centre in the COP27 climate change negotiations. WHO.

ŞEKİL HAFIZALI ALAŞIMLARIN FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİ VE ŞEKİL HAFIZA EĞİTİM SÜREÇLERİ

Sedat GÜVEN¹, Hasan GÖKKAYA², Ali Rıza MOTORCU³, Gökhan SUR⁴

Öz: Gelişen teknoloji ile birlikte otomotiv, elektronik, havacılık, inşaat ve biyomedikal gibi sektörlerde fonksiyonel özelliklere sahip metal alaşımlarına olan talep artmaktadır. Şekil Hafızalı Alaşımlar (SHA), sergiledikleri Süper Elastisite (SE) ve Şekil Hafıza Etkisi (ŞHE) gibi üstün özellikleri ile düşük yoğunluk, yüksek süneklik, mukavemet ve darbe dayanımı, üstün korozyon ve aşınma direnci ile yorulma ömrü gerektiren endüstrideki çeşitli uygulama alanlarında yaygın olarak kullanılmaktadır. SHA'ların sergilemiş oldukları ŞHE, çoğu durumda alaşımın ham madde olarak tedarik edildiğinde kazandırılmış bir özelliği olmayıp çeşitli ısıl ve mekanik prosedürlerin uygulanması sonucunda elde edilebilmektedir. Eğitim adı verilen bu prosedürler gerçekleştirilerek SHA'lara tek ve çift yönlü olarak iki çeşit ŞHE kazandırılabilir. SHA'lara uygulanan deformasyonlar sonrası alaşımın deforme olmamış şeklinin ısıtma yoluyla hatırlanması tek yönlü ŞHE, deforme olmuş ve olmamış şekillerin sırasıyla ısıtma ve soğutma yoluyla hatırlanması ise çift yönlü ŞHE olarak tanımlanabilmektedir. Tek ve çift yönlü ŞHE; sıcaklık, gerilme ve termomekanik işlemler ile SHA'ların eğitilmesi sonucunda gözlemlenebilen özelliklerdir. SHA'ların orijinal şeklini geri kazanması ve eğitilmesi, martenzit ve östenit fazlar arasında difüzyonsuz gerçekleşen kristalografik katı faz dönüşümlerinin (termoelastik martenzitik dönüşüm) bir sonu-

-
- 1 Gaziantep İslam Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Gaziantep / Türkiye, e-mail: sedat.guven@gibtu.edu.tr, Orcid No: 0000-0001-8891-5421
 - 2 Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Karabük / Türkiye, e-mail: hgokkaya@karabuk.edu.tr, Orcid No: 0000-0002-7103-0616
 - 3 Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çanakkale / Türkiye, e-mail: armotorcu@comu.edu.tr, Orcid No: 0000-0002-9129-8935
 - 4 Karabük Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Karabük / Türkiye, e-mail: gokhansur@karabuk.edu.tr, Orcid No: 0000-0003-4908-3372

cu olarak ortaya çıkmaktadır. Termoelastik martenzitik dönüşümler, östenit ve martenzit fazı arasındaki bir arayüz ile ilişkilidir. Ayrıca, ŞHA'ların bir diğer özelliği olan SE, ŞHE'den farklı olarak herhangi bir ısı dönüşümüne ihtiyaç duymaksızın östenit bitiş sıcaklığı (A_f) ve SE gözlemlenebilecek en yüksek sıcaklık (M_d) aralığında uygulanan mekanik yüklemelerin ortadan kaldırılmasıyla orijinal şeklin geri kazanılabildiği bir fonksiyondur. ŞHA'ların sergilediği ŞHE ve SE gibi üstün özellikler doğrudan martenzitik dönüşümle ilgilidir. Martenzitik dönüşüm, martenzit ve östenit faz yapıları arasında dış gerilmeler ve/veya sıcaklığın etkisiyle difüzyonsuz katı-katı faz dönüşümleri olarak bilinmektedir. Metalin bileşimine bağlı olarak martenzit ve östenit fazların başlangıç ve bitiş sıcaklıkları değişkenlik göstermektedir. Bu çalışmada, ŞHA'ların martenzitik dönüşüm kavramına açıklık getirilerek ŞHE ve SE özelliklerin hangi şartlar altında gerçekleştiği tartışılmıştır. Ayrıca, tek ve çift yönlü ŞHE ile SE kavramları incelenmiştir. Son olarak, ŞHA'lara çift yönlü ŞHE özelliği kazandırmak için geliştirilen eğitim süreçlerinin detayları (uygulanış biçimleri, üstünlükleri ve sınırlamaları) aktarılmıştır. Literatürde yer alan çalışmalar, optimum eğitim sürecinin termomekanik döngü süreci sonrası elde edildiği ve diğer süreçlerle mukayese edildiğinde daha üstün ŞHE kazandırılabilirdiği sonucunu ortaya çıkarmıştır. Termomekanik döngünün martenzitik dönüşüm üzerinde önemli değişimlere sebebiyet verdiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Şekil Hafızalı Alaşımlar, Martenzitik Dönüşüm, Şekil Hafıza Etkisi, Süper Elastikiyet, Eğitim Süreçleri

GİRİŞ

Şekil Hafızalı Alaşımların (ŞHA) dikkate değer ilk özellikleri, Arne Ölander tarafından 1932 yılında Altın-Kadmiyum (AuCd) üzerine gerçekleştirilen bir çalışmada keşfedilmiştir (Gaikwad vd., 2016). Sonraki yıllarda (1938) benzer özelliklerin pirinç (CuZn) malzemede var olduğu ve martenzitik faz yapısının alaşım sıcaklığındaki değişikliklerle ortaya çıkabildiği Greninger ve Mooradian tarafından saptanmıştır (Gürlük, 2009). Chang ve Read, 1951 yılında ilk olarak martenzitik dönüşüm ile şekil hafıza arasındaki ilişkiyi bildirmiştir (Urbina Pons, 2011). Buehler ve arkadaşları ise günümüzde ticari olarak en yaygın kullanım alanına sahip, Şekil Hafıza Etkisi (ŞHE) sergileyen eş atomlu Nikel-Titanyum (NiTi) alaşımların keşfedilmesini sağlamışlardır (Dağ, 2019). Bugüne

kadar, yaklaşık 30 alaşımın ŞHE sergilediği gözlemlenmiştir (Janke vd., 2005). Bununla birlikte, nispeten düşük sıcaklıklarda plastik olarak deforme olduğunda ŞHE özelliği sergileyen ve belirli bir sıcaklıkta ısıtıldıktan sonra orijinal şekline geri dönebilen Bakır-Çinko-Alüminyum (CuZnAl), Bakır-Alüminyum-Nikel (CuAlNi) ve NiTi ŞHA'lar ticari kullanım alanları ile diğer alaşımlara kıyasla ön plana çıkmaktadır (Tralleski vd., 2012).

ŞHA'larda ŞHE, çoğunlukla kübik B2 östenit ve monoklinik B19' martenzit fazları arasındaki katı-katı difüzyonsuz termoelastik martenzitik dönüşümden kaynaklanmaktadır (Oudich ve Thiebaud, 2016). Çoğu durumda, ŞHA'lar ham madde olarak, yani şekil hafızasız olarak tedarik edilmektedir. Tek Yönlü Şekil Hafıza Etkisi (TYŞHE) ve Çift Yönlü Şekil Hafıza Etkisi (ÇYŞHE) olmak üzere ŞHA'larda iki farklı ŞHE vardır. TYŞHE, deformasyon sonrası malzemenin deforme olmamış şeklinin ısıtma yoluyla hatırlanmasını ifade ederken, ÇYŞHE, hem deforme olmuş hem de deforme olmamış şekillerin sırasıyla ısıtma ve soğutma yoluyla hatırlanmasına denir (Taştan, 2022).

Belirli bir şekli ezberlemek için ŞHA'nın istenen şekle sabitletmesi ve ardından belirli bir süre yüksek sıcaklıkta yaşlandırma ısıl işlemine tabi tutulması gerekmektedir (Huang ve Toh, 2000). Bu durumda, ŞHA'lar TYŞHE özelliklerini kazanmış olmaktadır (Dilibal, 2005). TYŞHE kazandırılmış ŞHA'larda ÇYŞHE oluşturma süreci uygun ısıl işlemlerin uygulanması ile başlamaktadır (Huang ve Toh, 2000). Sıcaklık, gerilme veya her ikisinin birlikte uygulandığı termomekanik işlemler ile ŞHA'lara ÇYŞHE kazandırılabilir (Hayrettin vd., 2019).

ŞHE özelliklerinin yanı sıra ŞHA'lar, standart metal ve alaşımlardan farklı olarak Süper Elastisite (SE) özelliğine sahiptir (Güven vd., 2022a). Miyazaki ve arkadaşlarının 1981 yılında NiTi ŞHA'lar üzerine gerçekleştirdikleri çalışmalarında, Ni bakımından zengin NiTi alaşımların yaşlandırma ısıl işlemi sonrasında elde edilen ince Ni_4Ti_3 çökeltilerinden kaynaklı SE davranış sergilediği tespit edilmiştir (Miyazaki vd., 1981). SE özelliğe sahip ŞHA'lar, TYŞHE ve ÇYŞHE'den farklı olarak deformasyona uğramaları sonrasında orijinal şekillerini kazanabilmek için martenzit fazı kapsayan geçişlere ihtiyaç duymamaktadır (Güven, 2020). Bu yönleriyle SE özellik sergileyen ŞHA'lar, üstün dönüşüm dav-

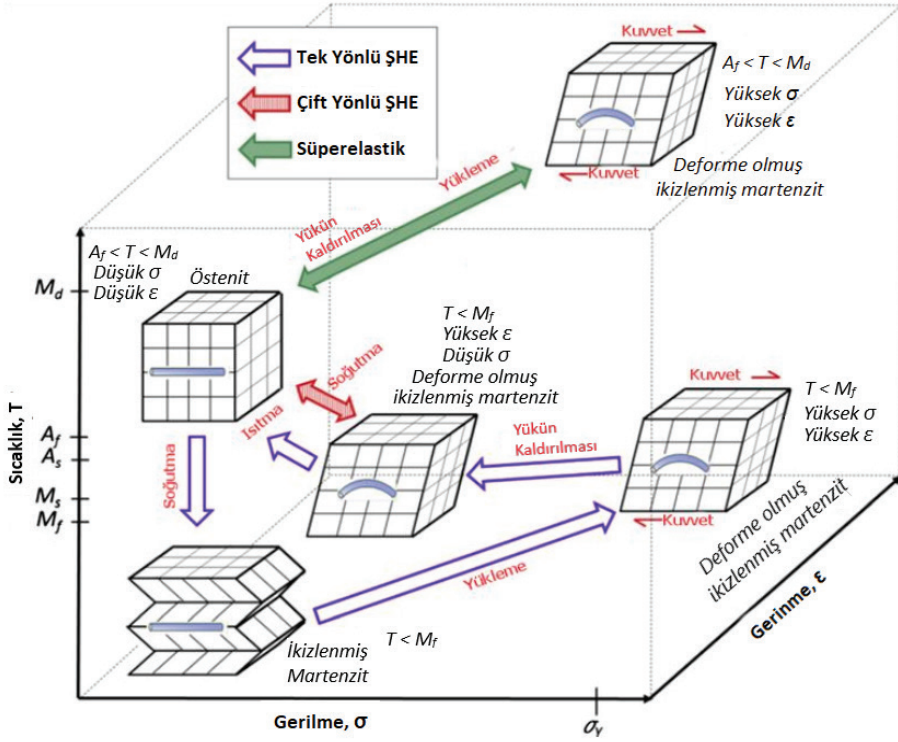
ranışları ile deformasyon öncesi şekil veya boyutlarına büyük oranda geri dönüş gerektiren uygulamalara örnek malzemelerdir (Güven vd., 2022b).

Bu çalışmada ŞHA'ların makroskobik davranışları üzerine teknik bilgilerin sunulması amaçlanmıştır. Martenzitik davranış, SE ve SHE gibi ŞHA'ları doğrudan ilgilendiren konulara değinilmiştir. ŞHA'larda TYŞHE ve ÇYŞHE elde etmek için gerçekleştirilen eğitim süreçlerinin detaylarının aktarılması amaçlanmıştır.

ŞEKİL HAFIZALI ALAŞIMLARIN FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİ

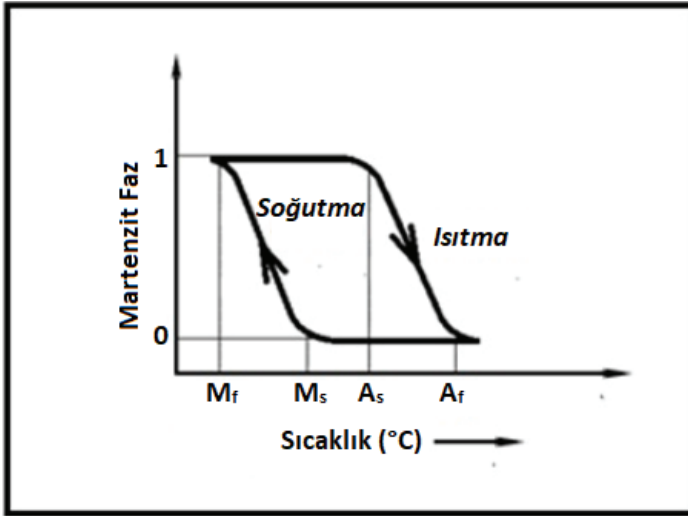
ŞHA'ların temel özgün özellikleri, yüksek seviyede gerçekleşen deformasyonlar dahil olmak üzere deformasyon sonrası dışarıdan herhangi bir müdahale olmaksızın, oluşan deformasyonu geri kazanabilmesi (SE) ve benzer şekilde yüksek deformasyon sonrası östenit bitiş sıcaklığının (A_f) üzerindeki bir sıcaklık değerine ısıtılarak eski şeklini geri kazanabilmesi (SHE) olarak ifade edilebilmektedir (Otsuka ve Wayman, 1998). ŞHA'larda gerçekleşen martenzit ve östenit faz dönüşümlerini, termodinamik prensipler ve kristalografi ile açıklamak mümkündür (Emre ve Oktay, 2018). Bu dönüşümler, üç farklı kristal yapı (ikizlenmiş martenzit bölgesi, deforme olmuş ikizlenmiş martenzit bölgesi ve östenit) ve iki farklı fazda (martenzit ve östenit) gerçekleşmektedir (Şekil 1).

ŞEKİL HAFIZALI ALAŞIMLARIN FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİ VE ŞEKİL HAFIZA EĞİTİM SÜREÇLERİ



Şekil 1. ŞHA'larda fazlar, dönüşümler ve kristal yapılar (Jani vd., 2014)

Östenit yapı yüksek sıcaklıkta, martenzit yapı ise düşük sıcaklıklarda kararlıdır. Bir ŞHA ısıtıldığında martenzitten östenit fazına dönüşmeye başlar. Martenzit fazının başladığı sıcaklıkların gösterimi (M_s), martenzit fazın bitişi (M_f), östenit faz başlangıcı (A_s) ve östenit fazın bitişi (A_f) Şekil 2'de gösterilmiştir (Taha vd., 2015).



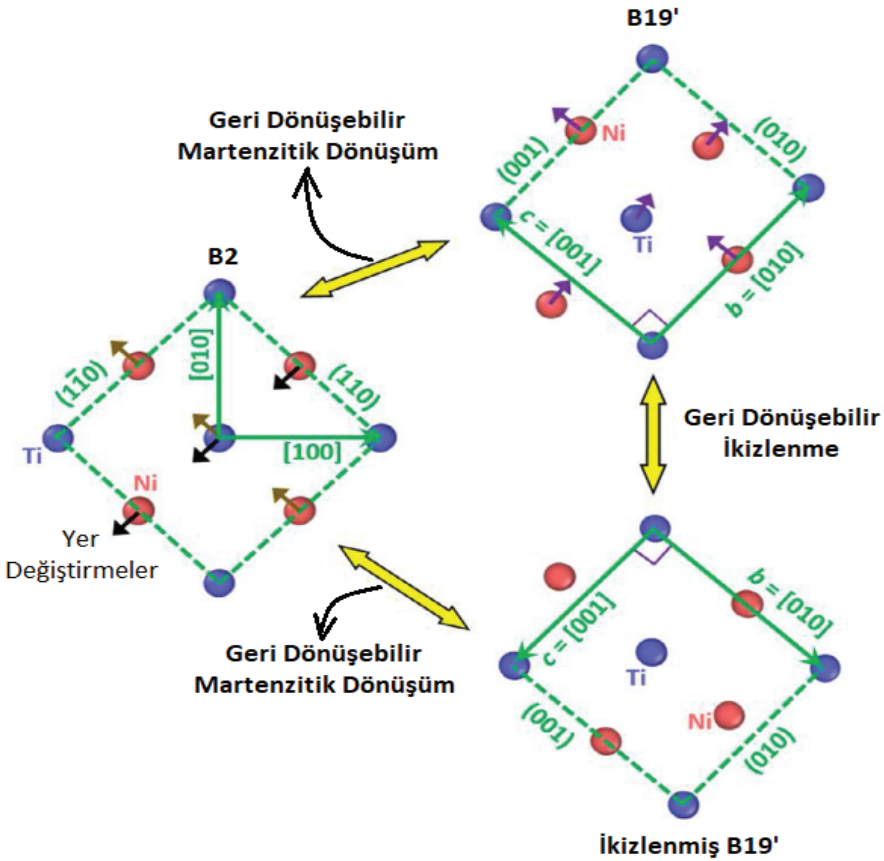
Şekil 2. ŞHA malzemelerde dönüşüm histerezis eğrisi ve sıcaklığı
(Taha vd., 2015)

Martenzitik Dönüşüm

Martenzitik dönüşüm, martenzit ve östenit faz yapıları arasında dış gerilmeler ve/veya sıcaklığın etkisiyle difüzyonsuz katı-katı faz dönüşümleri olarak bilinmektedir (Kaya vd., 2016). Martenzit ise martenzitik dönüşüme uğrayan bir ana fazdan elde edilen faza verilen addır (Van der Wijst, 1992). Düşük sıcaklıktaki martenzitin yapısı, bileşime ve ısı işlem geçmişine bağlı olarak ortorombik veya monoklinik birim hücrelerle indekslenebilir (Pang vd., 2019). Martenzitik dönüşüm, M_s sıcaklığında oluşmaya başlar ve malzeme M_f sıcaklığına ulaştığında ek dönüşüm tamamlanır. M_s ve M_f sıcaklıkları metalin bileşimine bağlıdır. Dönüşümün gerçekleştiği sıcaklıklar yaşlandırma ısı işlemi gibi prosedürler yerine getirilerek belirli seviyede ayarlanabilir olmaktadır. Martenzitik dönüşümler birçok metalik ve metalik olmayan kristal, mineral ve bileşik türünde gözlenir (Yaşar, 2006). ŞHA'larda gözlemlenen ŞHE ve SE gibi fonksiyonel özelliklerin tümü B2 östenit fazı ile B19' martenzit fazı arasındaki martenzitik dönüşümle ilgilidir (Yang vd., 2019). Martenzitik dönüşümler sonucu ŞHA'larda gerçekleşen deformasyonlar, atomların hareketleri neticesinde ikizlenme ile gerçekleşmektedir.

ŞEKİL HAFIZALI ALAŞIMLARIN FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİ VE ŞEKİL HAFIZA EĞİTİM SÜREÇLERİ

B2 östenitin B19' martenzite nasıl dönüştüğü ve martenzitik dönüşüm sırasında ikizlenmenin nasıl oluştuğu atomistik simülasyonlar yardımıyla araştırılmıştır (Li vd., 2020). Martenzit tanelerinin östenit içinde çekirdeklendiğinde, kristal yapının doğal bir sonucu olarak bir ikiz ilişkisi oluşturdıkları gözlemlenmektedir (Şekil 3). Martenzitik dönüşüm ve ikizlenmede kafes dönüşümü için gerekli olan tek şey atomik karıştırmalardır ve ikizlenme düzlemi kafes dönüşümü sırasında sabit tutulmadığı için ikizlenme düzleminde hiçbir homojen kayma oluşmaz. Bu durumda, ikizlenme mekanizması dislokasyonlar içermez ve termoelastik martenzitik dönüşümü sağlamak mümkündür.



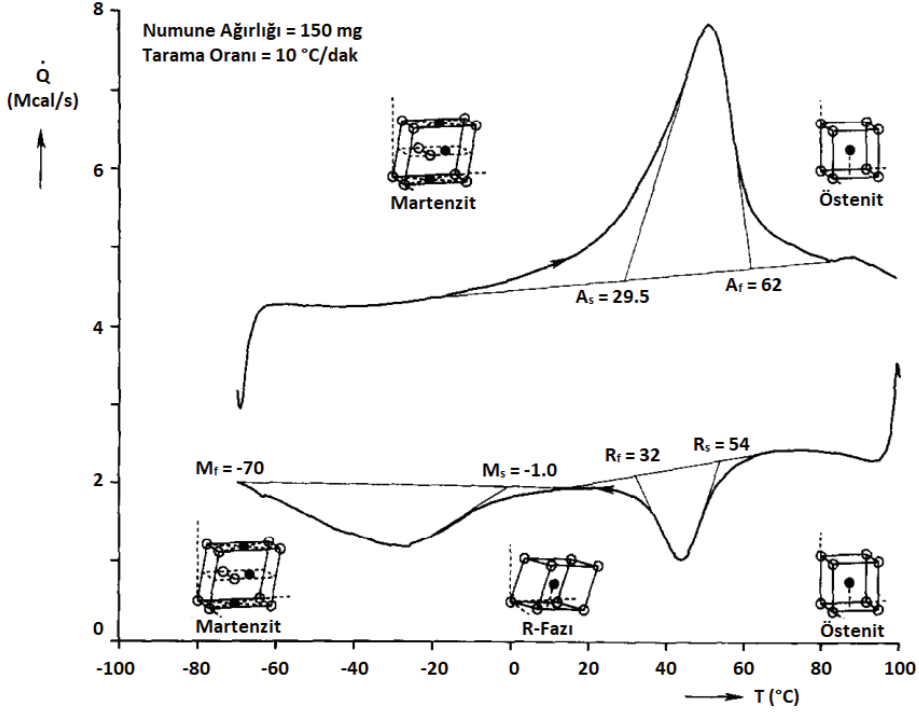
Şekil 3. B2, B19' ve ikizlenmiş B19' arasındaki kafes dönüşümleri (Li vd., 2020)

Dönüşümün termoelastikliği, malzemenin farklı fazların kristalografik yeniden düzenlenmesi sırasında hacim değişikliğinin neden olduğu gerilmeleri elastik olarak barındırma yeteneğinden kaynaklanır. Genel bir kural olarak, termoelastik martenzitik dönüşüm sırasında hacim etkisi çok küçüktür ($< \%1$), bu da dönüşüm sırasında östenit/martenzit arayüzlerin tutarlılığının korunmasına olanak tanımaktadır (Shuitcev vd., 2020).

ŞHA'larda termoelastik martenzitik dönüşümün kinetik parametreleri farklı kinetik modeller tarafından takip edilebilmektedir. Martenzitik dönüşümün eş süreli araştırmaları için yaygın modeller Flynn-Wall-Ozawa ve Kissinger modelleridir. Kissinger yaklaşımı, ısıtma/soğutma hızının reaksiyon üzerindeki etkisi sonucu dönüşüm için gerekli olan belirli bir aktivasyon enerjisi ve termal aktivasyonu belirler. Ozawa yaklaşımı ise reaksiyon sırasının ısıtma/soğutma hızından etkilenmeyeceği varsayımı dışında Kissinger yaklaşımına çok benzemektedir (Grgurić vd., 2018).

Termoelastik martenzitik dönüşümleri uyarlamak amacıyla ŞHA'larda nano ölçekli çökelti kullanılmaktadır. Bu çökelti, ana fazda konsantrasyon heterojenliği, tutarlı gerilme alanı ve geometrik sınırlama ortaya çıkartarak termoelastik martenzitik dönüşüm özelliklerini önemli ölçüde etkilemektedir. Ni açısından zengin NiTi ŞHA'larda, Ni_4Ti_3 çökeltilerinin varlığı, martenzitik dönüşümün türü ve martenzitik dönüşüm başlangıç sıcaklığı başta olmak üzere martenzitik dönüşümlerin özelliklerini ayarlamak için basit ve düşük maliyetli bir oluşumdur. Ni_4Ti_3 çökeltinin varlığı, dönüşüm yolunu normalde tek aşamalı olan $B2 \rightarrow B19$ martenzitik dönüşümden iki aşamalı $B2 \rightarrow R \rightarrow B19$ martenzitik dönüşüme değiştirerek NiTi ŞHA'ların özelliklerini büyük ölçüde etkilemektedir. Martenzit ve östenit fazları, ŞHA'ların sergilediği üstün davranıştan sorumlu birincil fazlardır; ancak çökelti gibi oluşumlar R ara fazının varlığına sebebiyet verebilmektedir (Şekil 4) (Shaw vd., 1995). Genel olarak Ni_4Ti_3 çökeltisi, B2 matrisinde hem Ni konsantrasyon gradyanını hem de iç gerilme alanını tetikleyerek çökelti ve B2 matrisi arasındaki arayüzde martenzitik dönüşümü desteklemektedir (Zhu vd., 2021).

ŞEKİL HAFIZALI ALAŞIMLARIN FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİ VE ŞEKİL HAFIZA EĞİTİM SÜREÇLERİ



Şekil 4. NiTi ŞHA Termal Analiz Grafiği (Shaw vd., 1995)

Şekil Hafıza Etkisi

1970 yılında Otsuka ve Shimizu, bir CuAlNi alaşımında ŞHE ile termoelastik martenzitik dönüşüm arasında bire bir uyumluluğun var olduğunu gözlemlemişlerdir. Böylece, ŞHE'nin termoelastik martenzitik dönüşümler sergileyen alaşımların özelliği olduğu sonucuna varmışlardır. Kökeni, termoelastik dönüşümün kristalografik tersinirliğine ve termoelastik alaşımlarda geri kazanılabilir bir deformasyon modunun, yani ikizlenme varlığına bağlamışlardır (Tadaki vd., 1988). ŞHE sağlanabilmesi için gerekli kriter, termoelastik martenzitik dönüşümün meydana gelmesidir (Asanovic vd., 2004).

Alaşımların katılma sıcaklıkları farklılık gösterdiğinden martenzitik dönüşüm, belirli bir sıcaklık aralığında tamamlanmaktadır (Akdoğan ve Nurveren, 2003). Çoğunlukla dar bir alanda meydana gelen martenzitik faz dönüşümü histerezis ile bağlantılıdır (Huibin, 1991).

ŞHA'larda sıcaklık martenzitik dönüşüm yoluyla döngüsel bir şekilde değiştirildiğinde bir histerezis döngüsü oluşur (Ortín ve Delaey, 2002). Dönüşüm sıcaklıkları ve histerezis genişlikleri alaşıma bağlıdır. Ayrıca mikro yapıya da bağlıdır ve kimyasal bileşimdeki bir değişiklikte değiştirilebilirler (Eggeler vd., 2004). Genel olarak, istenen ŞHE özelliklerini elde etmek için alaşım bileşimini değiştirmek, alaşımların tersinir martenzitik dönüşüm sıcaklıklarını ayarlamak için önemli bir yöntemdir (Yang vd., 2017). Tablo 1'de ŞHE sergileyen alaşımların bir kısmının dönüşüm sıcaklıkları ve diğer özelliklerinin yer aldığı bilgiler paylaşılmıştır. Bu alaşımlar arasında uygulama alanları bakımından en çok tercih edilenler NiTi alaşımları ve bakır esaslı alaşımlardır (Akdoğan ve Nurveren, 2003).

Östenit-martenzit ara fazı, dönüşüm sırasında yüksek tersinirlik sağlamak için tamamen tutarlı olduğundan, bir östenit kristalinin yönü ile komşu martenzit kristali arasında kesin bir ilişki vardır. Ek olarak, martenzitin simetri sırası, bir östenit tanesine karşılık gelen östenitinkinden daha düşük olduğundan, kristalografik olarak eşdeğer olan ancak farklı yönelimlere ve farklı kayma düzlemlerine sahip 24 martenzit varyantı geliştirilebilir. Simetri nedeniyle, bu değişkenler arasındaki ilişkiyi uygun bir şekilde açıklamak için grup teorisi uygulanabilir. Örneğin, grup teorisi ile DO_3 östenitten 18R martenzite dönüşümde habit düzlemi (martenzitik dönüşümde martenzit faz ile östenit fazı birbirinden ayıran düzlem) varyantlarının normal yönünün dağılımı ortaya koyulabilmektedir (Sun vd., 2012).

Tablo 1. ŞHE Sergileyen ŞHA'ların Özellikleri (Akdoğan ve Nurveren, 2003; Sato vd., 2006; Tadaki vd., 1988)

Alaşım	Kimyasal Bileşim	Dönüşüm Sıcaklık Aralığı (°C)	Yapısal Değişim	Yaklaşık Dönüşüm Histerezisi (°C)
Ag-Cd	44 - 49 %Cd	-190 ~ -50	B2 → 2H	15
Au-Cd	46.5 - 50 %Cd	30 ~ 100	B2 → 2H	15
Cu-Al-Ni	14 - 14.5 %Al 3 - 4.5 %Ni	-140 ~ 100	DO_3 → 2H	35

ŞEKİL HAFIZALI ALAŞIMLARIN FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİ VE ŞEKİL HAFIZA EĞİTİM SÜREÇLERİ

Cu-Sn	~15 %Sn	-120 ~ 30	DO ₃ → 2H, 18R	
Cu-Zn	38.5 - 41.5 %Zn	-180 ~ -10	B2 → M9R	10
Cu-Zn-X X=Si, Sn, Al, Ga	Az %X	-180 ~ 200	B2 (DO ₃) → 9R, M93 (18R, M18R)	10
In-Tl	18 - 23 %Tl	60 ~ 100	YMK → YMT	4
Ni-Al	36 - 38 %Al	-180 ~ 100	B2 → 3R	10
Ni-Ti	49 - 51 %Ni	-50 ~ 110	B2 → B19 B2 → R → B19	30
Fe-Pt	~25 %Pt	~ -130	Ll ₂ → HMK	4
Mn-Cu	5 - 35 %Cu	-250 ~ 180	YMK → YMT	25
Fe-Mn-Si	32 %Mn, 6 %Si	-200 ~ 150	YMK → HSP	100

ŞHA'larda ŞHE yeteneği, mekanik olarak uygulanan aşırı yükler sonucunda, yüksek uzama oranlarında, çok fazla termomekanik döngü gerçekleştirildiğinde veya yüksek sıcaklıklara maruziyet sonucunda kaybedilmektedir. Bu durumda kaybedilen ŞHE değil malzemenin orijinal şeklidir. ŞHA'lar çok sayıda martenzitik dönüşüme maruz kaldıklarında sapma her döngüde artış göstererek sonunda ŞHE'nin kaybolmasına neden olmaktadır (Rottiers vd., 2011).

Tek Yönlü Şekil Hafıza Etkisi

Tek Yönlü Şekil Hafıza Etkisi (TYŞHE), martenzit fazda deforme edilmiş bir ŞHA'nın östenit faza dönüşümü sonrası gerçekleşmektedir. Bu davranış, ŞHA'larda gözlemlenen termoelastik martenzitik dönüşümün kalıcı bir karakteristiğidir (Nurveren, 2008). ŞHA ikizlenmiş bir martenzit fazındayken, ikizlenme başlangıç geriliminden daha büyük veya ona eşit bir gerilme uygulayarak, baskın bir kristal yönelim oluşturulabilir. Bu durum, ŞHA'nın geometrisinde makroskobik bir "plastik" değişim ile sonuçlanmaktadır. Gerilme ortadan kaldırıldığında numune deformasyon öncesi şeklini geri kazanmayacaktır. Orijinal geometriye geri dönmek için (yani görünüşte plastik gerinimi geri kazanılabilmek için) nispeten yüksek bir sıcaklık değerine çıkarılan numune tamamen

östenit faza dönüştürülür ve deforme olmamış şeklini östenit fazda geri kazanır. Bu fenomen, TYŞHE olarak adlandırılmaktadır (Henrickson, 2014).

Sıcaklığın tekrar düşürülmesi sonucu martenzit faz durumuna geçecek olan ŞHA'lar östenit fazdaki geometrilerini koruma eğilimindedir. (Güdeloğlu, 2014). Martenzit fazdaki numuneye deformasyon uygulandığı taktirde geometri bozulmaktadır. Deformasyon sonrası oluşan geometri, numune östenit fazdaki bir sıcaklığa ısıtıldığında ortadan kaldırılarak numunenin tekrar orijinal şeklini kazanması mümkün olmaktadır (Soğuksu, 2006).

Çeşitli formdaki ŞHA'lar, ingot durumunda iken şekil hafıza kazanabilme yeteneğine sahiplerdir. Alaşımın hafızasına kazandırılmak istenen bir şekil için kesinlikle ısıl işlem prosedürleri ve yük (gerilme) uygulamalarını içeren termomekanik, mekanik veya termal şekil hafıza eğitimi gerekmektedir. Şekil hafıza eğitiminin ilk safhası çözeltiye alma işlemidir. İkinci safhada ise alaşım martenzit fazda iken deformasyona uğratarak, alaşıma kazandırılmak istenen şekil verilmektedir. Alaşımın yeni verilen şeklini koruyabilmesi için bir kalıbın içerisine yerleştirilerek ısıl işleme tabi tutulması gerekmektedir. Kalıp içerisine konulmasına müteakip ısıl işlem gerçekleştirilir ve alaşım suda soğutularak kalıptan çıkarılır. Suda soğutma sonucunda martenzit faz sıcaklığına ulaşan alaşım TYŞHE kazanmış bulunmaktadır (Dilibal, 2005).

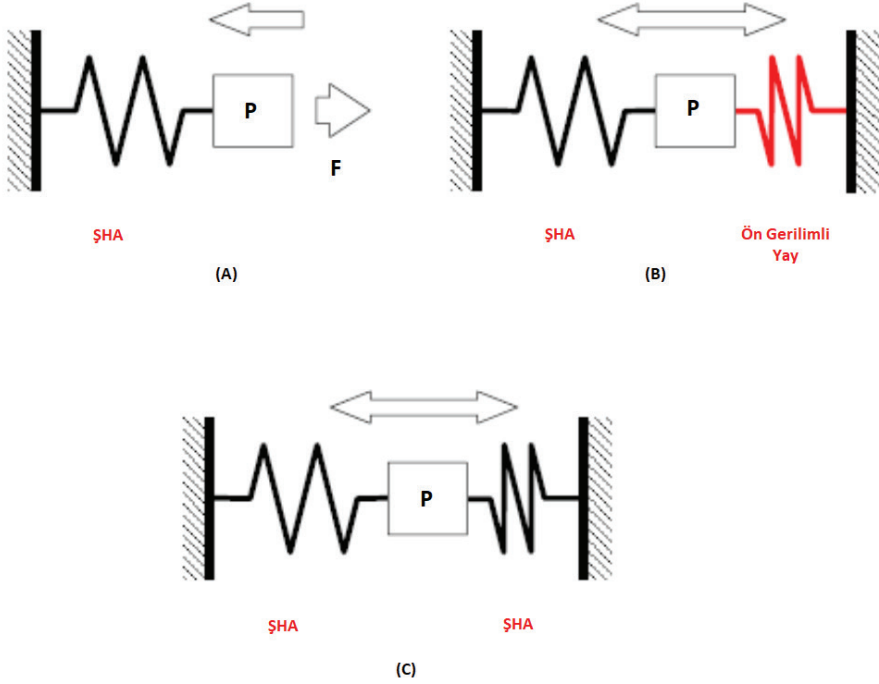
Çift Yönlü Şekil Hafıza Etkisi

Çift Yönlü Şekil Hafıza Etkisi (ÇYŞHE), östenit fazda yüksek sıcaklık şekli, martenzit fazda ise düşük sıcaklık şeklinin hafızasına sahip olma durumudur ve sıcaklığın değiştirilmesi sonucu oluşan martenzitik dönüşüm ile bu iki şekil arasında tekrarlanabilir bir şekilde dönüşüm sağlanabilmektedir (Urbina vd., 2010).

Bu konu üzerine gerçekleştirilen çalışmalar, tercihen yönlenmiş olan martenzit varyantların oluşumunu iki mekanizma ile açıklamaktadır. Bu mekanizmalar, yüksek sıcaklık fazının mikro yapısında martenzitin alıkonulması veya bu faz yapısında bir dizi dislokasyonların oluşmasıdır. Tercihli martenzit varyantlarının oluşmasında her iki durumunda etkisi oldukça yüksektir (Nurveren, 2008). Martenzitin düşük simetri

ŞEKİL HAFIZALI ALAŞIMLARIN FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİ VE ŞEKİL HAFIZA EĞİTİM SÜREÇLERİ

göstermesi nedeniyle aynı ana fazdan çok sayıda tercihli martenzit varyantı oluşabilmektedir. Sıcaklığın yükselmesi sonucunda kararsız martenzitik yapılar oluştuğu taktirde tersinir dönüşüm meydana gelir ve kristalografik olarak da dönüşüm tersinir ise martenzitler başlangıç oryantasyonlarındaki ana faza dönüşürler. Bu durum, atomların birbirleri ile uyumlu hareketlerine atfedilir (Altuğ, 2017). Birçok tasarımda (aktüatör gibi) ŞHA'ların tersinir özelliğinden yararlanılmaktadır (Şekil 5). ÇYŞHE özelliğine sahip bir aktüatör, yeniden yönlendirme kuvvetine ihtiyaç duymadan hem düşük sıcaklık hem de yüksek sıcaklık şekillerinin hatırlamasını mümkün kılmaktadır (Atli vd., 2013).

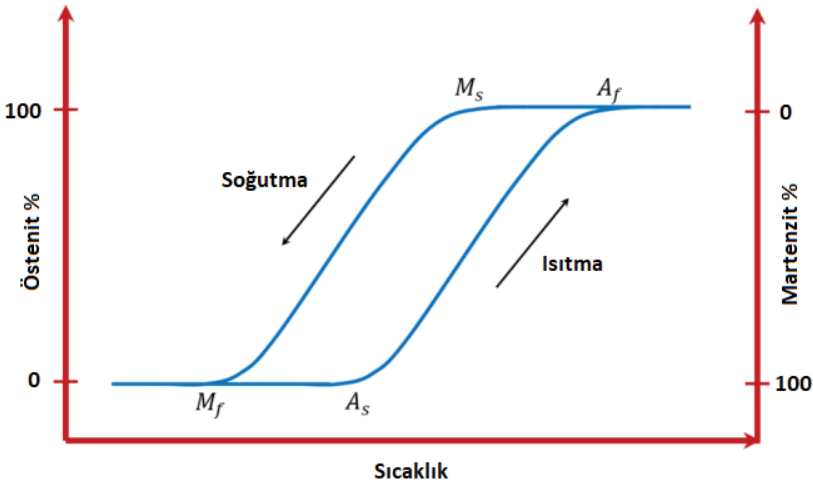


Şekil 5. (a) TYŞHE, (b) Öngerilmeli, (c) ÇYŞHE aktüatör (Huang vd., 2002)

ÇYŞHE ile stabilitesi yüksek ve kararlı şekil değişimi elde etmeyi sağlayan mikro yapısal gerilmeler üretmek amacıyla ısıl işlemler ve mekaniksel metotlar uygulanmaktadır. Bu amaçla, malzeme soğuk şekillendirilerek yapıda düzgün sıralı, yoğun martenzit tabakaları oluşturulmalıdır (Akdoğan ve Nurveren, 2003).

Süperelastik Davranış

Süperelastik davranış, ŞHA'ların yüksek deformasyon sonrası dışardan herhangi bir müdahale olmaksızın, oluşan deformasyonu geri kazanabilmesidir. ŞHA'lar sıcaklıktan bağımsız olarak (izotermal) A_f sıcaklığının üzerindeki bir sıcaklıkta deformasyona maruz kalırsa martenzitik dönüşüm mekanik olarak gerçekleşecektir. Bu martenzit tipi, gerilme esaslı martenzit olarak bilinmektedir (Kurgun, 2019). Hafıza etkisinin tek izotermal uygulaması olan süperelastik geri kazanım, potansiyel enerjinin nispeten büyük ancak geri kazanılabilir gerilmeler yoluyla depolanmasını içermektedir (Mehrabi, 2011). Bu özellik ile alaşımlarda kalıcı şekil değişimleri olmadan izotermal koşullar altında mekanik yüklenme/boşaltma sonucunda ilgili gerilme-gerinim histerezisi ile büyük gerinimler (yaklaşık %6-8) geri kazanılabilmektedir (Şekil 6) (Rao vd., 2015). SE davranışta faz dönüşümünü sağlayan itici güç kuvvet, ŞHE' de ise faz dönüşümünün itici gücü sıcaklıktır.



Şekil 6. Süperelastik ŞHA'larda Dönüşüm Sıcaklık Eğrisi (Mohammed vd., 2019)

ŞHA'ların sahip oldukları elastik ya da süperelastik özelliklerinden faydalanılarak tasarlanmış ve piyasaya sürülmüş birçok ürün vardır (Toptaş ve Akkuş, 2007). Özellikle biyomedikal alanda, ortodonti, or-

topedi, tıbbi aletler ve endovasküler uygulamalarda (stentler) başarıyla kullanılırken, ilaç dağıtım sistemleri ve ekstrasözal yapı iskelesinde yeni gelişmeler beklenmektedir (Concilio vd., 2021).

ŞEKİL HAFIZALI ALAŞIMLARIN EĞİTİM SÜREÇLERİ

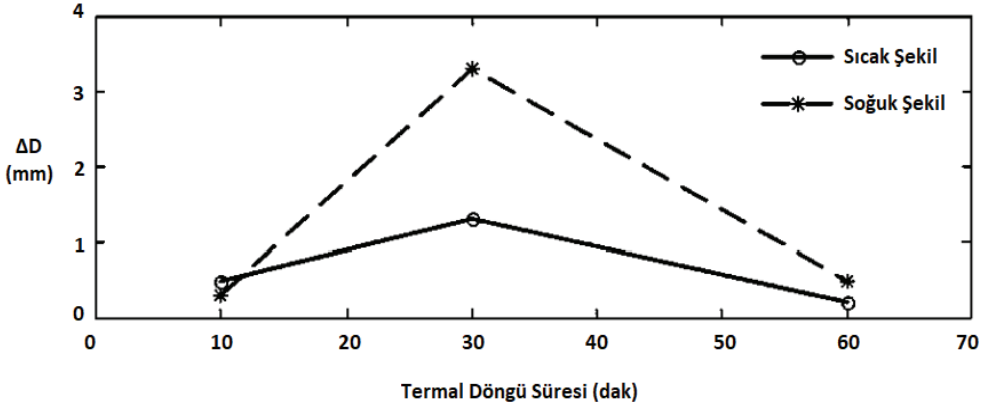
Hem sıcak bir şeklin hem de soğuk bir şeklin hafızasının alaşımın doğal bir özelliği olmadığı, bunun yerine “öğrenilmiş” veya “eğitilmiş” bir davranış olduğu iyi bilinmektedir. ÇYŞHE oluşturma süreci genellikle hammaddeye ısı işlem uygulanarak belli bir şeklin sıcak şekil olarak ezberlenmesi yani TYŞHE oluşturulması ile başlamaktadır (Luo vd., 2007). Ardından, termal, mekanik veya termomekanik eğitime dayanan çeşitli eğitim yöntemleriyle ÇYŞHE elde edilebilmektedir.

ŞHA’larda eğitim, histerezis yanıtı tutarlı ve aynı hale gelene kadar malzemenin tekrar tekrar yüklenmesi ve boşaltılması prosedürünü ifade etmektedir (Ansari vd., 2018). Dönüşüm sıcaklığı ve histerezis genişliğinde değişme ile makroskobik dönüşüm zorlanmasında azalmayla sonuçlanabilecek eğitim için optimal şartları belirlemek zordur. Eğitim döngüsü (çevrim) sayısı yetersiz ise çift yönlü “kararsız” SHE oluşur. Aşırı eğitim döngüsü ise eğitimin verimini azaltan istenmeyen etkiler oluşturmaktadır (Kaya vd., 2016). Bu nedenle, ÇYŞHE eğitime yönelik literatürde farklı prosedürler bulunmaktadır. Bu çalışmada geliştirilen eğitim döngüleri ve birbirlerine olan üstünlükleri değerlendirilmiştir.

Termal Eğitim

TYŞHE kazandırılmış alaşımlar belirli bir geometriye gerilme uygulanarak kenetlendirilip ardından bir süre ısı işleme maruz bırakıldığında ve bu işlem art arda (döngüsel olarak) tekrarlandığında “yeniden ısıtma” işlemiyle ÇYŞHA eğitimi gerçekleştirilmiş olmaktadır. ŞHA’ları eğitmek için gerçekleştirilen eğitim döngüsü sayısı, histerezis tepkisini stabilize edebilmek adına önemlidir (Taha vd., 2015). Belirli bir çap ya da uzunlukta tutucular ile sabitlenen ŞHA numuneler için literatürde önerilen eğitim amaçlı bekletilme süreleri 10-60 dakika (Şekil 7), bekletilme sıcaklığı aralıkları ise 400-600 °C’dir. İlk döngülerde deney numuneleri TYŞHE formlarını hatırlama eğiliminde iken artan döngü sayıları (100

tekrar ve üzeri) beraberinde ÇYŞHE'nin stabilize edilmesi için yeterli olabilmektedir. Uzun tekrarlı eğitimlerde ise ÇYŞHE ile kazandırılan şekil baskın olurken TYŞHE'nin zarar görmesi kaçınılmazdır (Huang ve Toh, 2000).



Şekil 7. Termal Döngüler ile ÇYŞHE Stabilizasyonu (Huang ve Toh, 2000)

Termal döngü sırasında uygulanan gerilme seviyesi, eğitilen malzemenin genel şekil hafıza davranışını tanımlayan bir diğer önemli parametredir. Düşük bir gerilme, termal döngü sırasında martenzit varyantlarını tamamen yeniden yönlendirmek için yeterli olmayabilir ve bu nedenle güçlü bir eğitim etkisine neden olmayabilir; yüksek gerilmeler ise martenzit stabilizasyonu ile sonuçlanan plastik deformasyona neden olabilirken, esasen dönüşüm hacminin miktarını azaltır (Karakoç vd., 2020).

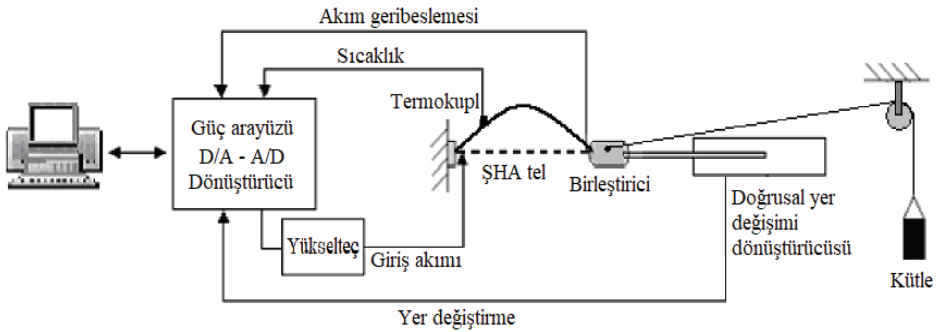
Mekanik Eğitim

ÇYŞHE'nin pratik olarak elde edilmesinde mekanik yöntem en uygun süreçlerden birisidir. Alaşımların B19 veya B2 fazlarında yüksek deformasyona maruziyetleri ile ÇYŞHE kazandırmaya yönelik süreç tamamlanmaktadır. ŞHA'lara mekanik yöntem kullanılarak gerçekleştirilen yüksek deformasyon, basma, eğilme, haddeleme ve çekme gibi mekanik kuvvetler yardımıyla sağlanabilmektedir. Mekanik yöntem sırasında meydana gelen yüksek oranda plastik gerinimler ve homojen

olmayan iç gerilme alanları ÇYŞHE'yi olumsuz etkilemektedir. Eğitim yönteminin düşük oranlarda (yaklaşık olarak %1-2) ÇYŞHE sağlıyor olması, yüksek deformasyonun meydana getirdiği olumsuz iç yapı ve elde edilen ÇYŞHE'nin ticari uygulamalara yanıt verecek düzeyde olmaması sebebiyle ŞHA'ların eğitilmesinde tercih edilmemektedir.

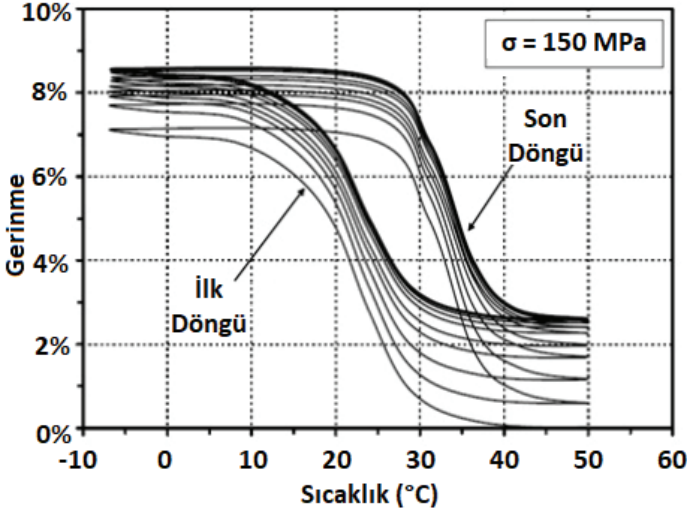
Termomekanik Eğitim

Termomekanik eğitim, alaşımlara sabit gerilme altında yükler uygulama (çekme, basma veya bükme işlemleri) sonrasında deforme edilen alaşımların B2→B19 veya B19→B2 martenzitik dönüşümlerini içeren döngülerin tekrarına dayanmaktadır. Termomekanik eğitim sürecinde (B2 ve B19 durumunda) alaşımlar mekanik yüklemeler sonucunda deforme edilmektedir (Şekil 8). Malzemenin plastik deformasyonu nedeniyle oluşan dislokasyonlar ve kristal yapı kusurları stabilize olarak sonraki faz geçişlerinde bozulmayan artık gerilmeleri sağlamaktadır. Yaklaşık 20-30 eğitim döngüsünden sonra, sabit bir ÇYŞHE gözlemlenebilmektedir.



Şekil 8. Termomekanik eğitim metoduna ait şematik görünüm (Luo vd., 2007)

Termomekanik eğitimler sırasında yük uygulanan gerilme seviyeleri ve yüklerin uygulanma şekilleri, döngü (çevrim) sayıları, ısıl işlem süreleri ve sıcaklıkları, stabilitesi yüksek ÇYŞHE elde edilmesinde önemli parametrelerdir (Şekil 9). ÇYŞHE'nin maksimum değerinde elde edilmesi için gerçekleştirilen çalışmalarda, alaşımlara yük uygulama fazı (B2 veya B19) ve çevrimlerdeki faz geçişlerine bağlı olarak çeşitli termomekanik eğitim metodları geliştirilmiştir. Literatürde ve ticari uygulamalarda en sık tercih edilen termomekanik eğitimler Tablo 2'de verilmiştir.



Şekil 9. Termomekanik Eğitimin Çevrimlere Bağlı olarak ÇYŞHE Üzerindeki Etkileri (Taha vd., 2015)

Tablo 2. ÇYŞHE için Uygulanan Termomekanik Eğitim Yöntemleri (Luo vd., 2007)

Eğitim	Eğitim Prosedürü
Şekil Hafıza Döngüsü	Numune M_f sıcaklığının altına soğutulur. Martenzit fazda istenen şekil uygulanır. Yük (gerilme) ortadan kaldırılır. Numune A_f sıcaklığının üzerindeki bir sıcaklığa ısıtılır. Yukarıdaki adımlar döngüsel olarak tekrarlanır.
Süperelastik Döngü	Numune süperelastik davranışın beklendiği A_f 'nin üzerinde ve M_d 'nin altındaki bir sıcaklığa ısıtılır. Östenit fazda istenen şekil uygulanır. Yük (gerilme) ortadan kaldırılır. İkinci ve üçüncü adımlar döngüsel olarak tekrarlanır.

ŞEKİL HAFIZALI ALAŞIMLARIN FONKSİYONEL ÖZELLİKLERİ VE ŞEKİL HAFIZA EĞİTİM SÜREÇLERİ

Birleşik (ŞHE ve SE) Döngü Numune süperelastik davranışın beklendiği A_f 'nin üzerinde ve M_d 'nin altındaki bir sıcaklığa ısıtılır. Östenit fazda istenen şekil uygulanır. Yük (gerilme) ortadan kaldırılmadan numune M_f 'nin altındaki bir sıcaklık değerine soğutulur. Yük (gerilme) ortadan kaldırılır. Yukarıdaki adımlar döngüsel olarak tekrarlanır.

Martenzitin Kısıtlanmış Döngüsü Numune M_f sıcaklığının altına soğutulur. Martenzit fazda istenen şekil uygulanır. Yük (gerilme) ortadan kaldırılmadan, numune kısıtlı durumda iken M_f ve A_f sıcaklıklarına ısıtılıp soğutulur. Üçüncü adım döngüsel olarak tekrarlanır.

Gerilme Kaynaklı Martenzit Yaşlandırması Numuneye kazandırılmak istenen şekil oda sıcaklığında yaklaşık 150-300 MPa gerilme aralığında uygulanarak sabitlenir. Numune sabit sıcaklıkta (150-500 °C) uzun süreli (2-12 saat) bekletilerek yaşlandırma ısıl işlemi gerçekleştirilir. Numune oda sıcaklığına soğutulur ve yük (gerilme) ortadan kaldırılır. Yukarıdaki adımlar döngüsel olarak tekrarlanır.

Şekil hafıza döngüsü, TYŞHE özelliğine sahip alaşımların M_f 'den daha düşük sıcaklık değerlerinde istenilen geometriye yük uygulanarak sabitlenmesi ve beraberinde uygulanan gerilmenin ortadan kaldırılarak A_f 'nin üzerindeki bir sıcaklık değerine ısıtılması işlemi kapsamaktadır. Benzer şekilde TYŞHE kazandırılmış alaşımlara uygulanan Süperelastik döngüler ise A_f 'nin üzerindeki bir sıcaklık değerinde yük (gerilme) uygulanması ve gerilmenin ortadan kaldırılması ile gerçekleştirilmektedir. Bu eğitim metodunun şekil hafıza döngüsü eğitiminden farkı, gerilme maruziyeti numunenin martenzit yerine östenit faz yapısında gerçekleşiyor olmasıdır. Süperelastik döngüler sonucunda eğitilen numunelerde, eğitim sırasında oluşan dislokasyon yapıları ÇYŞHE'nin oluşumunda en önemli etkidir. Birleşik döngü ile ÇYŞHE eğitimlerinde numunelere A_f 'nin üzerindeki bir sıcaklık değerinde yük uygulanır ve uygu-

lanan gerilme ortadan kaldırılmadan alaşım M_f 'den daha düşük sıcaklık değerlerine soğutulur. Martenzitik dönüşüm gerçekleştirildiğinde alaşıma uygulanmış olan gerilme ortadan kaldırılır ve tekrarlanan döngüler ile ÇYŞHE eğitimi sonlandırılmaktadır. Martenzitin kısıtlanmış döngüsü ile elde edilen ÇYŞHE'de numuneler M_f 'den daha düşük bir sıcaklık değerine soğutulmakta ve martenzit fazda çift yönlü olarak kazandırılmak istenilen forma kısıtlanmaktadır. Eğitim sırasında ortaya çıkan dislokasyon yapısı, martenzitik dönüşümler sırasında sıcaklığın artmasıyla tavlanylabilir ve ÇYŞHE oluşumunu doğrudan etkilemektedir. Gerilme kaynaklı martenzit yaşlanması genellikle tek kristalli alaşımların eğitilmesinde tercih edilmektedir. Bu eğitim metodu ile ŞHA'lar, belli gerilme aralıklarında (150-300 MPa) çift yön kazandırılmak istenilen şekillerine sabitlenerek sabit bir sıcaklıkta (150-500 °C) uzun süreli (2-12 saat) yaşlandırma işlemine tabi tutulmaktadır. Yaşlanma işlemi sonrası ŞHA'lar oda sıcaklığına soğutulmakta ve soğutma sonrası eğitim metodu tekrarlanmaktadır. Gerilme kaynaklı martenzit yaşlanması metodunda, yüksek sıcaklığın yanı sıra yüksek gerilme değerleri de martenzit dönüşüm sıcaklıklarını etkilemektedir. Artan gerilme değerleri ile A_s ve M_f sıcaklıkları önemli ölçüde düşerek $A_s < M_s$ oluşumuna sebebiyet vermektedir. Bu durum, martenzitik dönüşümde yüksek enerji birikimini meydana getirmekte ve ters martenzitik dönüşümü tetiklemektedir.

Termomekanik eğitim yöntemlerinin arkasındaki prensip, eğitim sırasında üretilen, ancak dış gerilmelere ihtiyaç duymadan dönüşüm sırasında yapıya benzer martenzit varyantlarını indükleyen iç gerilme alanlarının oluşumunu içermektedir. Bu gerilmeler, termomekanik eğitim sırasında üretilen dislokasyon dizileri gibi mekanizmalar, stabilize edilmiş gerilme kaynaklı martenzit tutulan martenzit simetrisi, nokta kusurları veya hizalanmış tutarlı çökeltiler tarafından oluşturulabilmektedir. Eğitim prosedürleri sırasında geliştirilen dahili gerilmeler, ÇYŞHE kararlılığını ve verimliliğini belirlemektedir (Benafan vd., 2012).

Alaşımlara ÇYŞHE kazandırmak için gerçekleştirilen termomekanik eğitimlerde kararlı bir yapı elde edilmesi yaklaşık 20-30 döngüsel tekrara dayanmaktadır. Artan döngü sayıları ile dislokasyon ve çökeltilerin oluşmasıyla geri dönüşü olmayan kusurlar meydana gelmektedir. Martenzit fazda uygulanan yüksek gerilme oranları plastik deformasyona

sebebiyet vererek elde edilecek ÇYŞHE oranını azaltabilmektedir. Dislokasyon yoğunluğunun mikroyapıdaki martenzit varyantlarının yeniden yönlendirilmesini engellemesiyle ÇYŞHE zayıflamaktadır. Termomekanik eğitim sırasında uygulanan gerilmelerin büyüklüğü, numunelerin martenzitik dönüşüm sıcaklıklarını değiştirebilmektedir. Çökeltilerin yönelimleri ÇYŞHE oranını artıran bir etken olabilirken, tercih edilen yüksek yaşlandırma sıcaklıkları martenzitik dönüşüm sıcaklıklarının değişmesine neden olarak ÇYŞHE oranını olumsuz etkilemektedir.

SONUÇ

Çoğu durumda, ŞHA'lar hammadde olarak, yani şekil hafızasız olarak tedarik edildiğinden tek ve çift yönlü ŞHE kazandırmaya ve alaşımları eğitmek amacıyla prosedürler geliştirmeye ihtiyaç vardır. Prosedürlerin geliştirilmesi için ise malzemenin mekanik özelliklerini bilmek ve dönüşüm davranışlarını gerçekleştirme şartlarını anlamak mutlaka gereklidir. Bu çalışmada, ŞHA'ların fonksiyonel özellikleri ve martenzitik dönüşümü üzerine bilgiler verilmiştir. Bu bilgiler dahilinde tek ve çift yönlü ŞHE eğitimi prosedürlerine çalışmada yer verilerek eğitimlerin martenzitik dönüşüm ve kristalografi ile bağıntısı ele alınmıştır.

KAYNAKÇA

Akdoğan, A., ve Nurveren, K. (2003). Şekil Hafızalı Alaşımlar. *Mühendis ve Makina*, 44(521), 35-44.

Altuğ, G. S. (2017). Nikel-Titanyum Alaşımlarının Katmanlı İmalat Teknolojisi ile Üretimi, Karakterizasyonu ve Özelliklerinin incelenmesi. Doktora Tezi, *Gedik Üniversitesi*.

Ansari, M., Fahimi, P., Baghani, M., and Golzar, M. (2018). An Experimental Investigation on Training of NiTi-Based Shape Memory Alloys. *International Journal of Applied Mechanics*, 10(04), 1850040.

Asanovic, V. D., Delijic, K. H., Leka, Z. B., and Bosnjak, B. (2004). The Effect of Heat Treatment on the Martensitic Transformation and Properties of Cu-Zn-Al Alloy. *Journal of the Mechanical Behavior of Materials*, 15(4-5), 219-238.

Atli, K., Karaman, I., Noebe, R., Gaydosh, D. (2013). The Effect of Training on Two-Way Shape Memory Effect of Binary NiTi and NiTi Based Ternary High Temperature Shape Memory Alloys. *Materials Science and Engineering A*, 560, 653-666.

Benafan, O., Padula, S., Noebe, R., Sisneros, T., and Vaidyanathan, R. (2012). Role of B19' Martensite Deformation in Stabilizing Two-Way Shape Memory Behavior in NiTi. *Journal of Applied Physics*, 112(9), 093510.

Concilio, A., Antonucci, V., Auricchio, F., Lecce, L., and Sacco, E. (2021). *Shape Memory Alloy Engineering: For Aerospace, Structural, and Biomedical Applications*. Butterworth-Heinemann.

Dağ, S. (2019). Ni-Mn-Sn Şekil Hafızalı Alaşımların Termal ve Elektriksel Özelliklerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Gazi Üniversitesi*.

Dilibal, S. (2005). Nikel-Titanyum Şekil Bellekli Alaşım Üretimi Ve Şekil Bellek Eğitimi. Doktora Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi*.

Eggeler, G., Hornbogen, E., Yawny, A., Heckmann, A., and Wagner, M. (2004). Structural and Functional Fatigue of NiTi Shape Memory Alloys. *Materials Science and Engineering: A*, 378(1-2), 24-33.

Emre, A., ve Oktay, T. (2018). Havacılık Ve Uzay Uygulamalarında Şekil Hafızalı Alaşımlar. *Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7(1), 335-349.

Gaikwad, P., Sayeed, M. A., and Sonkamble, A. (2016, 11-12 March). Shape Memory Alloys: a Review. *International Journal of Innovations in Engineering, Research and Technology*.

Grgurić, T. H., Manasijević, D., Kožuh, S., Ivanić, I., Anžel, I., Kosec, B., Bizjak, M., Govorčin Bajsić, E., Balanović, Lj., Gojić, M. (2018). The Effect of the Processing Parameters on the Martensitic Transformation of Cu-Al-Mn Shape Memory Alloy. *Journal of Alloys and Compounds*, 765, 664-676.

Güdeloğlu, S. (2014). Cu-Al-Mn Şekil Hafızalı Alaşımında Yaşlandırmanın Fiziksel Özellikler Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, *Fırat Üniversitesi*.

Gürlük, G. (2009). Niti Hafızalı Alaşım Şekilli Film Kaplamaların Üretilmesi ve Karakterizasyonu. Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Teknik Üniversitesi*.

Güven, S. (2020). Yüksek Sıcaklık, Yaşlandırma ve Kriyojenik Koşulların Nikel-Titanyum Şekil Hafızalı Alaşımların Mekanik Özelliklerine ve Faz Dönüşüm Sıcaklıklarına Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. *Karabük Üniversitesi*.

Güven, S., Altın Karataş, M., Gökkaya, H., ve Akınay, Y. (2022a), Experimental Investigation of the Effects of Aging and Cryogenic Treatments on the Mechanical Properties of Superelastic Nickel-Titanium Shape-Memory Alloys. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineering Part C*, 236(12), 6752-6759.

Güven, S., Altın Karataş, M., Gökkaya, H., ve Akınay, Y. (2022b). Süperelastik NiTi Şekil Hafızalı Alaşımların Mekanik Özelliklerine Yüksek Sıcaklık ve Yaşlandırma Isıl İşleminin Etkisi. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 13(1), 27-34.

Hayrettin, C., Karakoc, O., Karaman, I., Mabe, J., Santamarta, R., and Pons, J. (2019). Two Way Shape Memory Effect in NiTiHf High Temperature Shape Memory Alloy Tubes. *Acta Materialia*, 163, 1-13.

Henrickson, J. V. (2014). Characterization of Shape Memory Alloys using Artificial Neural Networks. Master of Science, *Texas A&M University*.

Huang, W., and Toh, W. (2000). Training Two-Way Shape Memory Alloy by Reheat Treatment. *Journal of Materials Science Letters*, 19(17), 1549-1550.

Huang, W. (2002). On the Selection of Shape Memory Alloys for Actuators. *Materials and Design*, 23(1), 11-19.

Huubin, Xu. (1991). Temperature Hysteresis in Shape Memory Alloys. *Chinese Physics Letters*, 8(5), 251.

Jani, J. M., Leary, M., Subic, A., Gibson, M. A. (2014). A Review of Shape Memory Alloy Research, Applications and Opportunities. *Materials and Design*, 56, 1078-1113.

Janke, L., Czaderski, C., Motavalli, M., and Ruth, J. (2005). Applications of Shape Memory Alloys in Civil Engineering Structures - Overview, Limits and New Ideas. *Materials and Structures*, 38(5), 578-592.

Karakoc, O., Atli, K., Evirgen, A., Pons, J., Santamarta, R., Benafan, O., Nobebe, R. D., and Karaman, I. (2020). Effects of Training on the Thermomechanical Behavior of NiTiHf and NiTiZr High Temperature Shape Memory Alloys. *Materials Science and Engineering: A*, 794, 139857.

Kaya, M., Çakmak, Ö., Saygılı, T. Y., and Atli, K. C. (2016). Şekil Hafızalı Alaşımlarda Martensitik Faz Dönüşümü ve Şekil Hafıza Mekanizması. *Selcuk University Journal of Engineering Sciences*, 15(3), 157-172.

Kurgun, M. A. (2019). CuAlMnFe Şekil Hafızalı Alaşımlarda Yaşlanmanın Karakteristik Dönüşüm Sıcaklıkları ve Kinetik Parametreler Üzerine Etkisinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, *Mersin Üniversitesi*.

Li, B., Shen, Y., and An, Qi. (2020). Structural Origin of Reversible Martensitic Transformation and Reversible Twinning in NiTi Shape Memory Alloy. *Acta Materialia*, 199, 240-252.

Luo, H., Abel, E. W. (2007). A Comparison of Methods for the Training of NiTi Two-Way Shape Memory Alloy. *Smart Materials and Structures*, 16(6), 2543.

Mehrabi, K. (2011). Characterization and Optimization of the Two-Way Effect in Melt-Spun NiTi-Based Shape Memory Alloys. Doktora Tezi, *University of Leoben*.

Miyazaki, S., Otsuka, K., and Suzuki, Y. (1981). Transformation Pseudoelasticity and Deformation Behavior in a Ti-50.6 at% Ni Alloy. *Scripta Metallurgica*, 15(3), 287-292.

Mohammed, S. S., Mediha, K., Qader, I. N., and Dağdelen, F. (2019). The Developments of Piezoelectric Materials and Shape Memory Alloys in Robotic Actuator. *European Journal of Science and Technology*, (17), 1014-1030.

Nurveren, K. (2008). NiTi Alaşımında Şekil Hafıza Etkisinin İyileştirilmesi. Doktora Tezi, *Yıldız Teknik Üniversitesi*.

Ortın, J., and Delaey, L. (2002). Hysteresis in Shape-Memory Alloys. *International Journal of Non-Linear Mechanics*, 37(8), 1275-1281.

Otsuka, K., and Wayman, C. M. (1998). *Shape Memory Materials*. Cambridge University Press.

Oudich, A., and Thiebaud, F. (2016). A Two-Way Shape Memory Alloy-Piezoelectric Bimorph for Thermal Energy Harvesting. *Mechanics of Materials*, 102, 1-6.

Pang, G., Jin, M., Zuo, S., and Jin, X. (2019). Martensitic Transformation and Superelasticity in Au₇Cu₅Al₄ Shape Memory Alloy Microwires. *Intermetallics*, 112, 106527.

Rao, A., Srinivasa, A. R., and Reddy, J. N. (2015). *Design of shape memory alloy (SMA) actuators*, Springer.

Rottiers, W., Van den Broeck, L., Peeters, C., and Arras, P. (2011). Shape Memory Materials and Their Applications. *Samara State Aerospace University*, 1-12.

Sato, A., Kubo, H., and Maruyama, T. (2006). Mechanical Properties of Fe-Mn-Si Based SMA and the Application. *Materials Transactions*, 47(3), 571-579.

Shaw, J. A., Kyriakides, S. (1995). Thermomechanical Aspects of NiTi. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, 43(8), 1243-1281.

Shuitcev, A., Vasin, R. N., Fan, X. M., Balagurov, A. M., Bobrikov, I. A., Li, L., Golovin, I. S., Tong, Y. X. (2020). Volume Effect upon Martensitic Transformation in Ti₂₉. 7Ni₅₀. 3Hf₂₀ High Temperature Shape Memory Alloy. *Scripta Materialia*, 178, 67-70.

Soğuksu, A. K. (2006). Şekil Hatırlamalı Cu-Al-Ni ve Cu-Zn-Al Alaşımların Üretilmesi ve Özelliklerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi*.

Sun, L., Huang, W. M., Ding, Z., Zhao, Y., Wang, C. C., Purnawali, H., Tang, C. (2012). Stimulus-Responsive Shape Memory Materials: a Review. *Materials and Design*, 33, 577-640.

Tadaki, T., Otsuka, K., and Shimizu, K. (1988). Shape Memory Alloys. *Annual Review of Materials Science*, 18(1), 25-45.

Taha, O., Bahrom, M. B., Taha, O. Y., and Aris, M. S. (2015). Experimental Study on Two Way Shape Memory Effect Training Procedure for Nitinol Shape Memory Alloy. *ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences*, 10(17), 7847-7851.

Taştan, H. C. (2022). Training Effect on the Two-Way Shape Memory Behavior of NiTiHf High Temperature Shape Memory Alloy. Yüksek Lisans Tezi, *Hacettepe Üniversitesi*.

Toptaş, E., ve Akkuş, N. (2007). Şekil Hafızalı Alaşımlar ve Endüstriyel Uygulamaları. *Makine Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 4, 15-22.

Traleski, A. V., Vurobi Jr, S., and Cintho, O. M. (2012). Processing of Cu-Al-Ni and Cu-Zn-Al Alloys by Mechanical Alloying. *Materials Science Forum*, 727-728, 200-205.

Urbina, C., De la Flor, S., Ferrando, F. (2010). R-phase Influence on Different Two-Way Shape Memory Training Methods in NiTi Shape Memory Alloys. *Journal of Alloys and Compounds*, 490(1-2), 499-507.

Urbina Pons, C. (2011). Improvement of the One-Way and Two-Way Shape Memory Effects in Ti-Ni Shape Memory Alloys by Thermomechanical Treatments. Doktora Tezi, *University of Rovira i Virgili*.

Van der Wijst, M. W. M. (1992). Shape Memory Alloys Featuring Nitinol. *Technische Universiteit Eindhoven*, 1992.085, 85-92.

Yang, S., Zhang, F., Wu, J., Lu, Y., Shi, Z., Wang, C., Liu, X. (2017). Superelasticity and Shape Memory Effect in Cu-Al-Mn-V Shape Memory Alloys. *Materials and Design*, 115, 17-25.

Yang, Y., Zhan, J. B., Li, B., Lin, J. X., Gao, J. J., Zhang, Z. Q., Ren, L., Castany, P., Gloriant, T. (2019). Laser Beam Energy Dependence of Martensitic Transformation in SLM Fabricated NiTi Shape Memory Alloy. *Materialia*, 6, 100305.

Yaşar, F. (2006). Thermomechanical Characterization of Ti-Rich TiNi Shape Memory Alloys H. Yüksek Lisans Tezi, *Middle East Technical University*.

Zhu, J., Wu, H-H., Wu, Y., Wang, H., Zhang, T., Xiao, H., Wang, Y., Shi, S-Q. (2021). Influence of Ni₄Ti₃ Precipitation on Martensitic Transformations in NiTi Shape Memory Alloy: R Phase Transformation. *Acta Materialia*, 207, 116665.

SİSTEM TEMELLİ KAZA ANALİZ VE RİSK DEĞERLENDİRME METODU: FRAM

Bilal MURAT¹, Ali Rıza MOTORCU²

Öz: İş güvenliği analizinde kullanılan metotlar gelişen teknoloji ile birlikte evrilerek günümüz sistemlerini analiz edebilmek için sistem tabanlı kaza analiz ve risk değerlendirme metotlarına dönüşmüşlerdir. Geleneksel modellerin günümüz kazalarını açıklamakta yetersiz kalması ile geliştirilen metotlardan bir tanesi olan ve son yıllara artan bir oranda araştırmalara konu olmaya başlayan Fonksiyonel Rezonans Analiz Metodu (FRAM) çalışma kapsamında incelenmiştir. FRAM geliştirdiği dört temel prensip çerçevesinde kazaların meydana gelişini sistem fonksiyonlarının tıpkı bir rezonansta olduğu gibi etkileşime girmesi sonucunda meydana geldiğini kabul ederek açıklamaktadır. Bu çerçevede yapılacak analizler (1) sistem fonksiyonların belirlenmesi, (2) fonksiyon sapsmalarının belirlenmesi, (3) fonksiyonların eşleşmesi ve (4) meydana gelen olayların yönetilmesi olmak üzere 4 aşamadan oluşmaktadır. Ayrıca fonksiyonları birbirileriyle etkileşimlerinin belirlenebilmesi için fonksiyonları “girdi, zaman, çıktı, kontrol, kaynak ve önkoşullar” gibi alt fonksiyonlara ayrılımı yapılarak fonksiyonların nasıl birbiriyle etkileşime girdiği modellenenilmektedir. Yapılan çalışma ile FRAM metodu ile yapılan çalışmaların derlenerek alanda yeni araştırmacılara ışık olunması ve araştırma eğilimlerinin tespit edilmesi amaçlanmıştır. Bu maksatla VOSviewer programı kullanılarak literatürün bibliyometrik analizleri yapılmış ve başlıca çalışma örnekleri özetlenmiştir. FRAM metodunun havacılık, sağlık, endüstriyel operasyonlar gibi birçok alanda kullanılmaya başlandığı ve son yıllarda

-
- 1 Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Çanakkale/Türkiye, e-mail: murratbilal@gmail.com , Orcid No: 0000-0002-1257-3039
 - 2 Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Çanakkale/Türkiye, e-mail: armotorcu@comu.edu.tr, Orcid No: 0000-0002-9129-8935

çalışma sayısında önemli oranda artış olduğu görülmüştür. Ayrıca FRAM çalışmalarının esneklik mühendisliği, sosyoteknik sistemler, kompleks sistemler, risk değerlendirmesi anahtar kelimeleri ile yakın ilişkisinin olduğu yapılan veri analizleri neticesinde tespit edilmiştir. Elde edilen bulgular neticesinde FRAM' in sistem fonksiyonlarını modelleyerek meydana gelebilecek değişimleri iyi olarak sergilediği ve başarılı sonuçlar verdiği sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Fonksiyonel Analiz Metodu, FRAM, Kaza Analizi, Risk Değerlendirmesi

GİRİŞ

İnsanlar ilk önceleri iş kazalarını, ilahi bir anlam katarak “Tanrının takdiri” olarak açıklamaya çalışmışlardır. Ancak endüstri devrimi ile bu anlayış, 1919 yılında ilk kaza modeli olan “kaza yatkınlık eğilimi” modelinin oluşturulması ile yerini bilimsel temelli yaklaşımlara bırakmıştır. Günümüz itibariyle oldukça yüksek bir sayıya ulaşan bu modeller ve metotlar gelişen teknoloji, teknik ve üretim yöntemleri ile birlikte gelişerek iş yerlerinde kazaların nasıl oluştuğunu açıklama çabasını sürdürmektedir (Fu vd, 2020).

Endüstri devriminden itibaren günlük hayatın artan oranda bir parçası haline gelen iş kazaları, analiz edilirken işlerin doğru planlandığı, çalışanların ise işleri olması gibi yerine getirdiği ve kazalara neden olan şeylerin planlanan proseste meydana gelen sapmalar veya hatalar nedeniyle oluştuğu kabulü ile gerçekleştirilmiştir (Hollnagel, 2012). Bu varsayımlar ile gerçekleştirilen geleneksel kaza analiz teorileri teknik sistemlerde meydana gelen kazaları açıklamakta başarılı olup iş kazalarını;

- Sistemin bir parçasında meydana gelen aksaklık neticesinde oluştuğu,
- Her kazanın kendine has kök nedenleri olduğu,
- Gerekli bilgiler/kanıtlar toplandığında bir analist tarafından kazaya neden olan etmenlerin anlaşılacağı ve
- Tespit edilen bu aksaklıkların ortadan kaldırılmasıyla gelecekte kazaların önüne geçilebileceği temeline dayandırılmıştır (Ham, 2021).

Bu çerçevede, bilimsel ve teknolojik alanda ki ilerlemeler paralelinde kaza analiz teorilerinin dayandığı prensipler ilk olarak doğrusal olarak faktörlerin etkileşimi ile kazaları açıklayan teorilerden (domino teorisi, vb.) kazaların da hastalıklar gibi meydana geldiğini savunan epidiyomolojik teorilere (...) yönelik bir gelişim aşamaları göstermiştir (Hollnagel ve Goteman, 2004). Ancak, organizasyonların iş güvenliği konusuna gösterdikleri olanca çabaya rağmen sadece basit durumlarda işe yaraması 1970'lerin sonlarına doğru risk değerlendirmesi, kaza incelemesi ve İSG yönetimi kapsamında basit lineer düşüncenin artık önemi yitirdiğinin kabul edilmesine neden olmuştur (Hollnagel, 2012) .

Bu kapsamda, geleneksel modellerin iş yeri güvenliğini sağlama ve günümüz koşullarına cevap vermede yetersiz kalması, teknolojinin çeşitlenmesi, sistemlerin karmaşılaşması ile insan makine etkileşimlerinde ki artış tüm sistemin bir bütün içerisinde ele alınmasını gerekli kılmış olup geleneksel yöntemler ile yapılan analizlerin beklenen doğru sonuçları vermemesine neden olmuştur (Ham, 2021; Grant vd, 2018). Böylelikle iş güvenliği-II (*Safety-II*) olarak adlandırılan ve performans değişkenliklerini proaktif tutumla yönetmeyi amaçlayan yaklaşımında içinde bulunduğu bir dönem ortaya çıkmıştır. Bu dönemde sistem parçalarının izole edilemediği, günlük işlerin esnek ve değişken olduğu ve performans değişkenliğinin hem başarıya hem de hataya götürebileceği kabul edilmektedir (Patriarca vd, 2017).

Bu yaklaşım, yoğun teknoloji, insan ve organizasyon etkileşimi gerektiren sosyoteknik sistemler olarak adlandırılan sistemlerin artması sonucunda ortaya çıkmış ve günümüz iş güvenliği sorunlarını çözmek üzere sistem tabanlı yöntemler kullanılmasını gerekli kılmıştır (Smith vd, 2017). Bu bağlamda, kazaların oluşumu üzerine yapılan incelemeler neticesinde kazaların sadece basit lineer nedenlerden kaynaklanmadığını, “kompleks ve etkileşim” içerisinde bulunan etkenlerden ileri geldiği sonucuna varılmıştır. Bu nedenle bir kazanın nedeninin anlaşılabilmesi “teknolojik, psikolojik, organizasyonel çevresel ve geçici” faktörlerinde dikkate alınarak yapılacak sentezlere ihtiyaç duymaktadır (Hollnagel, 2012). Ayrıca, böylesine kompleks sosyoteknik sistemler, hem kaza analizlerinde hem de risk değerlendirmelerinde sonuca ulaşabilmesi için

multidisipliner yaklaşım sergilenmesini gerekli kılmaktadır (Qureshi, 2007).

Gelinen bu aşamada sistem fonksiyonlarının dinamiklerini ve etkileşimini doğrusal olmayan bağımlılık ve performans değişikliği ile ele alan Sistemler-Teorik Kaza Modeli ve Süreci (STAMP), Kaza Yönetimim Çerçevesi, Normal Kaza Teorisi, Hata Modeline Drift ve Fonksiyonel Rezonans Analiz Metodu (FRAM) gibi metotlar ortaya çıkmıştır (Grant vd, 2018; Patriarca vd, 2017). Endüstri 4.0 hayatımıza girmeye başlaması ile birlikte özellikle üretim sektörünün daha da karmaşık hale gelmesi beklenmektedir. Böylelikle, FRAM gibi kompleks sistemleri açıklamakta başarılı sonuçlar veren sistem temelli metotların kullanımının artması beklenmektedir (Mofidi Naeini ve Nadeau, 2021).

Fonksiyonel Rezonans Analiz Metodu-FRAM

İş güvenliğinin, iş kazaları olarak kabul edildiği 2004 yılında “fonksiyonel kaza analiz modeli” olarak hem kaza analizi ve risk değerlendirmede kullanılmak üzere Erik Hollnagel tarafından geliştirilmiştir. 2012 yılına gelindiğinde ise modelden ziyade kompleks sistemleri analiz etmekte kullanılabilecek bir “metot” olarak revize edilerek “fonksiyonel rezonans analiz metodu” adını almıştır (R. Patriarca vd, 2020). Dayandığı 4 temel prensip (Tablo-1) ile kazaların oluşumunu, yürütülen günlük işlerin (*Work As Done-WAS*) başarılı olarak yerine getirilebilmesi için gerekli olan fonksiyonların eşleşmesi (*coupling*) neticesinde oluşan rezonans sonucunda oluştuğunu savunmaktadır. Rezonans terimini sadece bir benzeşim olarak kullanan Hollnagel, rezonansın meydana gelmesinde olduğu gibi küçük titreşimlerin sistemde yıkımlara neden olabileceğini, bu titreşimlerin ise gene sistem içerisinde var olan fonksiyonların doğrusal olmayan etkileşimleri neticesinde meydana geldiğini ifade etmektedir (Hollnagel ve Goteman 2004).

Başka bir ifade ile FRAM, araştırmacılara sistemin fonksiyonlarının birbirleri ile etkileşimlerini nasıl olduğunu modelleyerek araştırmacılara kompleks sistemleri çözmeye “zihin haritası” oluşturan (Slater vd, 2022), kaza analizi ve risk değerlendirilmesi yapmak üzere geliştirilmiş çift yönlü bir metot olarak tanımlanmaktadır (Hollnagel, 2012).

Kompleks sistemlerde fonksiyonlar arasındaki sıkı eşleşme ve ilişkilerin kolay takip edilememesi ve sistemin bir bütün olarak ele alınarak “sistem fonksiyonları arasında bulunan doğrusal olmayan ilişkiler ve farklı fonksiyonlar arasındaki etkileşimi” analiz etmekte kullanılmaktadır (Naeini ve Nadeau 2022).

Özetle; sistemi bir bütün olarak ele alıp iş kazalarını klasik neden sonuç ilişkisinden ziyade sistem fonksiyonlarının eşleşmesi ve bu eşleşmelerin tıpkı rezonans olduğu gibi ilk başta zayıf olan fonksiyonun diğer fonksiyonlar ile etkileşimi sonucunda oluşması nedeniyle rezonans metaforunu kullanarak açıklayan 4 aşamalı bir metottur (Smith vd, 2017) .

Tablo 1. FRAM Prensipleri

Prensip	Açıklaması
Hatalar ve başarılar eşittir	Her ikisi de aynı orijine sahip olup aynı nedenlerden dolayı hem başarı hem de hata meydana gelebilir.
Performans değişkendir	Günlük performans gelişen durumlara ayak uydurmak için değişmektedir.
Çıktı, beliren olaydır (emergent)	Sistemin çıktısı beklenen sonuçtan ziyade mevcut durum şartlarında ortaya çıkan ürün olarak adlandırılmalıdır.
Fonksiyonlar rezonans gibi etkileşir	Fonksiyonların ilişkisi sebep sonuç ilişkisinden ziyade özel etkileşimler (rezonans oluşumu gibi) sonucunda meydana gelmektedir.

FRAM, hataların ve başarıların aynı orijinden geldiğini savunarak “hataların doğasına odaklanmaktan ziyade günlük yaşamsal aktivelerin doğasına” odaklanarak olayların nasıl geliştiğini göstermeyi amaçlamaktadır. Bu nedenle hem kaza analizi hem de risk değerlendirme süreçlerinde kullanılabilir. Ancak FRAM olayların oluşları ile yorum yapmaksızın sadece oluşumunu göstermektedir (Hollnagel, 2012). Bu bağlamda, FRAM aşağıda açıklanan sıralı 4 adımda gerçekleştirilmektedir:

1. Sistem fonksiyonlarının tanımlanması,
2. Fonksiyonlarda meydana gelebilecek sapmaların belirlenmesi,
3. Fonksiyonların birbiri arasında ki eşleşmesi,
4. Fonksiyonların etkileşimi neticesinde meydana gelen rezonans sonucunda muhtemel olayların yönetilmesi

Sistem fonksiyonlarının neler olduğu belirlendikten sonra nasıl eşleştiklerinin ortaya konabilmesi için her bir fonksiyonun altı farklı özelliği şekil-1'deki gibi belirlenerek analize devam edilir (Hollnagel, 2012). Fonksiyonların modellenmesi ve görselleştirilmesi için FRAM Model Visualiser (FMV) programı ve bu modeli yorumlayabilmek için geliştirilmiş FRAM Model Interpreter (FMI) programı geliştirilerek açık kaynak erişimine sunulmuştur³ (FRAM 2022). Ayrıca "FRAMily meetings" adı ile yıllık olarak düzenlenen gayri resmi toplantılar ile FRAM geliştirmeleri devam etmektedir (FRAM 2022; R. Patriarca vd, 2020).

FRAM Kullanım Alanları

FRAM son zamanlarda endüstri uygulamalarında yer bulması ile birlikte artan bir kullanım oranına sahip olmaya başlamıştır (R. Patriarca vd, 2020). Geçmiş olayların/kazaların analizinde (retrostik analiz) hem de sistem risklerini belirleme/yönetme ve sistem davranışı modellemede (perspektif analizi) kullanılan FRAM, literatürde yapılan çalışmaların oldukça büyük bölümünü perspektif çalışmalar içermektedir (R. Patriarca vd, 2020). R. Patriarca vd (2020) 2012 yılına kadar neredeyse tek uygulandığı alan havacılık sektörü iken 2016 yılı itibarıyla oldukça yüksek bir sektör çeşitliliğine kavuştuğunu ve sağlık (%13,99), endüstriyel operasyonlar (%12,44), denizcilik (%8,81), demiryolu (%6,74), inşaat (%5,18) ve petrol sektöründe (%4,66) uygulanmaya başladığını ifade etmişlerdir. Ancak FRAM ile yapılan çalışmaların halen oldukça büyük çoğunluğunu havacılık sektörüne (%24,87) yönelik yapılan çalışmalar oluşturmaktadır. Ayrıca 2014 yılı itibarıyla FRAM çalışmalarının Avrupa kıtası dışına çıkarak daha evrensel bir hal almaya başladığını ifade etmişlerdir.

Web Of Science (WOS) ve Scopus veri tabanlarında alan ve kaynak farkı gözetmeksizin taranan tüm araştırmalar çalışma kapsamına alın-

3 <https://www.functionalresonance.com/>

arak incelenmiştir. İncelemeye dili İngilizce olan çalışmalar dahil edilmiştir. Gelişen iş yapılarında ki değişiklikler ile eş zamanlı olarak kullanımı artmaya başlayan sistem tabanlı FRAM analiz metodunun ilişkin yapılan çalışmaların derlenerek alana yeni araştırmacı ve sahada uygulayıcılara yol gösterici olması ve FRAM çalışma alanlarının analiz edilerek gelecekte yapılacak çalışmalara ışık tutması amaçlanmaktadır.

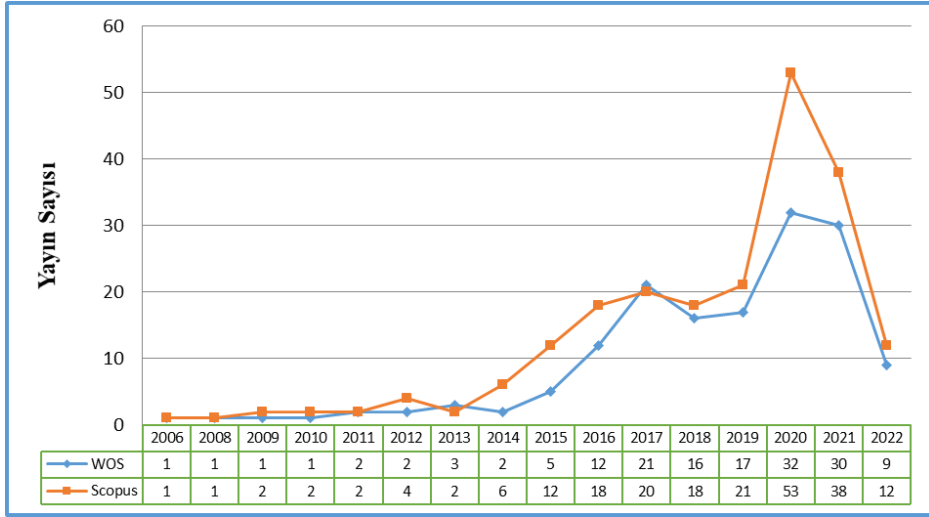
YÖNTEM

Web of Science ve Scopus veri tabanından “functional resonance analysis method “or” functional resonance accident model” arama kelimeleri kullanılarak Şubat 2022 ayı itibariyle tarama yapılmıştır. Yapılan aramada “FRAM” kısaltması diğer disiplinlerde de farklı ifadelerin kısaltması olarak kullanılması nedeniyle tasnif dışında tutulmuştur. Literatürde yapılan çalışmalardan istifade edilerek metoda yeni araştırmacıların bilgilendirilmesi maksadıyla FRAM’ in tanımlanması, dayandığı temel varsayım, analiz aşamaları anlatılmış ve araştırma sonuçlarından bazıları sonuçları ile birlikte derlenmiştir. Ayrıca derlenen çalışmaların elde ettiği sonuçlara göre FRAM’ in güçlü ve zayıf yanları tespit edilmiştir. Veri tabanlarından araması sonucunda elde edilen bibliyometrik veriler indirilerek VOSviewer (*versiyon 1.6.18*) programı vasıtasıyla her iki veri tabanı ayrı ayrı anahtar kelime, yayınların yapıldığı dergiler ve yazarların yayın dağılımı ve atıf sayılarına göre incelemesi yapılmıştır. Anahtar kelime ve yazarların analizleri yapılırken programla birlikte gelen “terms ve authours thesaurus” ayıklama dosyaları kullanılarak ayıklama yapılmıştır. Anahtar kelimelerin en az 2 defa tekrar etmesi durumunda analize dahil edilmiştir.

BULGULAR

FRAM ile yapılan çalışmaların 2015 yılından itibaren (Şekil-2) hızlı bir şekilde yoğunlaştığı görülmektedir. Bunlardan WOS veri tabanında 155, scopus veri tabanında ise toplam 212 adet çalışma yapıldığı görülmüştür. WOS veri tabanından yapılan araştırmalar (Şekil-3) incelendiğinde FRAM çalışmalarının en fazla esneklik mühendisliği (*resilience engineering*) ile yakın ilişkili olduğu görülmektedir. Ayrıca FRAM çalışma-

larının risk değerlendirmesi, kompleks ve sosyoteknik sistemlerin analizinde sıklıkla kullanıldığı görülmektedir. Ayrıca 5'ten fazla karşılıklı olarak bir arda kullanılma durumuna göre değerlendirildiğinde "kaza analizi, STAMP, güvenlik yönetimi, komplekslik, kompleks sistemler, esneklik, esneklik mühendisliği, sosyoteknik sistemler, iş güvenliği-II (Safety-II), iş güvenliği (Safety) ve risk değerlendirmesi" anahtar kelimeleri ile birlikte kullanıldığı görülmüştür.



Şekil 2. FRAM Çalışmalarını Yıllara Göre Dağılımı

Bu veri tabanında en fazla atıf alan ve yayın yapılan dergiler ise safety science (yayın:21, atıf:354), reliability engineering and system safety (yayın:17, atıf:490), cognition technology and work (yayın:11, atıf:159) ve applied ergonomics (yayın:10, atıf:80) olarak sonuçlanmıştır. Ancak safety science ve cognition technology and work dergilerinin daha yakın ilişkili olduğu görülmüştür.

Scopus veri tabanında yapılan analizlerde (şekil-4) ilave olarak güvenlik yönetimi ve risk değerlendirmesi anahtar kelimelerinin görece daha uzak ilişkisi olduğu görülmüştür. Ayrıca yayın yapılan dergilere ve atıf sayılarına bakıldığında safety science (yayın:22, atıf:437), reliability engineering and system safety (yayın:17, atıf:572), cognition technology and work (yayın:10, atıf:189) ve applied ergonomics (yayın:10,

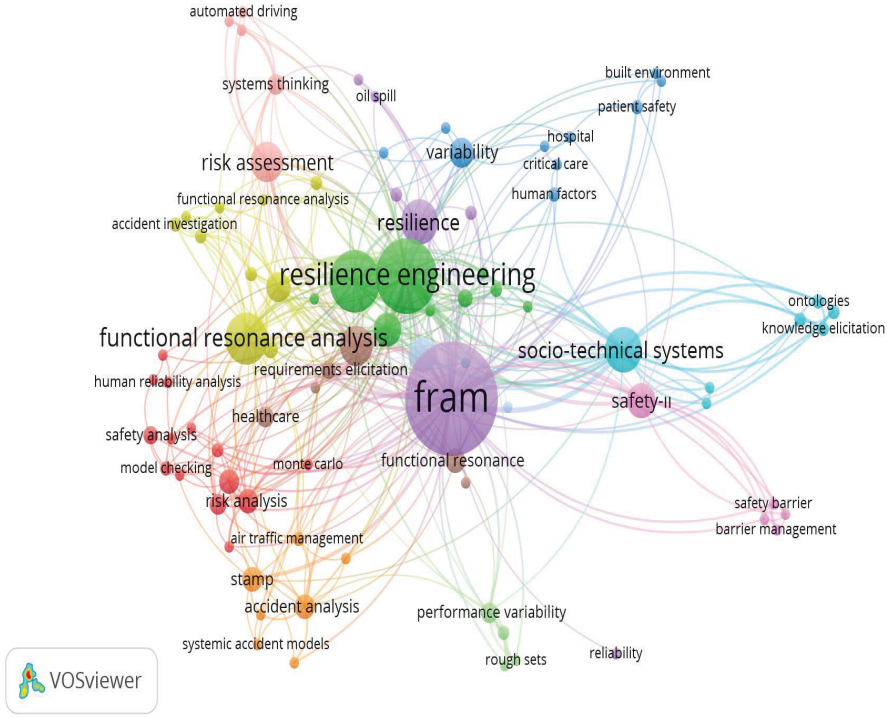
Tablo 2. Literatürde Yapılan Bazı Çalışma Örnekleri

Araştırmacı	Uygulanan Sektör	Araştırma Bulguları
Raben 2018	vd, Sağlık	Bir hastanede sepsis hastalığı erken teşhis sürecine yönelik FRAM analizi yapmışlardır. Sonucunda; daha önce göz ardı edilen etmenlerin kazaların oluşmasına sebebiyet verdiği tespit edilmiştir.
Kaya 2019	vd, Sağlık	Yeni doğan ünitesinde ilaç yönetiminde değişen koşullar altında sistem performansının nasıl etkilendiğini FRAM metodu kullanarak test etmişlerdir. Sonuç olarak, FRAM' in muhtemel performans değişikliğini anlamada oldukça başarılı sonuçlar ortaya koyduğunu tespit etmişlerdir.
Yang 2017	vd, Havacılık	FRAM tabanlı geliştirdikleri metot ile fonksiyon eşleşmeleri sonrasında "fonksiyonel rezonansın" nasıl meydana geliş süreci ve mekanizmasını anlamaya çalışmışlardır. Sonucunda; nasıl bir başarılı sistem tasarımı yapılabileceğini sistemin nasıl başarılı tasarım gelişimine ulaşacağını göstermiştir.
Patriarca 2018	vd, Sağlık	FRAM ile yapılan araştırmalara binaen daha etkin sonuçlar alınması amacıyla yaptıkları çalışmada yarı nitel çok katmanlı VIM (Variability Impact Matrix) bilgi teknolojisi ve istatistiğe dayalı yöntem geliştirmişlerdir. Çalışma neticesinde sağlık sektöründe iş güvenliğini karar mekanizmasını destekleyici olduğu sonucuna ulaşmışlardır.
Slater 2022	vd, Salgın ile mücadele yönetimi	Britanya'da covid-19 tedbirlerine karşı alınan tedbirlerin FRAM metodu ile analiz edilmesinde kullanılmıştır. Sonucunda ise sistem tasarımcılarına önemli oranda destek sağlayacağını bulmuşlardır.

Patriarca vd, 2017	Havacılık	Kompleks sistemlerdeki kritik fonksiyonların tanımlanması FRAM ve Monte Carlo simülasyonunu birlikte kullanmışlardır. Geliştirilen yöntem ile hangi fonksiyonun daha fazla değişkenliğe sahip olduğunu tespit edebilmişlerdir.
Carvalho 2011	Havacılık	“Normal değişkenlik şartlarında” orta irtifada meydana gelen uçak kazalarının FRAM metodu ile analiz edilmiştir. Sonucunda ise sistem işleyişinin derinlemesine anlaşılması ile kazaların önlenebileceği sonucuna varılmıştır.
Salehi 2022	vd, Sağlık	FRAM ile pekiştirilmiş öğrenme yönteminin birlikte kullanılarak sistem fonksiyonlarının daha iyi anlaşılması ve yeterli veri bulmanın zor olduğu kompleks sistemlerde işlevselliği araştırmanın etkili olacağı savunulmuştur. Sonucunda; sistemi olumsuz etkileyebilecek potansiyel rotların tespit edilebildiği ve farklı yönetim yapılarında sistem performansının değerlendirilebildiği sonucuna ulaşılmıştır.
Bal Beşikçi ve Şihmantepe 2020	Denizcilik	Geçmişte meydana gelen gemi kazasının FRAM metodu ile analizi yapılmıştır. Sonucunda; kaza nedenlerinin line/doğrusal olmadığı, durumsal farkındalığın kaza önlemede önemli rol üstlendiğini sonucuna varmışlardır.
Lee ve Chung 2018	Denizcilik	Fonksiyonlar arasında ki etkileşimin dinamik olması nedeniyle detaylandırılabilmesi ve bu etkileşimlerinin performans değişimine etkilerini belirlemek maksadıyla FRAM temelli insan-sistem etkileşimi yöntemiyle yeni kaza analiz metodu sunmuşlardır. Sonucunda; sistem ve insan etkileşiminden kaynaklı değişkenlikleri analiz edebildiği ve kazar mekanizmasının destekleyici kritik bölümleri önerdiği sonucunda varılmıştır.

Tablo 3. FRAM' in Güçlü ve Zayıf Yanları

Güçlü Yanları	Zayıf/Tartışılan Yanları
<p>Kompleks sosyoteknik sistemleri açıklamada başarılı olduğu, Nitel ve daha keskin sonuçlar verdiği (Naeini ve Nadeau 2022), Günlük yaşama uygulanabilirliğinin yüksek ve uygulayıcılara detaylı tavsiyelerde bulunabildiği (Faroqi vd, 2022), Gün geçtikçe yetersiz kaldığı farklı sistem fonksiyonlarının sistem performansına etkisini açıklamak gibi hususların giderilmeye başlaması ile karar vericilere sağladığı katkı ile sistem performansını artırabildiği (Salehi vd, 2022), Analistin tüm sistemi aynı anda görerek sistemin sürekli kendini mevcut durumlara karşı adapte ettiği olayları kavramasını sağladığı (Hollnagel 2012), Birden fazla etkenin ve “yumuşak” faktörlerin var olduğu bir sistemin analizinde başarılı sonuçlar elde ettiği ve sistem başarılarından sürekli öğrenmeyi sağladığı (Smith vd, 2017), Performans değişikliklerini görebilmesi nedeniyle uygulayıcılara inisiyatif almada katkı sağladığı ve eğitim aşamasında da katkı sağlayabileceği (Kaya vd, 2019) .</p>	<p>Belirli şartlar altında fonksiyonların nasıl eşleşeceğini ve hangi sıradahilinde olacağını göstermediği (Ham, 2021), Fonksiyon değişkenlerini tespit etmek zaman alıcı olduğu (Patriarca vd, 2018), Farklı fonksiyon rotalarının sistem performansı üzerine etkilerini kıyaslamada yetersiz kaldığı (Salehi vd, 2022), Bazı klasik yöntemlere göre daha fazla bilgiye ihtiyaç duyduğu (Smith vd, 2017),</p>



Şekil 4. Scopus Veri Tabanı Analizleri

SONUÇ

Kompleks sosyoteknik sistemlerin giderek daha fazla yaygınlaşması ve bu sistemlerde iş güvenliğinin sağlanabilmesi amacıyla kullanılan geleneksel kaza analiz ve risk değerlendirme metod ve modellerinin yetersiz kalması ile sistem tabanlı FRAM metodunun giderek yaygınlaşmaya başladığı görülmüştür. Bu çerçevede yapılan literatür derlemesinde;

- FRAM' sosyoteknik sistemlerde kaza ve risk değerlendirme metodu olarak kullanıldığı,
- Günümüz kompleks ve sosyoteknik sistemleri açıklamakta başarılı sonuçlar verdiği,

- Analizcilere sistem değişkenlerini göstererek daha doğru analiz yapmalarını sağladığı,
- Sistem fonksiyonlarını modelleyerek görselleştirdiği ve sistemin bir bütün olarak ele alınmasını sağladığı,
- Genel itibariyle esneklik mühendisliği ve sosyoteknik sistem, kompleks gibi anahtar kelimeler ile birlikte kullanıldığı,
- Kullanımının son yıllarda hızlı bir artış içerisinde olduğu ve uygulandığı sektörlerin çeşitlendiği,
- Yapılan bilimsel araştırmaların belirli akademik dergilerde ve araştırmacılar arasında yoğunlaştığı,
- FRAM modeli ve yorumlaması için geliştirilmiş proglamlar bulunduğu ve
- Metodun gelecekte gelişerek artan bir oranda kullanılacağı, sonuçlarına ulaşılmıştır.

Ayrıca, bir sosyo teknik sisteme ait fonksiyonların bir biri ile nasıl etkiledikleri görselleştirmesinin sağlanması nedeniyle daha başarılı iş güvenliği analizlerinin yapılabileceği değerlendirilmektedir. İş ortamlarında performans değişiklikleri nedeniyle meydana gelen sapmaların daha doğru tespit edilmesi sağlanabilecektir. Bu kapsamda günümüz iş ortamlarının ve iş şekillerinin daha etkin olarak değerlendirilmesini sağlayacağı değerlendirilmektedir.

KAYNAKÇA

Bal Beşikçi, Elif; Şihmantepe, Aydın (2020): Deniz Kazalarının Çözümlemesine Güncel Bir Bakış: FRAM Yöntemi ile Analiz Örneği. *Dokuz Eylül Üniversitesi Denizcilik Fakültesi Dergisi* 12 (Özel Sayı), 69-90. DOI: 10.18613/deu-dfd.740159.

Carvalho, Paulo Victor Rodrigues de (2011): The Use of Functional Resonance Analysis Method (FRAM) In A Mid-Air Collision To Understand Some Characteristics Of The Air Traffic Management System Resilience. *Reliability Engineering & System Safety* 96 (11), 1482-1498. DOI: 10.1016/j.res.2011.05.009.

Farooqi, A.; Ryan, B.; Cobb, S. (2022): Using Expert Perspectives To Explore Factors Affecting Choice Of Methods In Safety Analysis. *Safety Science* 146 (1-14). DOI: 10.1016/j.ssci.2021.105571.

Fu, Gui; Xie, Xuecai; Jia, Qingsong; Li, Zonghan; Chen, Ping; Ge, Ying (2020): The Development History Of Accident Causation Models In The Past

100 Years: 24 model, A More Modern Accident Causation Model. *Process Safety and Environmental Protection*,134. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2019.11.027>

Grant, Eryn; Salmon, Paul M.; Stevens, Nicholas J.; Goode, Natassia; Read, Gemma J. (2018): Back to the future: What Do Accident Causation Models Tell Us About Accident Prediction? *Safety Science* 104, p 99–109. DOI: 10.1016/j.ssci.2017.12.018.

Ham, Dong-Han (2021): Safety-II and Resilience Engineering in a Nutshell: An Introductory Guide to Their Concepts and Methods. *Safety And Health At Work* 12 (1), p 10–19. DOI: 10.1016/j.shaw.2020.11.004.

Hollnagel, Erik (2012): FRAM: *The Functional Resonance Analysis Method. Modelling Complex Socio-Technical Systems*. Farnham, Surrey, UK England, Burlington, VT: Ashgate.

Hollnagel, Erik; Goteman, Örjan (2004): The Functional Resonance Accident Model. *Proceeding Of The Cognitive Systems Engineering In Process Control*. Sendai, Japonya, 4-5 Kasim 2004: Tohoku University.

Kaya, Gulsum Kubra; Ovali, Husnu Fahri; Ozturk, Fatih (2019): Using The Functional Resonance Analysis Method On The Drug Administration Process To Assess Performance Variability. *Safety Science* 118, 835–840. DOI: 10.1016/j.ssci.2019.06.020.

Lee, Joohee; Chung, Hyun (2018): A New Methodology For Accident Analysis With Human And System Interaction Based On FRAM: Case Studies In Maritime Domain. *Safety Science* 109, 57–66. DOI: 10.1016/j.ssci.2018.05.011.

Mofidi Naeini, Alimeh; Nadeau, Sylvie (2021): FRAM and STAMP: New Avenue for Risk Analysis in Manufacturing in the Era of Industry 4.0. In : Frühjahrskongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft. Kongress der Gesellschaft für Arbeitswissenschaft. Bochum, Germany, 03-05.03.2021. 67 volumes.

Naeini, Alimeh Mofidi; Nadeau, Sylvie (2022): Application of FRAM to Perform Risk Analysis of the Introduction of a Data Glove to Assembly Tasks. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing* 74, 1-15. DOI: 10.1016/j.rcim.2021.102285.

Patriarca, Riccardo; Di Gravio, Giulio; Costantino, Francesco (2017): A Monte Carlo Evolution of the Functional Resonance Analysis Method (FRAM) to Assess Performance Variability in Complex Systems. *Safety Science* 91, 49–60. DOI: 10.1016/j.ssci.2016.07.016.

Patriarca, Riccardo; Falegnami, Andrea; Costantino, Francesco; Bilotta, Federico (2018): Resilience Engineering For Socio-Technical Risk Analysis: Application In Neuro-Surgery. *Reliability Engineering & System Safety* 180, 321–335. DOI: 10.1016/j.res.2018.08.001.

Qureshi, Zahid H. (2007): Systemic Safety And Accident Modelling Of Complex Socio-Technical Systems. Tony Cant (Ed.): *Proceedings of the twelfth Australian workshop on Safety critical systems and software and safety-related programmable systems* - Volume 86, vol. 86. Australia: Australian Computer Society Inc (ACM Digital Library), 47-59. <https://dl.acm.org/doi/proceedings/10.5555/1387040> .

R. Patriarca; G. Di Gravio; R. Woltjer; F. Costantino; G. Praetorius; Ferreira; E. Hollnagel (2020): Framing the FRAM: A Literature Review On The Functional Resonance Analysis Method. *Safety Science*, 129. DOI: 10.1016/j.ssci.2020.104827.

Raben, Ditte Caroline; Viskum, Birgit; Mikkelsen, Kim L.; Hounsgaard, Jeanette; Bogh, Søren Bie; Hollnagel, Erik (2018): Application Of A Non-Linear Model To Understand Healthcare Processes: Using The Functional Resonance Analysis Method On A Case Study Of The Early Detection Of Sepsis. *Reliability Engineering & System Safety* 177, 1-11. DOI: 10.1016/j.res.2018.04.023.

Salehi, V.; Tran, T. T.; Veitch, B.; Smith, D. (2022): A Reinforcement Learning Development Of The FRAM For Functional Reward-Based Assessments Of Complex Systems Performance. *International Journal of Industrial Ergonomics* 88. DOI: 10.1016/j.ergon.2022.103271.

Slater, David; Hollnagel, Erik; MacKinnon, Ralph; Sujan, Mark; Carson-Stevens, Andrew; Ross, Alistair; Bowie, Paul (2022): A Systems Analysis Of The COVID-19 Pandemic Response In The United Kingdom - Part 1 - The Overall Context. *Safety Science* 146. DOI: 10.1016/j.ssci.2021.105525.

Smith, Doug; Veitch, Brian; Khan, Faisal; Taylor, Rocky (2017): Understanding Industrial Safety: Comparing Fault tree, Bayesian network, and FRAM approaches. *Journal of Loss Prevention in the Process Industries* 45, 88-101. DOI: 10.1016/j.jl.2016.11.016.

Yang, Qibo; Tian, Jin; Zhao, Tingdi (2017): Safety is An Emergent Property: Illustrating Functional Resonance In Air Traffic Management With Formal Verification. *Safety Science* 93, p 162-177. DOI: 10.1016/j.ssci.2016.12.006.

İNTERNET KAYNAKLARI

FRAM (2022): FRAM- The Functional Resonance Analysis Method for Modelling Non-Trivial Socio-Technical Systems. <https://www.functionalresonance.com/>, (ET: 2.11.2022)

MODERN İMALAT TEKNİKLERİ VE YAKLAŞIMLARI

Senai YALÇINKAYA¹, Alper ÖNER²

Öz. Büyük bir hızla gelişen dünyamızda teknolojiyi geliştiren devletler nüfus artışlarının az olması ve refah seviyelerinin yüksek olması dolayısı ile iş gücünün pahalı olması ve üretimin yarattığı çevre sorunlarının maliyetlerinin yükselmesi gibi nedenlerle üretimlerini nüfusu çok ve artmakta olan daha ucuz iş gücünün olduğu ülkelere kaydırmaktadırlar. Türkiye 2021 yılında çelik üretiminde Almanya'nın önünde dünya yedincisi olmuştur. Ülkemizde üretilen çeliklerin büyük kısmı yabancı şirketler tarafından üretilmektedir. Küreselleşen dünyada ülkeler arası rekabet yerini daha çok şirketler arası rekabete bırakmıştır. Şirketler rekabet güçlerini arttırırken yeni buluşlara, geliştirmelere ve bunlarının üretimlerinin daha verimli ve kaliteli olmasını sağlayacak olan yeni teknolojik imalat yöntemlerine yönelmişlerdir. Aşırı rekabette kullanımı zorunlu hale gelen Modern imalat Teknolojilerinin Türkiye ve Avrupa ülkelerinde faaliyette bulunan işletmelerdeki kullanım düzeyini ve kullanım amaçlarını tespit etmek amacı ile bu araştırma çalışması yapılmıştır. Çalışmanın derlenen çıktıları dikkate alındığında çoğunlukta olan işletme büyüklüğünün KOBİ düzeyinde olduğu görülmüştür. Bu büyüklükteki firmaların finansal yapıları ve büyüklüklerine göre yeni modern yöntemlerle imalat teknolojileri kullanma düzeylerinin genel olarak orta ve üstünde bir seviyede olması önemli bir bulgu olmuştur. Bu teknolojileri kullanım seviyeleri üç yıl öncesine göre dikkate degecek kadar artmıştır. Yeni yöntem teknolojileri kullanım seviyelerinin performanslarında da olumlu olarak etkili olduğu

1 Marmara Üniversitesi, Teknoloji Fakültesi, İstanbul / Türkiye, e-mail: syalcinkaya@marmara.edu.tr, Orcid No: 0000-0001-7076-7766

2 Marmara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul / Türkiye, e-mail: muratalper308@hotmail.com, Orcid No: 0000-0003-3381-7474

görülmüştür. İmalatta yeni yöntem teknolojilerin kullanım amaçları arasında kalitenin, rekabet gücünün artırılması ve maliyetlerin azaltılması öncelikli olarak belirtilmiştir. İmalatta öne çıkan yeni yöntemlerin kullanılmasından elde edilecek fayda ve kazançların oluşması, ciddi ölçülerde işletmenin iç ve dış personel örgütlenmesinin nitelikli olanlar lehine değişikliklerle takviye edilmesine, tüm ilgili personelin bu yeni yöntem teknolojileri kullanması amacıyla eğitimlerinin sağlanmasına olanak vermesi ve üst yönetime de bu konuda kararlılık göstermesi ile gereken desteği vermesine imkân verir.

Anahtar Kelimeler: Öne Çıkan Yeni Yöntemler, Kalite, Sürdürülebilirlik, Rekabet

GİRİŞ

Küreselleşen çağımızda stokların ve lojistiğin mali yükünün zorlaması ile kaliteli, hızlı ve değişken üretim yapabilme yeteneği olması açısından modern imalat teknolojileri önemli yer tutmaktadır. Değişme ve gelişme hızının artması ve pazardan gelen değişen farklı ürün taleplerine modern yeni olmayan alışılmış yöntemler ile cevap verme ve rekabet etme yetersiz kalmaktadır. Modern imalat teknikleri ile üretim daha hassas ve hızlı olmasının yanında çok farklı sektörlerde malzeme, parça üretimine olanak sağlamaktadır. Günümüzde önemli yeri olan hassas, insan vücuduna uyumlu ve kaliteli yapay organ ve uzuvlar bile modern imalat yöntemleri ile üretilebilmektedir (Akın, 2001).

Her zaman değişen pazar koşullarında tüketicileri istek ve ihtiyaçlarının karşılanması süreçlerin yönetimlerinde ciddi değişikliklerin yapılmasını gerektirir. Değişen süreçlerle paralel olarak büyük ölçeklerdeki hatlar, yeni yöntem imalat teknolojilerinin oluşturulması ile esnekliği, hızı ve çeşitliliği artırılmış hatlar olarak müşteri isteklerine cevap verebilecektir. Ayrıca bu dönüşümün diğer faydası da üretim türleri arasındaki geçişlerin artan esneklik, hız ve çeşitlilik sebebi ile ekonomik ve hızlı bir şekilde gerçekleşebilecek olmasıdır. Bütün bu yeni yöntemlerin getirileri tasarımı, prototip yapmayı ve ön imalatı gerçekleştirmeyi de kolaylaştıracağı için günümüzde ekonomik olarak etkisi büyük olan minyatürleşmeyi de sağlamaktadır (Altunışık ve vd, 2001).

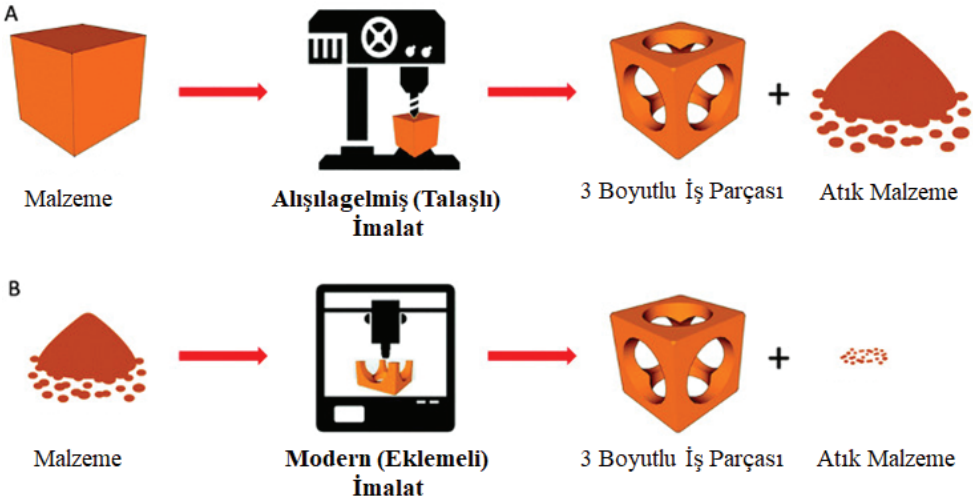
İmalatta öne çıkan yeni yöntemlerin kullanımının artması sağlayan önemli bir unsurda Bilişim Teknolojileri (IT) konusundaki gelişmeler ve

bunların imalat sanayiinde kullanılmasıdır. Endüstri 4.0 da yer bulan unsurların çoğunluğu bilişim teknolojilerini fazlasıyla kullanmaktadır. Endüstri 4.0 kapsamında olan içinde birkaç uzman olan sadece makinelerin çalıştığı fabrikaların alt yapısında, bilişim teknolojileri, imalatta kullanılan modern yeni yöntem teknolojiler kullanan makineler, uygulanan yazılımlar kullanılan donanımlar ve yetkin personeller vardır. Bunları birim üretim başına alışlagelmiş yöntem ve sistemlerle karşılaştırdığımız zaman, maliyeti ve yatırım maliyeti düşük, enerji sarfiyatı ve ısı üretimi düşük, kapladığı alan küçük, verimliliği ve güvenilirliği yüksek, bilişim teknolojilerine uygun yazılımları ve işletim sistemleri olan yeni yöntem ve teknolojileri olan imalat sistemlerdir. Eklemeli imalat ve internet ortamında bir birine bağlı siber çalışan modern imalat makinelelerinde bu tip sistemlerin unsurlarındandır (Yalçinkaya, 2019-1).

ALİŞİLMİŞ/GELENEKSEL İMALAT YÖNTEMLERİ

Alışılmış imalat yöntemlerinde, malzemelerin işlenme yöntemleri (talaşlı imalat) veya malzemelerin oluşturulma yöntemleri (talaşsız imalat) dikkate alınarak iki ana grupta incelenmektedir. Alışılmış ya da geleneksel üretim yöntemlerinde; parça ile takım arasındaki temas ve hareketin sonucunda talaş kaldırılır. Bu şekilde üretilmesi planlanan parçalar için çeşitli tezgâhlar ve takımlar (CNC, freze, torna, matkap, taşlama vb.) arasından seçim yapılır. Ayrıca temas sırasında oluşan kuvvetler, takım aşınması veya kırılma gibi problemler doğurur. Bu nedenle alışlagelmiş üretim yöntemlerinde tecrübeli bir teknik ekip tarafından imalatın gerçekleştirilmesi gereklidir. Aynı durum kalıp ve malzemenin kullanıldığı talaşsız imalat yöntemleri için de geçerlidir.

Birçok üretim çeşidinde ve sınırların geniş olmadığı durumlarda geleneksel üretim yöntemleri beklentileri karşılayamamaktadır. Bu durumlarda çözüm modern imalat teknolojilerinde aranmaktadır. Şekil 1’de Geleneksel talaşlı üretim ile modern imalat teknolojisi olan eklemeli üretimin farkı gösterilmiştir (Özer, 2020).



Şekil 1. Alışılmış ve Modern İmalat Yöntemlerindeki Malzeme-Atık Kıyaslaması

Geleneksel üretim yöntemlerinin zayıf yönleri; 1) Çeşitli takımlar kullanılarak üretim yapıldığı için bu takımların aşınma sonucu değiştirilmesinin para ve zaman kaybına yol açması. 2) Takımlar doğrusal ve/veya dairesel hareket yapabildikleri için işleme yönünün sınırlı olması ve bunun sonucunda iş parçası üzerinde elde edilecek şekillerde sınırlanmış olmaktadır. 3) Tezgâh ve takım sınırlamalarından dolayı zor ve karmaşık geometriye sahip iş parçalarının işlenmesinin mümkün olmaması. 4) Çok küçük veya çok büyük iş parçalarının takım bulma sınırları dışında olması nedeni ile işlenebilmesi imkânsıza yakın zorluktadır. 5) Yüksek kesme mukavemetli malzemelerin işlenmesi için daha yüksek kesme kuvveti uygulamasının ölçü hassasiyete getirdiği olumsuzluklar. 6) Sertliği ve kırılabilirliği yüksek olan malzemelerin bağlanma ve işlenmelerinin güç olması. 7) Çok ince ve esnek yapıda olan malzemelerin soruna neden olması. 8) Şekil 1’de de gösterildiği gibi artık ürünün çok olması ve sarf edilen hammaddenin fazlalığı gibi kayıplardır.

MODERN İMALAT TEKNOLOJİLERİ

Gelişen teknolojiler sonucunda daha küçük boyutlu, hafif, çok hassas, karmaşık, daha sert ve dayanıklı, ekonomik ve rekabetçi ve benzeri birçok yeni istekler oluştu. Elektronik, havacılık ve uzay, otomotiv, medikal ve birçok sanayinin zorlamaları olan bu isteklere alışlagelmiş imalat yöntemleri ile cevap vermek çok zor veya imkânsız olduğu için yeni modern imalat yöntemleri gelişmiştir (Milgrom ve Roberts, 1990). Son yarım asırda geliştirilen modern imalat yöntemlerinin ancak üçte ikisi çeşitli sanayilerde yer bulabilmiştir. Geri kalan üçte birlik kısım ya ekonomik olmaması veya sanayiye uygulanmasının henüz mümkün olmaması nedeni ile buluş düzeyine, laboratuvar veya prototip düzeyinde kalmıştır³.

İmalatta öne çıkan yeni yöntemler ve modern teknolojilerin gelişmesi, bilişim teknolojileri ve bilgisayar alt yapıli sistemlerin de yaygınlaşmasını sağlamıştır. Küresel rekabetin artması imalatta öne çıkan yeni teknolojilerin uygulanma, geliştirilme ve transfer edilmesine olan ilgiyi artırmıştır (Hottenstein vd, 1997). İmalatta öne çıkan yeni yöntemlerin kapsamında, kullanılan makine, donanım, araç ve gereçlerin sahip olduğu teknolojiler, ürünlerin ve süreçlerin tasarımları, üretimlerin planlanmaları ve kontrolleri, üretim süreçleri ve bu faaliyetleri bütünleştirmek için ele alınan tüm teknolojiler ve bu bütünleştirmelerin organizasyon yapısına uygunluğunun sağlanması için var olan toplam kalite yönetimi ve tam zamanında üretim de vardır (Karakaş,2009). Basitleştirilmiş olarak ifade edilirse; işletmelerde girdilerden çıktılara dönüşene kadar olan süreçlerde kullanılan tekniklere yönetim teknolojileri adı verilmektedir (Tekin ve Zerenler, 2009:108). İmalatta öne çıkan yeni ve modern teknolojilerden beklenen en büyük getiri, dünya pazarlarında rekabet etmenin şartları olan verimliliğin, kalitenin ve maliyetlerin azaltılmalarının yerine getirilmesidir (Deruntz ve Turner, 2003). İmalatta öne çıkan yeni yöntemler ve teknolojilere yatırım yaparken çeşitli işler için organizasyonlar ve destekleme işi gören mekanizmalar ile çeşitli teknolojileride içerecek şekilde eşzamanlı olarak yapılmalıdır (Jonsson, 2000:1476).

3 <https://blog.armadayazilim.com/2015/07/31/ileri-imalat-yontemleri/>

Modern İmalat Teknolojileri kullanan işletmelerin ürünler ve üretimlerle ilgili süreçlerinin özellikleri: (Tekin vd, 2003:131-132)

- Kalite ve güvenilirlik ön plana çıkmaktadır.
- Rekabette çok önemli bir zorunluluk haline gelen stok azaltma ve sifıra yakın stok ile üretim yapma.
- Standart ürünlerden uzaklaşmaktadır.
- Üretimlerde bilgisayarların kullanımı giderek artmaktadır.
- Tam zamanında üretim sisteminin kullanımı yaygınlaşmaktadır.
- Üretimde yeni malzemeler kullanılmaya başlanmıştır.
- Kullanım noktasında üretim yapılmaktadır.
- Ürün yaşam süreleri kısalmaktadır.
- Fason üretim yaygınlaşmaktadır.

İmalatta öne çıkan yeni yöntemler ve modern teknolojilerin kullanılmasıyla birlikte bunların geliştirilmesinin sağlanması rekabetin çok olduğu ortamlarda işletmeler için varlıklarının sürdürebilme garantileridir. Modern imalat teknolojileri özelliklerinden dolayı küresel pazarlara uyumlu bir teknolojidir ayrıca esnekliği olan bir üretime olanak verdiği için iç ve dış müşteri taleplerini karşılayabilme yeteneğindedir (Dulupçu, 2001).

İmalatta Öne Çıkan Yeni Yöntemler ve Teknolojilerin Faydaları

İmalatta öne çıkan yeni yöntemler ve modern teknolojilerin işletmeler için en büyük getirisi küresel rekabette var olmalarını sağlamaktır. Bu yöntem ve teknolojiler özellikle üretimle ilgili işletmelerde az maliyetle müşteri beklentisine uygun kalitenin sağlanmasına faydalı olan işlemlerden varsayılmaktadır (Kanet, 1998:49) İmalatta öne çıkan yeni yöntemler ve modern teknolojilerin uygulanmalarından olabilecek faydalar (Tekin vd, 2000:24) :

- Daha hızlı ve doğru bilgi akışının gerçekleştirilmesi,
- Harcanan mühendislik zamanı ve projeye ilgili maliyetlerde azalma,
- Parçanın programlanma süresinin düşürülmesi,

- Daha etkin üretim süreci planlamasının yapılması,
- Müşteri taleplerinin daha hızlı karşılanması,
- Tasarım ve analiz yeteneğinin geliştirilmesi,
- Malzemelerin, sabit maliyetlerin, stokların ve işgücünden kaynaklı maliyetlerinin azaltılmasının sağlanması,
- Müşteri hizmetlerinin geliştirilmesi,
- Ürün kalitesinde gelişme sağlanması,
- Bakım maliyetlerinin azaltılması,
- Rekabet gücünde artış sağlanması,
- Fabrikada kullanılan alanların azaltılmasının sağlanması,
- Kontrolün daha etkin yapılabilmesi,
- Pazar payında artış,
- İşgücünün daha yoğun katılımının sağlanması,

Modern imalat yöntemlerinin avantajlı olduğu durumlar içerdiği yöntem, malzeme ve geometriye göre ön plana çıkmaktadır (Jitendra ve Ranjeet 2021).

- Alışlagelmiş yöntemlerle işlenemeyecek kadar küçüklükte olan parçalarında işlenmesinin mümkün olması,
- Dar veya çok küçük ölçülerdeki kanalların ve deliklerin µm boyutlarında işlenmesinin mümkün olması,
- CAD veya diğer verilerin modern CNC ve CAM teknolojilerine sahip imalat yöntemlerine uygulanabilmesinin sayesinde hatasız ve yüksek verimliliğe ulaşılması,
- Tezgâh ve takım sınırlamalarından dolayı zor ve karmaşık geometriye sahip iş parçalarının üretilmesinin mümkün olması,
- Üretimde ince sacların kullanılabilmesi,
- Yüksek sertlikteki ve dayanımdaki malzemelerde işlenebilmesi,
- İşlemede çok yüksek hassasiyetlere ulaşılması,

Modern İmalat Teknolojilerinin Çeşitleri

Geleneksel imalat yöntemlerinde mekanik enerjiden faydalanılırken, modern imalat yöntemlerinde mekanik enerji, ısı enerjisi, elektrik

enerjisi, kimyasal enerji veya bunların birbiri ile birleşimlerinden yararlanılır. İmalatta öne çıkan yeni yöntemler ve modern teknolojilerin kullanılması sayesinde esnek miktarlarda kalite problemi olmayan standart ürünler üretilmektedir. İmalat yöntemlerinin yeni tip yöntemler ve modern teknolojilere geçiş aşamasının gecikmesi veya yavaşlaması durumlarında rakiplerin gerilerinde kalma söz konusu olabilmektedir. İmalatta öne çıkan yeni yöntemler ve modern teknolojilerin seçimlerinin kararını derin ve çok yönlü değerlendirmelerin ışığında vermek gerekir. Bazı şartlarda işletmede üretimin yöntem ve teknolojisinin tümüyle değiştirilmesi yönünde değil hâlihazırda bulunana yöntem ve teknolojiye iyileştirme ve gelişmeler yapılması daha yararlı olabilmektedir (Ömürbek ve Yılmaz, 2009).

Günümüzde endüstriyel uygulamada kullanılan modern imalat yöntemlerinin ana grupları şunlardır;

1. Eklemeli imalat - 3D yazıcılar (3D yazıcı)
2. Tel Erozyon Yöntemi (Wire Electrical Discharge Machining)
3. Elektro Erozyon Yöntemi (Electrical Discharge Machining)
4. Elektro Kimyasal İşleme (Electrochemical Machining)
5. Ultrasonik İşleme (Ultrasonic Machining)
6. Kimyasal İşleme (Chemical Machining)
7. Su Jeti ile İşleme (Water Jet Cutting)
8. Aşındırıcı Su Jeti ile İşleme (Abrasive Water-Jet Cutting)
9. Lazer Kesim (Laser Beam Machining)

Eklemeli İmalat

Endüstri 4.0'ın en önemli unsurlarından olan ve aynı zamanda da modern imalat yöntemi olan eklemeli imalat prototip, az miktarlarda ve kalıp gerekmeden üretim ve tasarımdan direkt olarak imalata kadar birçok kazançlarıyla hayatımıza girmiştir. Eklemeli imalat 1980 yıllarda başlamakla birlikte son zamanlarda önemi artarak, uzay ve havacılık, otomotiv, medikal, kozmetik vb birçok konuda özellikle herkesin problemi olan diş (Aygül vd, 2020) konusunda önemli roller üstlenmiştir. Özellikle iskelet ve diş gibi zarar görmüş birçok organların ekleme-

li imalat ile üretilebilecek olması olası gelişmelerden olacaktır (Akın, 2001). Eklemeli imalat çeşitleri, enerji kullanma ve yöntemleri beş ana başlıkta özellikleri ile birlikte Tablo 1’de verilmiştir (Yalçinkaya, 2019-2).

Eklemeli imalatta konturun elde edilmesi gerekli enerjiyi sağlayan kaynağın veya sabit kaynağa göre parçanın durduğu tablanın x-y koordinatları yönlerindeki hareketleri ile oluşturulur. Katmanların oluşumları ise verilen hatve ölçüsüne göre platformun z yönünde hareket etmesi ile oluşturulur (Karakılınç vd, 2019).

Eklemeli imalat yapan makine ve cihazları üreten üreticiler çok fazla olup çeşitli ülkelerde yer almaktadır. Stratasys, EOS, Leapfrog, HP, 3D printers, FDM, Creality, 3D Systems, Sharebot, Zortrax, RapRap, Markforged, Formlabs, vb. yabancı ülkelerde üretim yapanların bazılarıdır. Sintertek, ArtıBoyut ve Zaxe markaları ise Türkiye’de üretim yapan firmaların markalarındandır.

Eklemeli imalatta kullanılan 3B yazıcılarda çok hassas olmalarına rağmen çeşitli hatalar oluşabilmektedir. Çalışma sırasında oluşturulan sıcaklığın sonucunda parça genleşebilmekte, büzülebilmekte, çatlayabilmekte, parçada gözenekler oluşabilmektedir. Bunlara ilave olarak yanlış malzeme seçimi, kullanıcı hataları ve yazıcı mekanik veya elektronik hataları da eklenebilir (Öner ve Yalçinkaya, 2020-2)

Tablo 1. Eklemeli İmalat Çeşitleri

Katı Tabakanın Elde Edilmesi	Konturun Elde Edilmesi	Yöntemi	Kısaltması	Yöntemin Gerçekleştirilmesi
Polimerizasyon	Lazer Yazıcı Kafa	Stereolitografi, Polimer Jet	SLA (Laser Stereolithography, Multi Jetting) DLP (Direct light Processing)	Reçine katılaştırılarak imalat yapılır.
Seçmeli Ergitme Seçmeli Sinterleme Yeniden Katılaşırma	Lazer, IR Kaynak, Elektron Demeti	Lazerle Sinterleme, Lazerle Ergitme	SLS (Selective Laser Sintering) SLM (Selective Laser Melting) EBM (Electron Beam Melting) LMD(Laser Melting Deposition) LC (Laser Cladding)	Toz taneciklerinin lazer veya elektron demeti yöntemi ile ergitilip katman oluşturularak imalat yapılması

Tabaka yapıştırma ile oluşturma ve kesme	Lazer, Bıçak, Freze	Katman Lamine Üretimi	LOM (Laminated Object Manufacturing)	Film, levha veya folyo tabakaların birbirlerine yapıştırılması ile oluşturulup kesilerek şekil verilir.
Seçmeli Bağ Oluşturma ya da Bağlayıcı ile Yapıştırma	Çoklu Nozül Yazıcı Kafa	3D Yazıcı (3D Printer)	3DP (Three Dimensional Printing)	Çoklu kafa kullanarak filamentler yardımı ile şekil ve katman oluşturulur.
Termal Aktivite Halinin Seçici Uygulamaları	Tekli Nozül	Ergitilmiş Katmanla Üretim	FDM (Fused Deposition Modelling)	Filament kafadan geçerken eritilerek platformun üzerinde bulunan işin üzerine serilerek imalat yapılır

Yöntemlerine göre eklemeli imalat 5 ana başlıkta incelenmiştir;

1-Polimerizasyon,

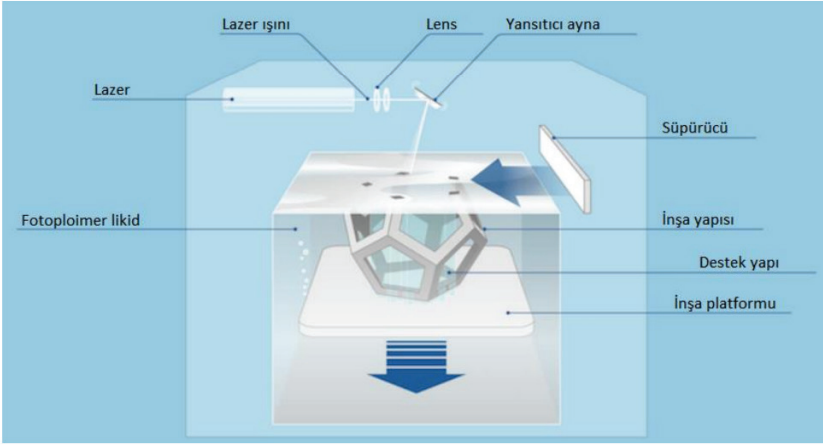
Sıvı veya gaz haldeki bir malzemeye (monomer) çeşitli kaynaklardan bir enerji verilmesi ile bir birine bağlanıp molekül ağırlıklarını artırma sureti ile katılaşarak sertleştirilmesine Polimerizasyon denir.

Eklemeli imalatta polimerizasyon; bir nesne oluşturmak için bir kap içinde bulunan polimerleşmeye uygun sıvı haldeki bir reçineye belirli bir dalga boyuna sahip bir ışık kaynağından ışık verildiğinde sıvı moleküllerinin birbirine bağlanarak katılaşmasıdır. Polimerizasyon teknolojileri, yazıcıda kullanılan ışık kaynağına bağlı olarak farklı kategorilere ayrılmaktadır bunlar; lazer ışınlar kullanımı stereolitografi (SLA), doğrudan ışık işleme (DLP) ve gün ışığı polimer baskı (DPP) olarak da adlandırılan sıvı kristal ekran tabanlı (LCD) yazıcılardır (Wenceslao vd, 2021).

Lazer Stereolitografi (SLA): Bir kabın içinde bulunan sıvı reçinenin (Epoksi veya Akrilik Reçine) en üst tabakasının üstüne lazer kaynağından çıkan ışınların aynaları kullanarak yapılmak istenilen parçanın ilk katmanını oluşturacak şekilde Ultraviyole ışık yansıtır. Reçinedeki bir foto başlatıcı (PI) molekülü, gelen ışığa yanıt verir ve ışınlama üzerine, yalnızca maruz kalan alanlarda (Üretilecek şeklin ilk katmanı) kürlenmeye yol açan kimyasal polimerizasyon reaksiyonunu şekle göre seçici

olarak aktive eder. Bu ışıktan aktive olan en üst sıradaki reçine katılaşır. Şekil 2’de Lazer Stereolitografi’nin yapısı gösterilmiştir.

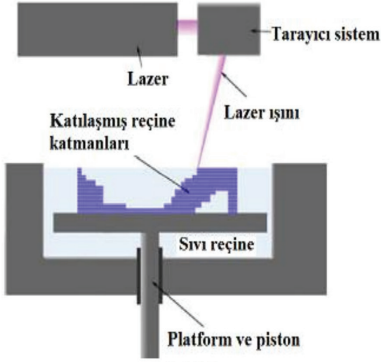
Birinci tabaka bu şekilde elde edildikten sonra taşıyıcı plakanın z yönünde aşağı doğru bir katmanlık hareketi ile yeni bir reçine katmanı bu katılaşmış şeklin üstünde oluşturulur. Bu şekilde parça kademeli olarak katman katman elde edilir⁴ (Yalçinkaya vd., 2019).



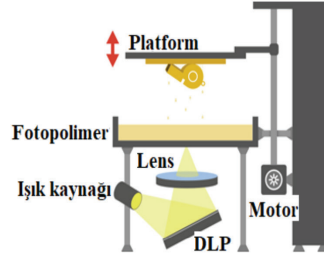
Şekil 2. Lazer Stereolitografi

Dijital Işık Yöntemi (DLP): En önemli özelliği alttan genellikle LED ışık kaynağı tarafından alt katmanın tüm enine kesiti, Şekil 3’te gösterildiği gibi aynı anda aydınlatılır. Dijital mikro ayna cihazı (DMD) asıl şekli belirleyendir ve her biri tek bir pikseli temsil eden bir dizi aynadan yapılmıştır. Her aynanın ayrı ayrı eğilmesi, piksellerin hızlı ve güvenilir bir şekilde değiştirilmesini sağlar. DMD sabit miktarda aynaya sahip olduğundan, bu görüntünün küçülmesine yol açar ve maksimum geometri boyutunu azaltır. DLP, lazer SLA’nın mikron altı çözünürlüklerine tam olarak ulaşmamakla birlikte, daha düşük maliyet ve daha yüksek baskı hızlarının avantajlarını elinde tutar.

4 <https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/10050793>



Şekil 7:
SL'nin çalışma prensibi
(Oropallo ve Piegl, 2016)

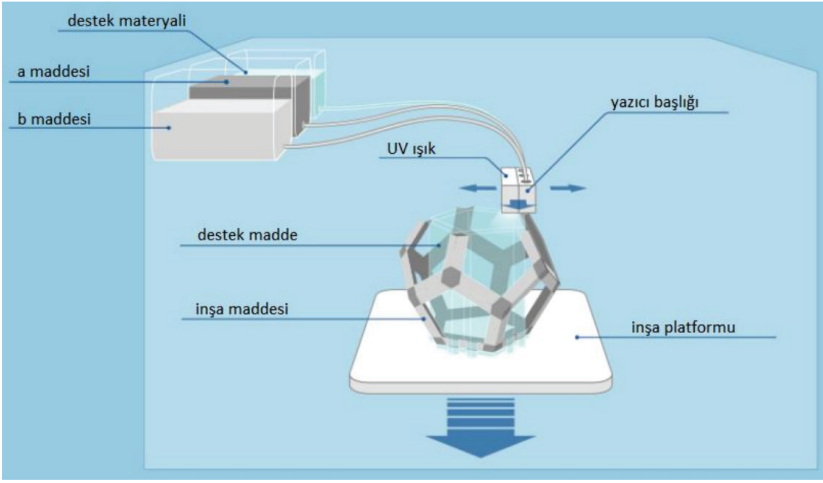


Şekil 8:
DLP'nin çalışma prensibi
(<https://amtech3d.com/3d-printing-techniques/>)

Şekil 3. Dijital Işık Yöntemi

Polimer Jet Yöntemi (PJ): Kürlenebilir polimer malzeme PJ yazıcının kafasından geçirilir ve platform üzerinde istenilen geometriye uygun olarak püskürtülür. UV ışınlarının yansıtılması ile anlık kürleşme sağlanarak ilk katman oluşturulur. Aynı işlem diğer katmanlara da uygulanır. Platform Z ekseninde hareket ederek bir sonraki kademelerin oluşturulması için gerekli hacmi sağlar. Şekil 4'te gösterilmiştir. Bu metotla elastik malzemeler ve ısı atımı için soğutucu plakalar ABS benzeri malzemeler ile üretilebilir. Farklı kuvvet (shore) değerlerine sahip farklı renkli parçalar üretilebilir. Üç renge sahip sarf malzemesi ile renklerin farklı oranda karışımı gerçekleştirilerek geniş renk kataloğu oluşturulabilir⁵.

5 <https://pubs.acs.org/doi/full/10.1021/mz4006556>



Şekil 4. Polimer Jet Yöntemi

Sinterleme ve Ergitme

Sinterleme, malzemeleri eritmeden ısı ve/veya basınç kullanarak parçacıkları tek bir katı kütle halinde birleştirme işlemidir. Birlikte sinterlenen yaygın parçacıklar arasında metal, seramik, plastik ve diğer çeşitli malzemeler bulunur. Sinterleme sıcaklığı, erimeyi önlemek için her zaman malzemelerin erime noktasının altındadır. Bu özelliği ile genellikle yüksek erime noktalarına sahip metallerin birleştirilmesinde ve 3D yazıcı ile özel metal formlar oluşturmak için kullanılır.

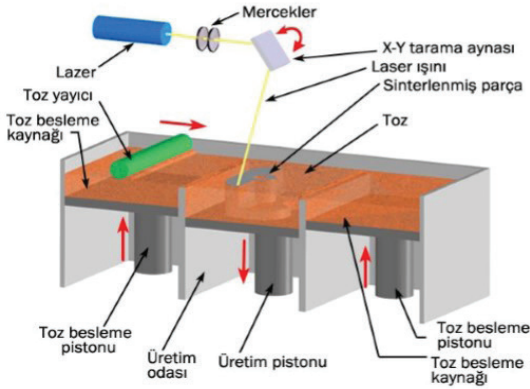
Eritme, parçacıkları sıvılaşıp ve tek bir malzeme olarak birleşene kadar ısıtarak birleştirme işlemidir. Genellikle metalleri birleştirmek ve malzemelerin fiziksel özelliklerini değiştirmek için tamamen sıvılaştırmak sureti ile kullanılır.

Lazerle Sinterleme (SLS): Seçici lazer Sinterleme 3D baskı, farklı sektörlerdeki mühendisler ve üreticiler tarafından güçlü, işlevsel parçalar üretme yeteneği nedeniyle güvenilmekte ve özellikle metal prototip parça üretiminde birinci tercih olmaktadır⁶.

3D yazmada kullanılacak toz, yazdırma odasının içindeki bir platformun üzerinde ince bir tabaka halinde Şekil 5'te gösterildiği gibi sağ

6 <https://formlabs.com/eu/blog/what-is-selective-laser-sintering/>

ve/veya sol tarafında bulunan toz havuzlarından serilerek dağıtılır. Yazıcı, tozu hammaddenin erime noktasının biraz altındaki bir sıcaklığa önceden ısıtır, bu da lazerin bir parçayı katılaştırmak için modeli izlerken toz yatağının belirli bölgelerinin sıcaklığını yükseltmesini kolaylaştırır. Lazer, 3B modelin bir kesitini tarar ve tozu malzemenin erime noktasının hemen altına veya tam altına kadar ısıtır. Bu, tek bir katı parça oluşturmak için parçacıkları mekanik olarak birleştirir.



Şekil 4. SLS sisteminin çalışma prensibi [Baş, Yapıcı, 2015]

Şekil 5. Lazer Sinterleme ve Yönteminin Çalışma Prensibi Şematik Gösterimi

Erimemiş toz, baskı sırasında parçayı destekler ve özel destek yapılarına olan ihtiyacı ortadan kaldırır. Platform daha sonra, tipik olarak 50 ila 200 mikron arasında, bir katman halinde yapım bölmesine alçılır ve parçalar tamamlanana kadar işlem her katman için tekrarlanır. Yazdırmadan sonra, en iyi mekanik özellikleri sağlamak ve parçalarda bükülmeyi önlemek için yazdırma odasının önce baskı muhafazasının içinde ve ardından yazıcının dışında biraz soğuması gerekir. Bitmiş parçaların yapım odasından çıkarılması, ayrılması ve fazla tozdan arındırılması gerekir.

Lazer ile Ergitme (SLM): Hemen hemen Seçici Lazer Sinterleme'nin aynısıdır. Yine toz havuzları (veya havuzu) yazma havuzuna toz serilir. Önceden toz parçacıkları yine hammaddenin erime noktasının biraz altındaki bir sıcaklığa önceden ısıtır. Lazer toz parçacıklarını sıvılaştırır.

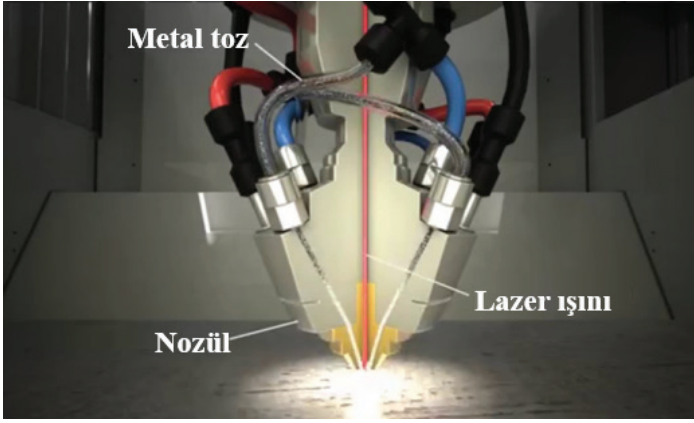
ve tek bir malzeme olarak birleşene kadar ısıtarak birleştirme işlemini gerçekleştirir. Erimiş kısım ile çevreleyen toz arasındaki yüksek termal gradyanlar nedeniyle, bükülme ve bozulmaya neden olan gerilimler ortaya çıkabilir. Bu nedenle, kritik alanlardaki ısıyı dağıtmak ve parçayı yapı plakasına güvenli bir şekilde sabitlemek için genellikle destek yapılarına ihtiyaç duyulur. Genel bir kural, 0 ile 45 derece arasında açılı çukurlukların veya içi boş yapıların desteklenmesi gerektirir. Lazer metal eritme yöntemiyle çalışan metal 3D yazıcılar pazarının %80'inden fazlasını oluşturmaktadır⁷.

Hızlı prototipleme, özel yüksek performanslı parçalar ve çok çeşitli metallere seri üretim için endüstrilerde kullanılır.

Lazer Metal Biriktirme (LMD)

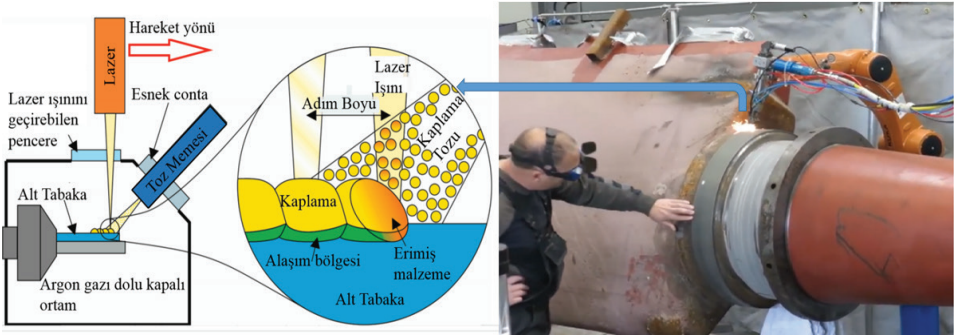
Lazer eritme biriktirme yönteminin gelişmesi her türlü metal üzerine kaplama yapma veya tamir gerçekleştirmeleri kolay ve ekonomik hale getirmiştir. Lazerle yapılan kaplamanın hem kaliteli (düzgün ve çatlaksız) hem de alt tabaka ile kaplama arasında alışımlar oluşmasındaki verimliliği bu yöntemin yaygın olarak kullanılmasını sağlamıştır. Lazer metal biriktirme yönteminin gelişmesi Toz ile besleme, tel ile besleme yöntemine göre hem kalite hem kolay ve çeşit bulunabilirlik açısından tercih nedeni olmuştur. Nozül ve birçok ünitesi 5-6 eksenli herhangi bir robota monte edilebilir olduğu için sabit ve çok pahalı çevre düzenlemesi gerekmemektedir. Şekil 6'da lazer nozülün kesiti gösterilmiştir (Yalçinkaya ve Öner, 2020).

⁷ <https://all3dp.com/1/selective-laser-melting-guide/>



Şekil 6. Lazer Eritme Biriktirme Makinasının Nozülü

Lazer Kaplama (LC): Lazer metal biriktirme yönteminin gelişmesi her türlü metal üzerine kaplama yapma veya tamir gerçekleştirmeleri kolay ve ekonomik hale getirmiştir. Toz ile besleme, tel ile beslemeye göre hem kalite hem kolay ve çeşit bulunabilirlik açısından tercih nedeni olmuştur.

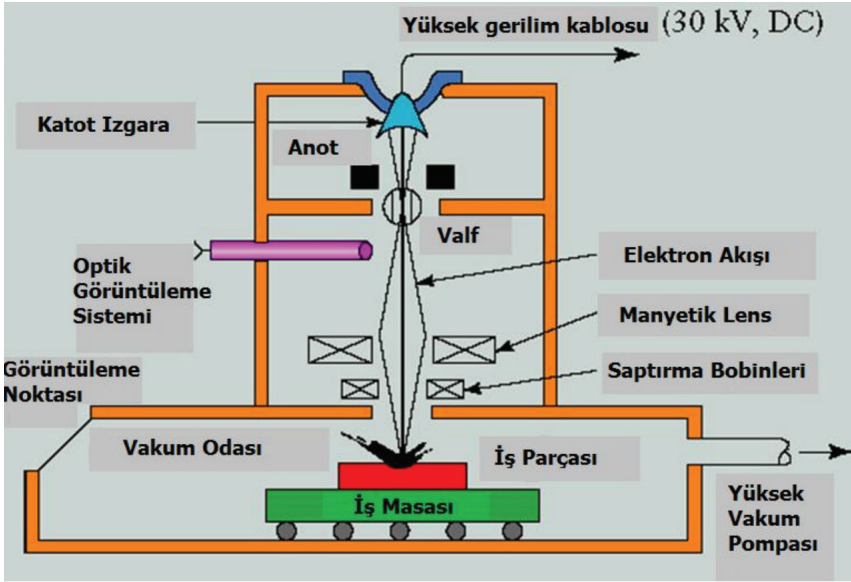


Şekil 7. Lazer Metal Biriktirme ve Lazer Kaplama Yöntemi (Kapalı ve Açık Tipi)

Lazer kaplama sistemi Şekil 7’de gösterildiği gibi sistem açık ve kapalı olabilmektedir. Çoğunlukla esnekliği fazla olduğu için açık sistemler tercih edilmektedir. Şekil 8’de gösterildiği gibi açık bir lazer kaplama sisteminde sistemde, bir lazer kafası, bir toz besleyici, iki simetrik toz besleme memesi, taşıyıcı gaz argon için depolama ünitesi ve basınç dü-

zenleyici iğne vana, bir soğutucu ve bir kontrollü 6 eksenli bir robottan oluşmaktadır. Nozül ve birçok ünitesi 5-6 eksenli herhangi bir robota monte edilebilir olduğu için Şekil 8’de gösterildiği gibi sabit ve çok pahalı çevre düzenlemesi gerekmemektedir. Pahalı süper alaşımlar yerine daha ucuz ve işlenmesi kolay alaşımlardan üretilen parçaların gerekli yüzeyleri bu yöntemlerle pahalı ve sert süper alaşımlarla kaplanarak istenilen özellikler elde edilebilmektedir (Öner ve Yalçinkaya, 2020-1).

Elektron Demeti ile Ergitme (EBM): Elektron Işınıyla Eritme (EBM), toz metalin yüksek enerjili bir elektron ışını ile eritildiği bir 3D üretim sürecidir.



Şekil 8. Elektron Demeti ile Ergitme

Bir elektron ışını, bir CAD modeli tarafından tanımlanan kesin şartnamelerine uyan bir nesne oluşturmak için Şekil 8’de gösterildiği gibi toz metal tabakasını katman katman eriten bir manyetik alan tarafından yönlendirilen bir elektron akışı üretir. Üretim, oldukça reaktif malzemeleri riske atabilecek oksidasyona karşı koruma sağlamak için bir vakum odasında gerçekleştirilir. Elektron Işınıyla Eritme, Seçici Lazer Eritme

'ye (SLM) benzer, çünkü her ikisi de 3B yazıcının toz yatağındaki bir tozdan yazdırır, ancak EBM lazer yerine bir elektron ışını kullanır⁸.

EBM, ile yazdırmada kullanılan metallerin doğal özelliklerinden en iyi şekilde yararlanan, metal dökümü veya diğer imalat yöntemlerini kullanırken birikebilecek safsızlıkları ortadan kaldıran yüksek mukavemetli parçalar oluşturur. Havacılık, otomotiv, savunma, petrokimya ve tıbbi uygulamalar için bileşenleri yazdırmak için kullanılır. EBM Baskı Avantajları ve Dezavantajları: Elektron ışını eritme teknolojisi tescillidir ve EBM yazıcıları, onları çalıştırmak için yetenekli teknisyenler gerektirir. EBM, SLM'den (seçici lazer eritme) çok daha hızlı olabilse de SLM daha pürüzsüz, daha doğru parçalar üretir.

Katman Laminasyonu ile Üretim (LLM): Kâğıt, plastik veya metal folyodan yapılmış yapışkan kaplı bir malzeme, bir lazer ışını ile bir dilim katmanının konturu üzerine çizilir ve kesilir. Bir yapı platformunda ve sırasıyla modelin önceki katmanlarında katman katman yapıştırılır. Tüm katmanların yapışması bittikten sonra basit el aletleri ile parça çıkarılır ve yüzey zımpara ile işlenir. Son olarak, yüzey mum veya cila ile kapatılır. En büyük avantajı masif ve büyük parçaların işleminde hızlı olmasıdır.

Lamine Nesne Üretimi (LOM): Levha, ısıtılmış merdaneler kullanılarak inşa platformuna beslenir. Yapıştırıcı bir meme aracılığıyla uygulanır. Platform üzerine bir katman yerleştikten sonra, bilgisayar kontrollü bir lazer veya bıçak, üzerine 2 boyutlu bir desen çizerek kesilmeyi sağlar. İşlem katman katman tekrarlanarak ilerler. Kesici ayrıca herhangi bir fazla malzemeyi bir çapraz tarama düzeninde dilimler. Bu, işlemin sonunda söz konusu malzemenin çıkarılmasını kolaylaştırır.

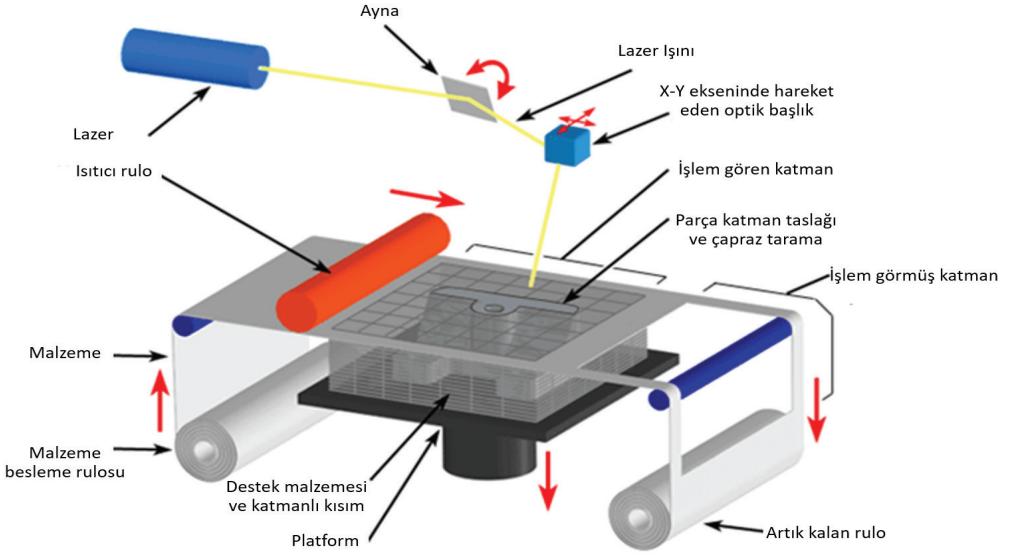
Lamine nesne üretimi, esas olarak bir baskı malzemesi olarak kâğıt kullanır. LOM'un verimli, uygun maliyetli bir teknoloji olarak kabul edilmesinin nedenlerinden biri de budur. Plastik ve bazı kompozitler malzemelerde kullanılmaktadır, metal kullanımı nadirdir.

Lamine nesne üretimi, esas olarak hızlı prototipleme ve kum dökümü için tek kullanımlık modeller yapmak için kullanılabilir. Pozitif

8 [https://markforged.com/resources/learn/3d-printing-b\(Eri%C5%9Fim%20Tarihi:%2021.12.2022\).asics/3d-printing-processes/what-is-electron-beam-melting-ebm](https://markforged.com/resources/learn/3d-printing-b(Eri%C5%9Fim%20Tarihi:%2021.12.2022).asics/3d-printing-processes/what-is-electron-beam-melting-ebm)

yönleri: Ucuz ve kolayca bulunabilen malzemeleri kullanır. Makineler endüstriyel olmayan ortamlarda çalışabilir. Modeller renklendirilebilir. Sürece hiçbir kimyasal reaksiyon dâhil değildir. Geniş bir çalışma sıcaklığı penceresi sağlar. Olumsuz yönleri: Çoğu 3D baskı işleminden daha az doğrudur. Dâhili geometrik sınırlamalar vardır. Kâğıt modellerin nemi dışarıda tutmak için bir dolgu macunu ile işlenmesi gerekir.

Donanım pahalı ve nadirdir⁹.



Şekil 9. Lamine Nesne Üretim (LOM) Şeması

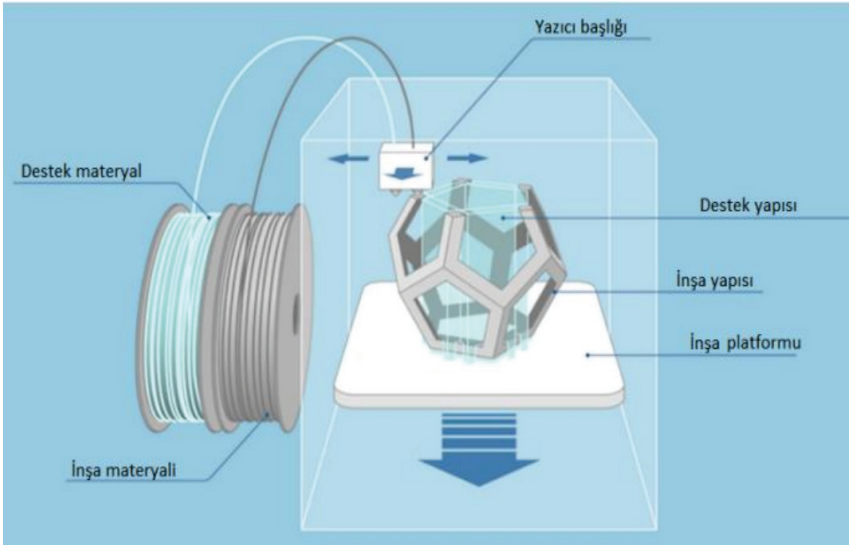
Toz Bağlayıcı Üretim - 3D Yazıcı (3D Printer): Katmanlarla parça üretiminde 50 µm boyutlu toz partiküllerinin sıvı bağlayıcıların içerisine enjekte edilmesiyle bu malzemelerin serilmesiyle parça üretimidir. Tüm eklemeli imalat yöntemlerine 3 boyutlu yazma işlemi demek yanlış bir olgudur. İşlemlerin içeriği birbirinden farklıdır. 3 boyutlu yazıcıları üreten fazlaca ticari firma mevcuttur. Söz konusu firmaların cihazlarının

9 <https://www.conro.com/what-is-What%20is%20laminated%20object%20manufacturing?%20POSTED%20ON%2018/07/2022%20BY%20SUZANA%20PALFI%20TAMASI%20laminated-object-manufacturing/>

üretim mantığı aynıdır, fakat malzeme çeşitliliği, kapasite, hassasiyet gibi konularda farklılık göstermektedir.

Ekstrüzyon - Ergitilmiş Katman Modelleme: Eklemeli imalatta en yaygın yöntem Ekstrüzyon kullanılarak model oluşturmaktır. Ergitilme ve termoplastik filamentler ile beslenerek 3 boyutlu model oluşturulur. Parçanın altına destek parçası koyulmasıyla parçanın üretimi gerçekleştirilir.

Ergitilmiş Katmanla Üretim: 3D yazıcılarda ABS, PLA, PETG, HIPS, PVA, Naylon gibi filamentler kullanılır. Fakat çoğunlukla ABS ve PLA tercih edilir. Özel filament çeşitleri de kullanılır. Bunların birkaçı PLA ile karıştırılmış tahta, ağaç kabuğu, bambu, bronz, pirinç, bakır, esnek PLA, sıcaklığa ve ışığa duyarlı PLA, karbon fiberler ve antibakteriyel filamentlerdir. Bu özel filamentlerin PLA ile karışım oranları çoğunlukla %30-40 arasındadır.



Şekil 10. Ergitilmiş Katmanla Üretim Yöntemi

Besleme tankı içerisinde kısmi ergimiş besleyici filament bulunur; bunların ısıtılması elektrik ısıtma sistemi ile sağlanır. Nozul ile malzeme takviyesi gerçekleştirilir. Besleyici malzeme platform üzerine istenilen konturda yerleştirilir. Filamentlerin 2 çeşit çapı vardır, bunlar 1,75 veya

2,85 mm'dir. Bu üretim yönteminde ekstrüzyon kafası ve platform üretim şekline göre farklılık gösterebilir. Ekstrüzyon kafası X-Y'de düzleminde hareket ederken platform geri ya da aşağı-yukarı yönde hareket edebilir (kartezyen modeli); veya ekstrüzyon kafası X-Y-Z'de hareket eder (delta modeli), platform hareketsizdir. Seçilen filamentin rengiyle malzemenin renginin belirlenebilir.

Elektro Erozyon Yöntemi

Elektro Erozyon Yöntemi 1943 yılında B. R. Lazarenko ve N. I. Lazarenko isimlerinde iki Rus tarafından gerçekleştirilmiştir. Buluş, elektrik geçirmeyen sıvının içinde bulunan elektrot ve işlenecek parçanın aşınması arasındaki kıvılcım atlama (ark) kontrol edilmesinden oluşur. Kıvılcım atlama aşamasında oluşan yüksek sıcaklık ve erime aşamasında bu noktadan bir talaş kopar ve bu şekilde, elektro termal talaş kaldırma işlemine Elektro erozyon işlemi denir¹⁰. Elektro erozyonun iki yöntemi vardır. Bunlar tel ile kesme ve yerleşim yöntemleridir.

Tel Kesme Yöntemi

Tel kesme, tel şekilli bir elektrotun kullanıldığı bir işlemdir. Malzeme ve tel arasındaki nispi hareket sayesinde, malzemenin yüksekliğinde, şekilli, çevresel bir delik oluşturmak mümkündür. Telin eğik açılı bir delik elde etmesini sağlayan ek eksenler kullanarak, yuvarlak bir çubuktan veya kavisli yüzeylere sahip karmaşık geometrik formlara sahip bileşenlerden bir yay oluşturmak mümkündür.

Azaltılmış Çentik Kaybı: Tel testerenin ilk avantajı, eğitilmiş çentik kaybıdır (kesim sırasında kaybedilen malzeme). Kimlik testere (0.300 ila 0.500 mm çentik) ve elmas bıçak testere (0.200 ila 3.00 mm) ile karşılaştırıldığında, çok telli bir testere bulamaçla 0.200 mm'den az ve elmas tel ile 0.15 ila 0.26 mm'den küçük çentikler üretebilir. Bu maddi tasarruf artıyor; mükemmel bir kristal veya başka bir malzeme yetiştirmek için önemli miktarda zaman ve para harcadıktan sonra, çentik kaybını azaltmak değerli malzemenin korunmasına ve verimlerin artmasına yardımcı olur.

¹⁰ <https://mikroncnc.com/edm-elektro-erozyon-teknolojisi-nedir/>

Azaltılmış Hasar: Tel testeresi, özellikle bulamaçla kesim yaparken nispeten yumuşak bir işlemdir. Nazik, düşük kuvvetli kesme hareketi ve ince aşındırıcı, kesim yüzeyinde daha az hasar derinliğine yol açar. Yüzey altı hasarındaki bu azalma, malzemedeki daha az stres ve dilimlemeden sonra öğütülmesi, bindirilmesi veya cilalanması gereken daha az malzeme anlamına gelir. Bir kez daha bu malzeme tasarrufu sağlar ve dilimlemeden sonra gerekli olan çıkarma miktarını azaltmak, müşterinin daha ince parçaları kesip verimi daha da artırabileceği ve maliyeti düşüreceği anlamına gelir. Azalan hasar aynı zamanda kesimin giriş ve çıkış noktalarına da uzanır- yumuşak kesme işlemi daha az talaş veya diğer fiziksel hasar anlamına gelir, temiz köşeler bırakır ve kaliteyi artırır.

Elmas tel ile kesim bile, bulamaçtan daha yırtıcı bir süreç, diğer kesme yöntemlerine göre oldukça yumuşaktır, bu nedenle aynı faydaların çoğu geçerlidir.

Daha İyi Geometri: Herhangi bir kesme yönteminin amacı düz, tutarlı parçalar oluşturmaktır ve burada bir tel testere mükemmeldir. TTV, yay ve çözgü en aza indirilir. Bu, daha sonra işlem sonrası ihtiyacı azaltarak verimi artırır.

Daha Yüksek Verim: Yüzeyde tel testeresi yavaştır. Böyle yumuşak bir kesme yönteminin değişimi, makinenin iş parçasından yavaşça hareket etmesidir, bu nedenle döngü süreleri uzundur. Buna rağmen, birden fazla tel kullanılması nedeniyle tel testereleme aslında çok verimlidir. Bir üretim makinesinde, iş parçasına aynı anda temas eden yüzlerce tel bulunabilir. Sonuç olarak, tek bir kesme çevriminin sonunda malzemenin tüm uzunluğu tamamlanacaktır.

Özellikle sert malzemelerde, elmas tel kullanımı verimi önemli ölçüde artırabilir, ancak dilim başına maliyeti de artırabilir. Her uygulamayı en verimli süreci bulmak için inceliyoruz.

Tel testere, hassas, değerli ve çok sert malzemelerden gofret ve diğer ince parçalar üretmek isteyen şirketlerin karşılaştığı birçok zorluğa mükemmel bir çözümdür. Silikon safir, karbür, GaN, seramik, cam ve daha fazlasını dilimlemek için en iyi çözümdür.

Tel Erozyon Kesme Avantajları: Tel EDM kesme işlemi ile elektriksel olarak iletken malzemelerden malzemeyi çıkarmak için kontrollü ve hızla tekrarlanan elektrik yükleri kullanılır. Yüksek hacimlerde dar toleranslı küçük parçaların 2 eksenli kesilmesi gibi doğru uygulamalar için çok hassas bir yöntemdir. Örneğin, pimlerin, problemlerin ve 0,020" (0,50 mm) altındaki çaplara sahip diğer küçük, katı metal parçaların seri üretimi için tel EDM şunları sağlayabilir: Uç deformasyonu, delaminasyon veya distorsiyonu olmadan yüksek oranda tekrarlanabilir uzunluklar. Lazer kesim gibi bir yöntemden çok daha iyi maliyet etkinliği.

Küçük çaplı katılar için, tel EDM kesimi ayrıca oldukça yüksek Ppk / Cpk değerleri için son derece yüksek merkezi eğilim ölçümleri sunar. Örneğin, EDM sadece 0,004 " (0,1 mm) çapında değerli bir metal teli 1 "(25 mm) uzunluğa kadar kesemez, aynı zamanda $\pm 0,001$ ", yarıçapında uçlar ve standart minimum 1.33'ün üzerinde bir Ppk sayısı (WEDM Tel Erozyon, 2012)

EDM Dezavantajları: En yaygın olarak bilinen negatif, tel EDM kesiminin hala çok yavaş bir yöntem olmasıdır. AWT (otomatik tel geçirme) ve CNC özelliğine sahip modern EDM makineleri, yavaş kesme hızını azaltmaya yardımcı olmak için "ışıklar söner" olarak programlanabilir. Bununla birlikte, çapları 0,020 0.5 (0,5 mm) 'den daha büyük olan çok yüksek hacimli parçalar için, ince tekerlek aşındırıcı kesim gibi bir yöntem tercih edilebilir.

Telin EDM kesim doğası gereği, hızlı bir şekilde tekrarlanan, metal tel teli boyunca kontrollü elektrik yükleri kullanarak malzeme çıkarmaya yönelik elektriksel iletken malzemelerle sınırlıdır. Bu nedenle, kompozit veya bir dielektrik ile kaplanmış herhangi bir malzeme EDM için uygun değildir. Tel, deiyonize su ve iş parçası dahil olmak üzere toplam EDM ortamı şarj edilir. Telin tekrarlanan elektrik deşarjları, iş parçasının hedef alanını binlerce dereceye kadar ısıtabilir. Bu komşu kısımlarda termal strese neden olabilir ve bir miktar atığa neden olabilir. Telin kendisi de zarar görür, bu nedenle EDM makinesi sürekli olarak yeni tel beslemelidir.

Kesilen metale bağlı olarak, tel EDM kesiminin bir başka dezavantajı, kesim yüzeyinde bir oksit tabakasının oluşabilmesidir. Bu maliyeti artıran ikincil temizlik gerektirebilir.

Tel EDM kesimi, katı malzemeler için en iyisidir, bu nedenle yöntem, borunun kesilmesi için iyi bir seçim değildir. İletkenliği korumak için EDM kullanılarak kesilecek parçalar sıkıca yerinde tutulmalıdır. Bu, boru tesisatında önemli bir deformasyon riski oluşturur. Ayrıca kesme telinin iş parçasına temas etmesine neden olabilir- kesimi kısaltır, kesme telinin kırılmasına neden olur ve muhtemelen iş parçasında bir "adım" a neden olur.

Bir boruyu EDM makinesinde dönecek şekilde sabitleyebilmenize rağmen, yöntem daha karmaşık şekiller için optimize edilmiştir ve basit 2 eksenli boru kesimi için uygun maliyetli değildir. Buna ek olarak, tel EDM yöntemi 0,175 mm'nin (3,175 mm) altında çok kısa kesikler yapamaz ve kaliteli kesim uç yüzey kaplamaları üretmez. Aslında, tel EDM kesimi genellikle "ayın kraterleri" olarak karakterize edilen yüzey pürüzlülüğü ile sonuçlanabilir.

Bu nedenle, çok kısa uzunluklarda kesilmesi ve çok düzgün bir uç yüzeyine sahip olması gereken tıbbi cihaz tüpü gibi uygulamalar için tüp duvar deformasyonu olmadan. İnce tekerlek aşındırıcı metal kesimi gibi bir yöntem, gerekli sıkı toleransı, çapaksız sonuçları ve temiz bir uç kesimini sağlayacaktır.

EDM Kullanılmasının Nedenleri

Tel EDM, havacılık ve tıbbi ekipman endüstrilerinde olduğu gibi, sıkı toleranslar gerektiren küçük üretim çalışmalarına da uyum sağlayabilir. Temassız bir işleme prosesi olarak EDM, yüksek kaliteli finisajlar elde edebilir, böylece diğer imalat proseslerinde sıklıkla gerekli olan işlem sonrası prosedürlere ve yüzey işlemlerine olan ihtiyacı azaltır. EDM bir bilgisayar sayısal kontrollü (CNC) işleme işlemi olduğundan ve işlevleri programlamak için otomatik yazılım kullandığından, işlem her üretim çalışması sırasında doğru, öngörülebilir ve tekrarlanabilir sonuçlar üretir. EDM, elde edilen ürünün yüzey kaplamasından ödün vermeden artan kalınlıkta sert malzemeler ve alaşımlar çalışabilir. Tel

EDM, mevcut diğer işlemlere göre daha uygun maliyetli ve zaman tasarrufludur (Kurtuluş, 1998).

Yerleşme Yöntemi

Görelî hareketi ve elektrot şeklinin orada kullanıldığı malzemeyi kullanarak yerleşim, çevresi ve önden şekillendirilmiş bir elektrotun kullanıldığı bir işlemdir. Bu yöntemi kullanarak 0,3 mm çapında derin delikler uygulamak da mümkündür.

Avantajları: Mükemmel yüzey kalitesi, Yüksek hassasiyet, 420 mm'ye kadar yüksekliklerde (sert metaller dâhil) sert maddelerin kesilmesi.

Dezavantajları: Yüksek elektrik tüketimi, filtrasyon ve soğutma sistemleri, Hiçbir işleme yöntemi daha yavaş değildir.

Teknik özellikleri: 800 mm'ye kadar bir açıda tel kesme- 350 mm yüksekliğe kadar, Aynı anda 6 eksenle kombine kesim (X, Y, U, V, A, Z eksenleri). 0.10 mm'den itibaren kanal kesimi. 420 mm yüksekliğe kadar tel kesme. İki ek eksen kullanarak spiral kesim. Özel tel kesimlerinde minimum köşe yarıçapı- 0,05 mm. 0,3 ile 1,5 arasında, 300 mm derinliğe kadar olan delikler. CNC kontrollü Yerleştirme.

Ultrasonik İşleme Yöntemi

Ultrasonik titreşim işleme olarak da bilinir, parçacıklar ile birleştirilmiş yüksek frekanslı titreşimler kullanarak malzemeyi bir iş parçasından çıkarmak için kullanılan bir üretim sürecidir. Ultrasonik bir alet, esasen, zaman içinde, kullanıldığı iş parçasından malzemeyi çıkaran birçok küçük titreşim oluşturur. Ultrasonik işlemede, bir alet mikro boyutlu parçacıkları iş parçasına doğru yansıtan titreşimler yaratır. Parçacıklar tipik olarak su veya diğer sıvılarla karıştırılarak bir bulamaç oluşturulur. Ultrasonik alet etkinleştirildiğinde, bu parçacıkları iş parçasının yüzeyine doğru yüksek bir hızla yansıtır. Parçacıkların aşındırıcı doğası, malzemeyi iş parçasının yüzeyinden öğütmeye yardımcı olur. Diğer mekanik işleme yöntemi Aşındırıcı jet işlemedir. Dalgalar, mekanik titreşime daha da dönüştürülen Manyetik konum sensörleri (manyetostriktif) etkiler kullanılarak üretilir. "Manyetostriksiyon", alternatif bir manyetik

alan nedeniyle ferromanyetikte meydana gelen boyutlardaki değişiklik anlamına gelir. Bu işlemde herhangi bir ısı üretilmez ve alet, 0.01 ila 0.06 mm arasında bir genlikle 20 ila 30 kHz'de uzunlamasına titreşir. Alet, işlenecek boşlukla aynı şekle sahiptir.

Aşağıdaki Gibi Ultrasonik Makinesi Farklı Bölümden Oluşur

Güç Kaynağı: Başlamak için, işleme işlemi gücü gereklidir. İlkini gösteren diyagram güç kaynağına bağlıdır.

Elektro-Mekanik Dönüştürücü: AC kaynağına bağlı bir elektromekanik dönüştürücü. Dönüştürücü bir elektrik sinyalini mekanik bir sinyale dönüştürürken, mekanik titreşim üretmek için kullanılan elektromekanik dönüştürücü.

Hız Trafosu: Aleti sıkıca tutar.

Araç: Alet, işlem yapıldığında kırılabilir kırılmaya yol açmayacak şekilde tasarlanmalıdır. Bu nedenle alet, çelik, paslanmaz çelik veya HSS (Yüksek paslanmaz çelik), hafif çelik vb. gibi sert, güçlü ve sünek malzemelerden yapılmıştır.

Aşındırıcı Bulamaç: Bu işlemede bir aşındırıcı bulamaç olarak kullanılan aşındırıcı parçacığın su esaslı bir bulamaçtır. Alüminyum oksit, Silikon karbür, Bor karbür, bu bulamaçta aşındırıcı bir parçacık olarak kullanılır.

Aşındırıcı Tabanca: Aşındırıcı bir bulamaç sağlamak için bir aşındırıcı tabanca kullanılır; bu, aşındırıcı tanenin ve takım iş parçası ara yüzü arasındaki suyun belirli bir basınç altında karışımıdır.

İş Parçası: Makineler gibi çeşitli teknikler gerçekleştirdikçe: Çok hassas ve karmaşık şekilli ürünlerin işlenmesi, Herhangi bir şeklin yuvarlak deliklerinin açılması, Kırılabilir malzemelerin öğütülmesi, Deliklerin profili, gravür, delik açma ve basma, dış açma

Ultrasonik İşleme Uygulamaları: Çok hassas ve karmaşık şekilli ürünlerin işlenmesi, Herhangi bir şeklin yuvarlak deliklerinin açılması, Kırılabilir malzemelerin öğütülmesi, Deliklerin profili, Gravür, Trepaning ve basma, Sert malzemelerin dilimlenmesi ve broşlanması, Camların, seramiklerin işlenmesi, Hassas mineral taşların işlenmesi, tungsten, Ka-

lıpların delinmesi ve operasyonun ayrılması için, Bu, mikro yapılı cam levhalar gibi mikro-elektro-mekanik sistem bileşenlerinin oluşturulmasında kullanılacak kadar hassastır. Elmas istenen şekiller için kesilir.

Ultrasonik İşleme Avantajları: Bu işlem karbür, seramik vb. gibi çok sert malzemelerde hem dairesel hem de dairesel olmayan deliklerin delinmesi için kullanılır. Bu işlem kırılğan malzemeler için en uygun yöntemdir. İşleme işlemi basittir ve daha az zaman gerektirir. Bu süreç ekonomiktir. Cam, Seramik, tungsten arazi yarı kıymetli taşlar işlenebilir. Yarı vasıflı bir operatör makineyi çalıştırabilir. Daha iyi verimlilik elde edilebilir. İyi yüzey kalitesi. Hem iletken hem de iletken olmayan malzemeler için uygundur. Yüksek doğruluk elde edilebilir.

Malzemeyi iş parçalarından çıkarabilen düzinelerce başka üretim süreci vardır, uygulamaları genellikle güçlü ve dayanıklı malzemelerden yapılmış iş parçaları ile sınırlıdır. Bununla birlikte, Ultrasonik işleme benzersizdir, çünkü sert ve kırılğan malzemelerden yapılmış olanlar da dâhil olmak üzere neredeyse her tür iş parçasından malzemeyi çıkarabilir. Bir iş parçası cam, seramik veya hatta kuvarstan yapılmış olsun, fiziksel boyutları Ultrasonik işleme kullanılarak değiştirilebilir.

Ultrasonik işleme, ısıtma iş parçaları gerektirmez. Bir iş parçası termal dalgalanmalara karşı hassassa, bu işleme prosesi kullanılarak güvenle değiştirilebilir. Ultrasonik işleme sırasında, iş parçasının sıcaklığı aynı kalacaktır. Başka bir deyişle, işlem ne iş parçasının ısıtılmasını ne de soğutulmasını gerektirir. Ayrıca, Ultrasonik işleme diğer birçok işleme işleminden daha yüksek tolerans sunar. Diğer işleme süreçlerinde mümkün olmayan yüksek toleranslı iş parçalarını değiştirebilir.

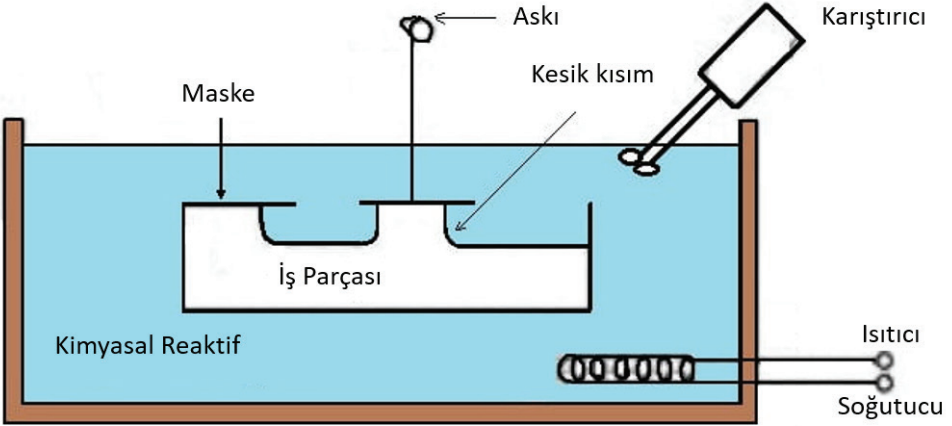
Ultrasonik İşlemenin Dezavantajları: Düşük malzeme kesme oranı, Yüksek güç tüketimi, Düşük nüfuz etme oranı, İşlem küçük boyutlu işlenmiş yüzeyle sınırlıdır, Daha kısa takım ömrü, Ultrasonik titreşim işleme sadece sertlik değeri en az 45 HRC (Rockwell Sertliği) olan malzemeler üzerinde kullanılabilir.

Öte yandan, ultrasonik işlemenin birkaç dezavantajı vardır, bunlardan biri ortalamadan daha yavaş malzeme çıkarma oranıdır. Malzemeyi iş parçalarından çıkarmanın özellikle hızlı bir yolu değildir. Aksine, diğer birçok işleme işleminden daha yavaştır. Seri üretim süreçleri ara-

yan imalat şirketleri için ultrasonik işleme kötü bir seçim olabilir. Ortalamadan daha yavaş malzeme çıkarma oranına ek olarak, ultrasonik işleme derin deliklerin kullanımını desteklemez. İmalat firmalarının, bir ultrasonik işleme aracına maruz bırakmadan önce iş parçalarına delik açması nadir değildir. Bununla birlikte, bir delik çok derinse, bulamaç onu dolduramaz.

Kimyasal İşleme Yöntemi

İstenen şekil ve boyutların üretimi için malzeme çıkarma işlemidir. Asitler veya alkaliler ile kontrollü bir kimyasal saldırı ile malzemenin seçici veya genel olarak uzaklaştırılmasıyla yapılır. Metal, kimyasal reaksiyon ile yavaşça metalik tuz haline dönüştürülür ve son olarak bu formda uzaklaştırılır. Malzemenin çıkarılmayacağı alanlar, maskeleyici veya 'dirençli olarak bilinen aşınmaya dayanıklı bir malzeme ile korunmaktadır. Metallerden seramiğe kadar hemen hemen tüm malzemeler kimyasal olarak işlenebilir. İşlenecek bileşen ilk önce trikloroetilen buharında veya 80°C-90°C'de hafif bir alkalın çözeltisi çözeltisinde temizlenir, ardından temiz suda yıkanır.



Şekil 11. Kimyasal İşleme Yöntemi

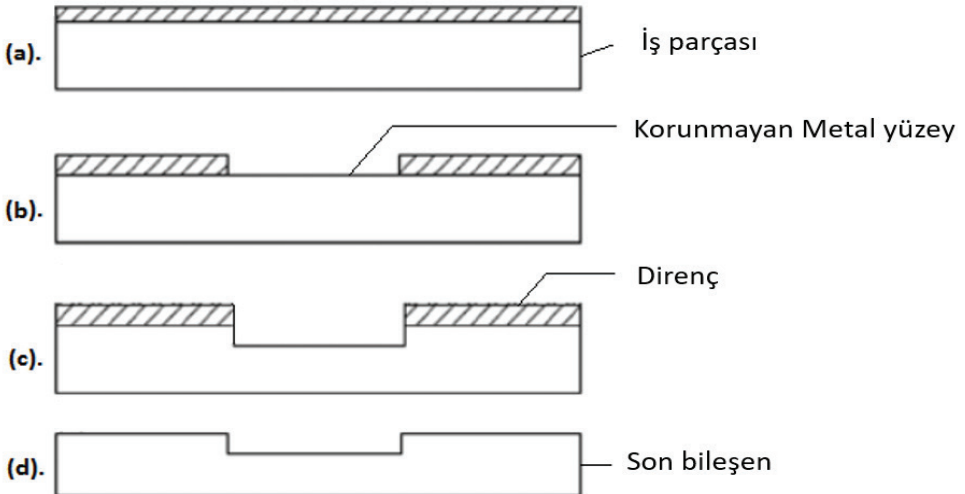
En kaba yöntemlerden biri, püskürtme veya daldırma ile bileşenin her tarafını kaplamaktır. Bu, tozu ve yağı temizler. Temizlik, kaplama

veya maskeleye maddesinin iyi yapışmasını sağlar. Temizlendikten sonra bileşen kurutulur ve kesilebilen ve soyulabilen, ışığa dayanımlı veya ipek baskı tipinde maskant malzeme ile kaplanır. Son olarak, metal dağlama ile çıkarılır.

Kimyasal İşleme Süreci: İşlem, frezeleme, körleme ve gravür gibi farklı işlem türlerine uygulanabilir. Farklı kimyasal işleme işlemleri şu şekilde sınıflandırılabilir: (1) Kimyasal frezeleme (2) Kimyasal körleme (3) Kimyasal gravür

Bazı özel amaçlar için kimyasal işleme, işleme bölgesinde bir reaktif gaz jeti, örneğin klor kullanılarak da gerçekleştirilebilir. Bu Gazlı Kimyasal İşleme veya Sıcak Klor İşleme olarak bilinir ve metal parçaların çapaklarının alınması için kullanılabilir.

Kimyasal Öğütme: Kimyasal frezeleme bazen frezeleme veya kontrol işleme veya dağlama olarak adlandırılır. Metal parçaların nispeten geniş yüzey alanlarından seçici veya genel olarak uzaklaştırılmasıyla şekiller üretmek için kullanılır. Temel amaç sığ ama karmaşık profiller elde etmek, uçanın derisinde olduğu gibi yüzeyden istenmeyen malzemeleri çıkararak ağırlığı azaltmaktır.



Şekil 12. Kimyasal Öğütme İşlemi

Bileşenler temizlenir ve trikloroetilen buharına daldırma ile yağdan arındırılır. Veya bazı alternatif kimyasal temizleyiciler ve ardından temiz suda yıkayın. Bileşen daha sonra fırçalama, daldırma veya püskürtme (0.2 mm'ye kadar) ile bir kesme ve soyma maskeleyici ile kaplanır. Bu, neopren esaslı uygun bir sıvı olabilir. Veya aşındırma maddesinin etkisine karşı geçirimsiz bazı alternatif plastik çözeltileri (10 mm'ye kadar aşındırma derinliklerine izin verir).

Bu kurduğunda, aksi takdirde hafifçe ısıtılarak, çalışma malzemesi üzerinde işlenecek olan istenen şekil, bir sıyırma bıçağı ile maskant üzerinde kesilir ve maskeleyicinin işlenmemiş kısımları soyulur. Genellikle tasvir etmek için bir şablon kullanılır. Tolerans dâhilinde istenen işleme şekli. Parçalar daha sonra açıkta kalan metalden uzaklaşacak (aşınacak) bir kimyasallar tankına tamamen daldırılır. Gerekli derinliğe kadar aşındırma ve etchant'ın tüm izlerini gidermek için yıkandıktan sonra, tüm maskeleme bileşenden sıyrılır ve yüzeyleri anotlanır veya gerektiğinde geçici bir koruyucu ajan ile işlenir.

Optimum zaman, sıcaklık ve çözelti kontrolü ile nispeten sığ kesme derinliklerinde +0,01 mm aralıkları elde edilebilir. Elde edilen yüzey kalitesi yaklaşık 5 mikron olabilir. Alüminyum alaşımları 1,6 mikron mertebesinde daha iyi yüzey kalitesi gösterir. Bir alüminyum bileşen üzerindeki metal çıkarma oranının yaklaşık 140 cm² / dakika olduğu bildirilmektedir.

Kimyasal körlme: Kimyasal körlme, kimyasal körlme, fotoğraf oluşturma, foto fabrikasyon veya fotoğraf dağlama kimyasal öğütmenin bir çeşididir. Bu işlemde, malzeme kimyasal etki ile çeşitli alanlardan tamamen çıkarılır. İşlem esas olarak tabakalarında ve folyolarında kullanılır. Bu işlemle hemen hemen her metal işlenebilir, ancak 2 mm'den daha ince malzeme için önerilmez.

İş parçası asit veya alkalilerle temizlenir, yağdan arındırılır ve asitle temizlenir. Temizlenen metal kurutulur ve iş parçasına daldırma, koşuşturma ile kaplama veya püskürtme yoluyla foto direnç malzemesi uygulanır. Daha sonra kurutulur ve sertleştirilir. Fotoğraf yöntemi, fotorezist malzemelerde aşınmaya dayanıklı görüntüler üretmek için kullanılmıştır.

Bu tür maskant, belirli bir frekanstaki ışığa, normalde ultraviyole ışığa ve oda ışığına karşı duyarlıdır. Bu yüzey şimdi, tıpkı gelişmekte olan resimlerde olduğu gibi, negatif, yani gerekli tasarımın bir fotoğraf plakası yoluyla ışığa maruz kalmaktadır. Pozlamadan sonra görüntü geliştirilir. Pozlanmamış kısımlar, çıplak metali gösteren geliştirme işlemi sırasında ayrılır.

Kullanılan metal daha sonra kimyasal bir etchant ile püskürten bir makineye yerleştirilir veya çözeltiye çekilir. Aşındırma çözeltisi hidroklorik asit (titanyum için) veya diğer birkaç kimyasaldan biri olabilir. 1 ila 15 dakika sonra, istenmeyen metal yenildi ve bitmiş parça, etchant'ı çıkarmak için hemen durulamaya hazır. Baskılı devre kartları, diğer gravür işlemleri ve karmaşık tasarımların boyanması, fotorezist maskeler kullanılarak kimyasal körleme ile uygun şekilde yapılabilir. Çok ince metal (0.005 mm) iyi dağlanabilir. +0.015 mm'lik yüksek doğruluk korunabilir. Yüksek üretim hızı otomatik fotoğraf tekniği kullanılarak karşılanabilir.

Kimyasal İşleme Uygulaması: CHM, metal çıkarma derinliğinin birkaç mikron için çok önemli olduğu ve toleransların yakın olduğu birkaç kullanımda uygulanmıştır. İşlemden elde edilen yüzey kalitesi 0.5 ila 2 mikron arasındadır. Ayrıca, dövme, döküm, ekstrüzyon veya şekillendirilmiş dövme stok gibi şekillendirilmiş veya düzensiz şekilli parçaların tüm yüzeyinin bir bölümünü metali çıkarır. Kimyasal işlemin en önemli uygulamalarından biri, çapaksız, karmaşık damgaların imalatıdır.

Kimyasal İşlemin avantajları ve dezavantajları; Avantajları, bu işlemin iş parçasını bozmasını, çapak üretmemesi ve işlenmesi en zor malzemeler üzerinde kolayca kullanılabilmesidir. Bununla birlikte, işlem yavaştır ve bu nedenle genellikle büyük miktarlar üretmek veya 2 mm'den daha kalın malzeme işlemek için kullanılmaz. Bazı küçük parçalar, üretimi hızlandıran tek bir plaka üzerinde bir seferde 10 ila 100 yapılır.

Elektrokimyasal İşleme Yöntemi

Elektrokimyasal işleme, istenen şekli oluşturmak için malzemeyi iş parçasından kaldıran başka bir işleme işlemidir. Bu işleme, malzemeyi

çıkarmak ve iş parçasını değiştirmek için elektrokimyasal bir işlem kullanılır. Burada elektrokimyasal işlemin nasıl çalıştığına ve işleme süreciniz için faydaları ve dezavantajlarına bakıyoruz. Elektrokimyasal işleme, iş parçasını değiştirmek için hem bir elektrolit çözeltisi hem de bir elektrik akımı kullanır. Elektrokimyasal işleme için elektriksel iletkenlik gerektiğinden, iş parçası malzemesi iletken olmalıdır.

Elektrokimyasal işleme, elektrokimyasal veya galvanik kaplamaya zıt bir işlemdir. Elektrokimyasal işlemede, iş parçası anot olarak alınır ve takım katot olarak alınır. Bunların her ikisi de bir elektrolit çözeltisine yerleştirilir ve aralarındaki çözeltiden bir elektrik akımı geçirilir. İş parçası ve alet birbirine çok yakın yerleştirilmiş ancak dokunmuyor. Elektrik akımı uygulandığında, iş parçasından çıkan malzeme atom seviyesinde gerçekleşir ve düzgün bir sonuç verir.

Elektrokimyasal Süreç: Elektrokimyasal işlemde, malzemenin iş parçasından çıkarılma şekli oldukça benzersizdir. Elektrokimyasal reaksiyonlar, anotta (iş parçası) ve katotta (alet) ve ayrıca çevredeki elektrolit sıvısında gerçekleşir. Elektrik akımı elektrot boyunca uygulandığında, iyonlar alet ve iş parçası arasında hareket eder. Elektrokimyasal işlemede, pozitif iyonlar alete, negatif iyonlar ise iş parçasına doğru hareket eder. Bu elektro kaplamanın tam tersidir.

Elektronlar iş parçası ve alet arasındaki boşluğu geçtikçe, metal iyonları iş parçasından uzaklaşır. Bu iyonlar, elektrolit çözeltisi tarafından taşınan metal hidroksitleri oluşturmak için hidroksil iyonları ile birleşir. Sonuç, istenen şekli oluşturmak için istenen malzeme çıkarılmış, pürüzsüz bir şekilde işlenmiş bir iş parçasıdır. Elektrokimyasal İşlemin Faydaları: Elektrokimyasal işleme süreci, iletken malzemelerin işlenmesi için mükemmel bir seçim olmasını sağlayan bir dizi avantaja sahiptir.

Elektrokimyasal işleme, takım ile iş parçası arasında temas olmadığı ve artık gerilme kuvveti oluşmadığı için başka bir son işlem gerektirmeyen mükemmel bir ayna yüzeyi kaplaması üretir. Alet ve iş parçası arasında temas ve sürtünme olmadığı için işleme sürecinde daha az ısı oluşur. Yüksek talaş kaldırma oranları da mümkündür ve titanyum alüminitler veya yüksek nikel, kobalt ve renyum alaşımları gibi sert veya olağandışı metallerde küçük ve karmaşık işleri kesmek bile mümkün-

dür. Karmaşık içbükey ve kavisli iş parçaları, doğru dışbükey ve içbükey aletler kullanılarak kolayca üretilebilir.

Elektrokimyasal işleminin birçok faydasına rağmen, bazı dezavantajlar vardır. Bir salin veya asidik elektrolit, alet, iş parçası veya donanım için korozyon riskini artırabilir. Elektrokimyasal işleme düzeneği aynı zamanda yüksek bir ilk yatırım ve yüksek elektrik işletme maliyetleri gerektirir. Son olarak, sadece iletken malzemeler işlenebilir. Ancak elektrokimyasal işleme, makinenin işlenmesi çok zor olan bazı malzemelerin hassas işlenmesi için çok kullanışlı bir seçenek ekler. Elektrokimyasal işleme, geleneksel işleme kullanılmadığında tipik olarak son çare olarak kullanılır. Bunun nedeni çok yavaş bir süreç olmasıdır.

Su Jeti Yöntemi

Wisconsin'deki Paper Patents Company 1933 yılında, yatay olarak hareket eden sürekli bir kâğıt tabakasını kesmek için çapraz olarak hareket eden bir su jeti memesi kullanan bir kâğıt ölçme, kesme ve makara makinesi geliştirdi. Bu cihaz düşük basınçtaydı ve kâğıt gibi yumuşak malzemelerle sınırlıydı.

Su jeti teknolojisi, dünya çapında araştırmacılar yeni verimli kesme sistemleri yöntemleri aradıkça savaş sonrası dönemde gelişti. Sıra ile pompalar, basınçlar ve suyun püskürtüldüğü memeler gelişse de asıl gelişme Conta teknolojisindeki gelişmeler ve savaş sonrası yıllarda plastiklerin yükselmesi, ilk güvenilir yüksek basınçlı pompanın geliştirilmesine yol açtı. Kansas Baxter Springs'deki McCartney Üretim Şirketi, 1960 yılında polietilen endüstrisi için bu yüksek basınçlı pompaları üretmeye başladı. Kent Akış Industries, Washington, 1973, yüksek basınçlı sıvı yoğunlaştırıcı John Olsen gelişimi ile waterjets ticari canlılığı temelini oluşturmuştur. 1976 prototip bir tasarım Flow Industries daha sonra yüksek basınçlı pompa araştırmalarını su jeti nozul araştırmalarıyla birleştirdi ve su jeti kesimini imalat dünyasına getirdi.

Yumuşak malzemeler için su ile kesim yapmak mümkün olmakla birlikte, bir aşındırıcının eklenmesi, su jetini tüm malzemeler için modern bir işleme aracına dönüştürdü. Bu, su akışına bir aşındırıcı ekleme fikrinin Elmo Smith tarafından sıvı aşındırıcı raspa için geliştirildiği

1935'te başladı (Smith vd. 1936). Smith'in tasarımı 1937 yılında Hydroblast Corporation'dan Leslie Tirrell tarafından daha da geliştirildi, bu da ıslak kumlama amacıyla yüksek basınçlı su ve aşındırıcı bir karışım yaratan bir nozül tasarımıyla sonuçlandı.

Modern Aşındırıcı Su Jetleri (AWJ) kesimi ile ilgili ilk yayınlar 1982 BHR işlemlerinde Dr. Mohamed Hashish tarafından ilk kez nispeten az miktarda aşındırıcıya sahip su jetlerinin çelik ve beton gibi sert malzemeleri kesebildiğini gösteren yayınlandı. Makine Mühendisliği dergisinin Mart 1984 sayısı, AWJ ile kesilen titanyum, alüminyum, cam ve taş gibi daha fazla ayrıntı ve malzeme gösterdi. Dr. Mohamed Hashish, 1987 yılında AWJ'nin oluşturulması konusunda bir patent aldı. Yeni terimi Abrasive Waterjet'i de oluşturan Dr. Hashish(AWJ) ve ekibi, şu anda dünya çapında 50'den fazla sektörde bulunan birçok uygulama için AWJ teknolojisini ve donanımını geliştirmeye ve geliştirmeye devam etti. En kritik gelişme, yüksek basınçlı AWJ'nin gücüne dayanabilecek dayanıklı bir karıştırma tüpü oluşturmaktı ve ROCTEC seramik tungsten karbür kompozit tüplerinin çalışma ömrünü önemli ölçüde arttıran Boride Ürünleri (şimdi Kennametal) geliştirmesiydi. AWJ başlığı. AWJ nozulları üzerindeki çalışma mikro aşındırıcı su jeti üzerindedir, bu nedenle 0,015 inçten (0,38 mm) daha küçük jetlerle kesim ticarileştirilebilir.

Ingersoll-Rand Su Jeti Sistemleri ile çalışan Michael Dixon, bugün yaygın kullandıkları çok benzeyen aşındırıcı bir su jeti sistemi olan titanyum levhaları kesmek için ilk üretim pratik yöntemini hayata geçirdi. Ocak 1989'a gelindiğinde, bu sistem büyük ölçüde Rockwell'in Newark, Ohio'daki Kuzey Amerika Havacılık tesisinde B-1B için titanyum parçaları üreten günde 24 saat çalıştırılıyordu.

Aşındırıcı ve Saf Su Jeti Kesimi Arasındaki Fark Nedir? Aşındırıcı su jeti kesiminde, sert malzemeleri kesmek için yüksek basınçlı suya eklenen bir aşındırıcı parçacık (örn. Granat) kullanılır. Aşındırıcı parçacık, bir su jeti kesim makinesinin memesindeki suya eklenir. Bu işlemde, aslında malzemeyi kesme işini yapan aşındırıcı parçacıktır. Suyun rolü, aşındırıcı parçacığı kesmeye uygun bir hıza kadar hızlandırmak ve parçacıkları seçilen kesme noktasına yönlendirmektir.

Su basıncını arttırarak, böylece suyu ve parçacıkları daha yüksek bir hıza hızlandırarak veya su ve parçacıkların akış hızını arttırarak ve böylece parçacıkların malzeme üzerindeki etki oranını arttırarak kesme etkinliği arttırılabilir. Aşındırıcı su jeti ile kesme, metaller, taşlar veya kalın plastikler gibi daha sert veya daha kalın malzemeler için idealdir.

Saf su jeti ile kesme, aşındırıcı parçacıklar eklenmeden su jeti ile kesme işlemini tanımlamak için kullanılan bir terimdir. Bu durumda, malzemeye nüfuz eden suyun basıncı ve hızıdır. Saf su jeti ile kesme, kumaş, kauçuk veya metal folyolar gibi daha yumuşak malzemeler için idealdir. Saf su kesimi için anahtar uygulamalardan biri, sanayiye yöneten katı sağlık düzenlemelerinin aşındırıcı katkı maddeleri olmadan saf su kullanılarak karşılanabileceği gıdaların işlenmesidir.

Su Jeti Kontrolü: Su jeti ile kesme geleneksel imalat atölyelerine taşınırken, kesicinin güvenilir ve doğru bir şekilde kontrol edilmesi şarttı. Erken su jeti kesim sistemleri, mekanik pantograflar ve John Parsons'ın 1952 NC freze makinesine dayanan ve G kodunu çalıştıran CNC sistemleri gibi geleneksel sistemleri uyarladı. Su jeti teknolojisinin doğasında var olan zorluklar, doğruluk memenin köşelere ve ayrıntılara yaklaştıkça hızını değiştirmeye bağlı olduğundan, geleneksel G-Kodunun yetersizliklerini ortaya çıkarmıştır. Bu değişkenleri dahil etmek için hareket kontrol sistemleri oluşturmak, 1990'ların başında önde gelen su jeti üreticileri için büyük bir yenilik haline geldi ve OMAX Corporation'dan Dr John Olsen, su jeti nozulunu hassas bir şekilde konumlandırmak için sistemler geliştirirken yol boyunca her noktada hızı doğru bir şekilde belirledi ve ayrıca ortak PC'leri kontrolör olarak kullanmasını belirledi. En büyük su jeti üreticisi Flow International (Flow Industries'in bir parçası), bu sistemin avantajlarını tanıdı ve OMAX yazılımını lisansladı, bunun sonucunda dünya çapında su jeti kesim makinelerinin büyük çoğunluğunun kullanımı kolay, hızlı ve doğru.



Şekil 13. Büyük Su Jeti Aşındırıcı Kesme Makinesi

Operasyon: Tüm su jetleri, bir nozul ile bir kirişe odaklanmış yüksek basınçlı su kullanma prensibini takip eder. Çoğu makine bunu önce suyu yüksek basınç pompasından geçirerek başarır. Bu yüksek basıncı oluşturmak için kullanılan iki tip pompa vardır; bir yoğunlaştırıcı pompa ve bir doğrudan tahrik veya krank mili pompası. Doğrudan tahrikli pompa, bir araba motoruna benzer şekilde çalışır ve krank miline bağlı pistonları kullanarak yüksek basınçlı borulardan su zorlar. Yoğunlaştırıcı pompa, suyu küçük bir delikten zorlayan bir pistonu hareket ettirmek için hidrolik yağı kullanarak basınç oluşturur. Su daha sonra yüksek basınçlı boru boyunca su jetinin nozuluna gider. Memede su, bir mücevher deliği ile ince bir kirişe odaklanır. Bu su demeti memeden çıkarılır, Mach 3 emriyle hız jeti ile püskürtülerek malzeme kesilir, yaklaşık 2.500 ft / s (760 m / s). Proses, su memeye ulaşıncaya kadar aşındırıcı su jetleri için aynıdır. Burada granat ve alüminyum oksit gibi aşındırıcılar, bir aşındırıcı girişi vasıtasıyla nozüle beslenir. Aşındırıcı daha sonra bir karıştırma tüpünde su ile karışır ve yüksek basınçta sondan dışarı itilir.

Yararları: Su jetinin önemli bir yararı, ısıdan etkilenen bölge (HAZ) olmadığından, doğal yapısına müdahale etmeden malzemeyi kesme ye-

tenegidir. Isı etkilerinin en aza indirilmesi, metallerin içsel özelliklere zarar vermeden veya değiştirmeden kesilmesine izin verir. Keskin köşeler, pahlar, delme delikleri ve minimal iç yarıçaplı şekiller mümkündür. Su jeti kesicileri ayrıca malzemede karmaşık kesimler üretebilir. Özel yazılım ve 3 boyutlu işleme kafaları ile karmaşık şekiller üretilebilir.

Çentik, kesme ya da genişliği meme parçaları takas, hem de aşındırıcı tipi ve boyutunu değiştirerek ayarlanabilir. Tipik aşındırıcı kesikler, 1.0-1.3 mm (0.04 ila 0,05 inç) aralığında bir çentik içerir, ancak 0.51 mm (0,02 inç) kadar dar olabilir. Aşındırıcı olmayan kesimler normalde 0.18-0.33 mm (0.007 ila 0.013 inç) 'dir, ancak yaklaşık bir insan saçı olan 0.003 inç (0.076 mm) kadar küçük olabilir. Bu küçük jetler, çok çeşitli uygulamalarda küçük ayrıntılara izin verebilir.

Su jetleri 0,15 mm'ye (0,25 mm) kadar hassasiyet ve 0,001 inç'e (0,025 mm) kadar tekrarlana bilirlilik sağlayabilir (Yazıcıoğlu ve Yalçinkaya, 2003). Nispeten dar çentiği nedeniyle, su jeti ile kesme, kesilmemiş parçaların geleneksel kesme yöntemlerinden daha yakın bir şekilde yuvalanmasına izin vererek, üretilen hurda malzeme miktarını azaltabilir. Su jetleri dakikada yaklaşık 0.5 ila 1 US gal (1.9-3.8 l) kullanır (kesme kafasının delik boyutuna bağlı olarak) ve su bir kapalı döngü sistemi kullanılarak geri dönüştürülebilir. Atık su genellikle bir tahliye filtreleyecek ve bertaraf edecek kadar temizdir. Granat aşındırıcı, tekrarlanan kullanım için çoğunlukla geri dönüştürülebilen toksik olmayan bir malzemedir; Aksi takdirde, genellikle çöp sahalarına atılabilir. Su jetleri de daha az havadan gelen toz parçacıkları, duman, duman ve kirletici maddeleri üretmek, tehlikeli malzemelere operatörün maruz kalmasını azaltır. Su jeti teknolojisini kullanarak et kesimi, temas ortamı (yani bir bıçak) olmadığından çapraz kontaminasyon riskini ortadan kaldırır. Kesme akımının doğası kolayca modifiye edilebildiğinden, su jeti neredeyse her endüstride kullanılabilir; su jetinin kesebileceği birçok farklı malzeme vardır. Bazıları kesim yaparken özel dikkat gerektiren benzersiz özelliklere sahiptir.



Şekil 14. Su Jeti İle Metal Bir Alet Kesme

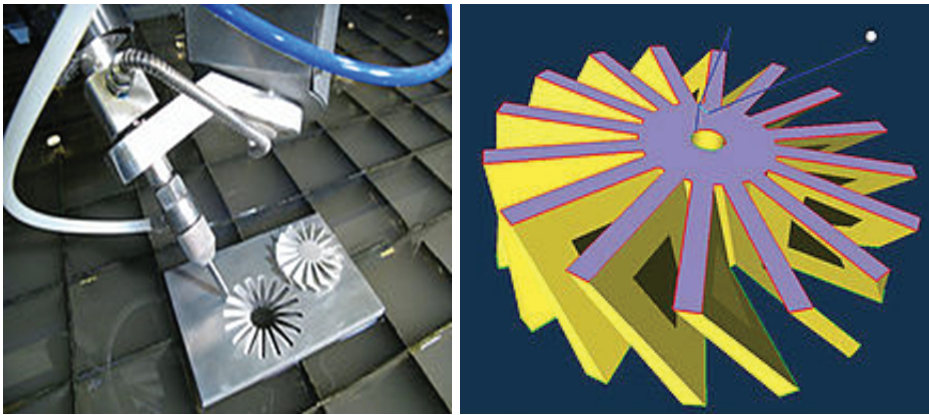
Bir su jeti ile yaygın olarak kesilen malzemeler arasında tekstil, ka-
uçuk, köpük, plastik, deri, kompozitler, taş, fayans, cam, metaller, gıda,
kâğıt ve çok daha fazlası bulunur. “Çoğu seramik, kullanılan aşındırıcıdan daha yumuşak olduğu sürece (Mohs ölçeğinde 7.5 ile 8.5 arasında) bir aşındırıcı su jeti ile kesilebilir”. Su jeti ile kesilemeyen malzeme örnekleri temperli cam ve elmadır. Su jetleri 6 inç (150 mm) metal ve 18 inç (460 mm) çoğu malzemeyi kesebilir, özel kömür madenciliği uygulamalarında, su jetleri kesim yapabilir 1 inç (25 mm) başlık kullanarak 100 m’ye (30 m) kadar. Özel olarak tasarlanmış su jeti kesicileri, bağlayıcı yıkamaya maruz kalan yol yüzeylerinden fazla bitümeni gidermek için yaygın olarak kullanılır. Yıkama, agrega bitümlü bağlayıcı tabaka ile düzleştğinde sıcak havalarda ortaya çıkan doğal bir durumdur ve ıslak havalarda tehlikeli derecede pürüzsüz bir yol yüzeyi oluşturur.

Kullanılabilirlik: Ticari su jeti kesim sistemleri, tüm dünyadaki üreticilerden, çeşitli boyutlarda ve çeşitli basınçlara sahip su pompaları ile mevcuttur. Tipik su jeti kesim makineleri, birkaç fit kare kadar küçük veya yüzlerce fit kare kadar çalışma zarfına sahiptir. Ultra yüksek basınçlı su pompaları 40.000 psi (280 MPa) ile 100.000 psi (690 MPa) kadar düşük sıcaklıklarda mevcuttur.

Su Jeti Kesiminin Altı Ana İşlem Özelliği Vardır

- Akışta asılı olabilecek olası aşındırıcı parçacıklara sahip yüksek basınçlı bir pompa tarafından üretilen yüksek hızlı Ultra Yüksek Basınçlı Su 30.000-90.000 psi (210-620 MPa) kullanır.
- Isıya duyarlı, hassas veya çok sert malzemeler de dahil olmak üzere çok çeşitli malzemelerin işlenmesi için kullanılır.
- İş parçası yüzeyine veya kenarlarına ısı hasarı vermez.
- Memeler tipik olarak sinterlenmiş boritten yapılır veya kompozit tungsten karbür.
- Çoğu kesimde 1 dereceden daha az bir koniklik üretir, bu da kesim işlemini yavaşlatarak veya jeti yatırarak tamamen azaltılabilir veya ortadan kaldırılabilir.
- Memenin iş parçasından uzaklığı çentik boyutunu ve malzemenin çıkarılma oranını etkiler. Tipik mesafe 3,12 mm'dir.

Sıcaklık bir faktör kadar değildir. Su jeti ile kesilen parçalar için kenar kalitesi Q1 ile Q5 arasındaki kalite sayılarıyla tanımlanır. Düşük sayılar daha pürüzlü kenar kaplamayı gösterir; yüksek sayılar daha yumuşaktır. İnce malzemeler için, Q1'in kesme hızı farkı Q5'in hızından 3 kat daha hızlı olabilir. Daha kalın malzemeler için Q1, Q5'ten 6 kat daha hızlı olabilir. Örneğin, 4 inç (100 mm) kalınlığında alüminyum Q5, 0,72 inç / dk (18 mm / dk) ve Q1, 4.2 inç / dk (110 mm / dk), 5.8 kat daha hızlı olacaktır.



Şekil 15. Eksenli Su Jeti Kesim Örneği

1987 yılında Ingersoll-Rand Su Jeti Sistemleri Robotik Su Jeti Sistemi adı verilen 5 eksenli saf su jeti kesim sistemi sundu. Sistem, genel boyutta HS-1000'e benzer bir havai portal tasarımıydı.

Kontrol ve hareket teknolojisindeki son gelişmelerle birlikte, 5 eksenli su jeti ile kesme (aşındırıcı ve saf) bir gerçeklik haline gelmiştir. Bir su jeti üzerindeki normal eksenler Y (modern / geri), X (sol / sağ) ve Z (yukarı / aşağı) olarak adlandırıldığında, 5 eksenli bir sistem tipik olarak bir A eksenini (dikeyden açı) ve C eksenini ekleyecektir (Z eksenini etrafında dönme). Kesme kafasına bağlı olarak, A eksenini için maksimum kesme açısı 55, 60 veya bazı durumlarda dikeyden 90 derece bile olabilir. Bu şekilde, 5 eksenli kesim, bir su jeti kesim makinesinde işlenebilen çok çeşitli uygulamaları açar.

4 eksenli parçaları kesmek için bir 5 eksenli kesme kafası kullanılabilir, burada alt yüzey geometrileri uygun açıyı üretmek için belirli bir miktarda kaydırılır ve Z eksenini bir yükseklikte kalır. Bu, daha sonra kaynak yapılacak bir parçanın tüm kenarlarında bir eğim açısının kesilmesi gereken kaynak hazırlığı veya çentik açısının atık malzemeye aktarıldığı konik telafi amaçları için- böylece konikliğin yaygın olarak ortadan kaldırılması için faydalı olabilir. Su jeti ile kesilmiş parçalarda bulunur. 5 eksenli bir kafa, Z ekseninin diğer tüm eksenlerle birlikte hareket ettiği parçaları kesebilir. Bu tam 5 eksenli kesim, şekillendirilmiş parçaların çeşitli yüzeylerindeki konturları kesmek için kullanılabilir¹¹.

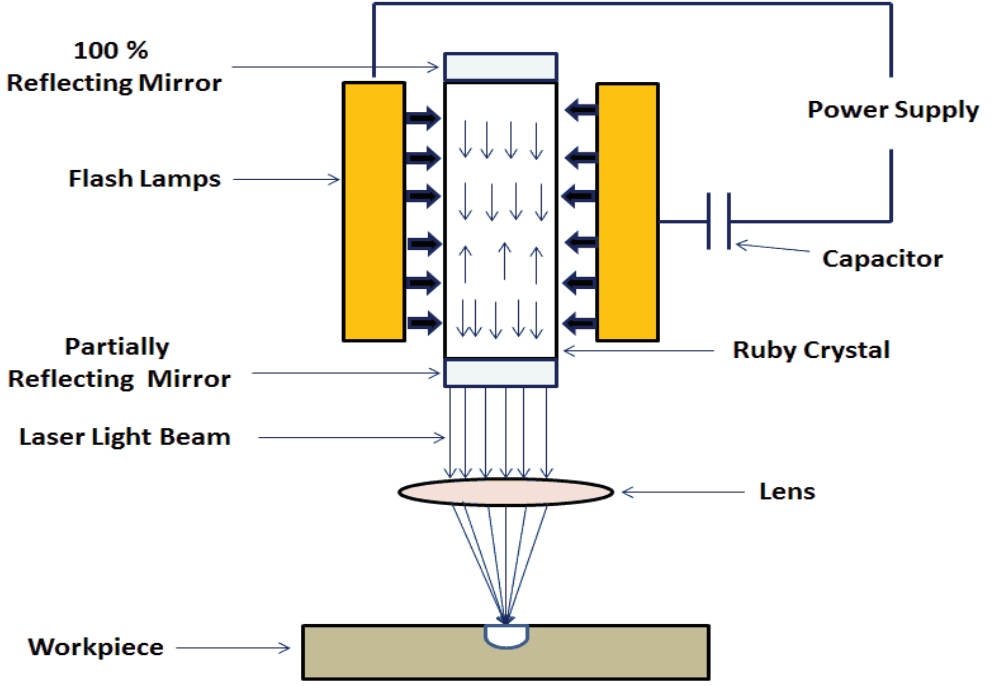
Kesilebilen açılar nedeniyle, parça programlarının parçayı sayfadan çıkarmak için ek kesimlere sahip olması gerekebilir. Karmaşık bir parçayı bir plakadan şiddetli bir açıyla kaydırmaya çalışmak uygun kabartma kesimleri olmadan zor olabilir.

Lazer Işını İşleme Yöntemi

Lazer ışını, lazer tarafından gerçekleştirilen işlemin yapıldığı geleneksel olmayan bir işleme yöntemidir. Işığın uyarılmış radyasyon emisyonu için lazer standı. İşlem, metalik bir yüzeyden malzemeyi çıkarmak için termal enerji kullandı.

11 <https://stringfixer.com/tr/Watersaw>

Lazer Işını İşleme Çalışma Prensibi:



Şekil 16. Lazer Işını İşleme Yöntemi

Bu işlemde Lazer Işını, herhangi bir malzemeyi eritmek ve buharlaştırmak için son derece yüksek enerji yoğunluğu sağlamak üzere bir mercek tarafından işlenecek iş parçasına odaklanmak için yapılan monokrom ışık olarak adlandırılır. Lazer Kristali (Yakut), yukarıdaki şekilde gösterildiği gibi bir silindir veya yaklaşık 1000W'lık bir flaş lambası bobinine yerleştirilen düz yansıtıcı uçları olan Diyagram şeklindedir. Flaş, Xenon'un yüksek yoğunluklu beyaz ışığıyla simüle edilmiştir.

Kristal heyecanlanır ve lens kullanarak iş parçasına odaklanan lazer ışını yayar. Son derece üretilen ışın dar ve bir güç yoğunluğu ile bir sorunlu bölge ile odaklanabilir ila 1000 kW / cm². Hangi yüksek ısı üretir ve metal kısmı eritilir ve buharlaşır. Lazer Işını İşleme Uygulaması: Lazer ışını işleme işlemi çok küçük delikler açmak için kullanılır. İletken ve refrakter olmayan malzemelerin karmaşık kaynağı yapılır. Toplu makro

işleme üretimi. Malzemelerin seçici ısı işlemden geçirilmesi bu ameliyatta kullanılır. Mikro delme işlemi. Tıp biliminde fotoğrafçılık yapma. Spektroskopik bilimi vs. gibi.

Lazer Işını İşleme Avantajı: Metal olmayan herhangi bir malzeme işlenebilir. Alet ve iş arasında doğrudan temas yoktur. Takım aşınması yoktur. Kauçuk, plastik gibi yumuşak malzemeler işlenebilir. Son derece küçük delikler işlenebilir. İş üzerinde mekanik kuvvet yoktur. Isıdan etkilenen bölge çok küçüktür. Isıl işlem görmüş ve manyetik malzemeler özelliklerini kaybetmeden kaynak yapılabilir.

Lazer Işını İşleme Dezavantajı: İşlemenin genel verimliliği çok düşüktür. İnce tabakalarla sınırlıdır. Yüksek bir maliyeti var. Çok düşük oranda metal çıkarma. Flaş lambasının ömrü kısa. Çok sayıda metalin çıkarılması mümkün değildir. İşlenmiş delikler yuvarlak ve düz değildir. Çok derin delikler açılmamaktadır.

SONUÇ

İmalatta öne çıkan yeni yöntemler, modern teknolojilerin kullanımının sınırını olabilecek en üst noktaya getirmişlerdir. Bu yöntemlerde internet veya intranet ortamında bilgi paylaşımı, dış kaynaklı verilerin olduğu bankaları kullanmak, siber güvenlik ve bilgilerin aynı zamanda bulut ortamında tutulması gibi iletişim teknolojisi kullanılmaktadır. Ayrıca insan zihni kullanılarak elde edilen yazılımlar, işletim sistemleri ve programlamalar ile bu sistemlerin doğru ve kusursuz çalışmasının yanı sıra her türlü değişikliğe en hızlı şekilde uyum göstermesinin sağlanması da bu yöntemlerde mevcuttur. Esnek üretimin unsurlarından olan birlikte üretim kullanımı veya çok büyük lojistik ve hız avantajı olan ayrı noktalarda duyulan ihtiyaca göre aynı üretimi yapma (Özellikle eklemeli imalatlarda) yine bu yöntemlerde olan fonksiyonel faydalardandır.

Tün konu edilen yeni yöntemler ya bir işlem zincirinin bir halkasını veya tek başına ayrı bir işlemi göstermektedir. İmalatta öne çıkan yeni yöntemlerin kullanımının çeşitli kombinasyonları ile ihtiyaca göre bir ölçekte Endüstri 4.0 düzeyinde akıllı fabrikalar oluşturmak mümkündür.

Piyasaların zor koşullarında işletmelerin rakiplerle rekabetçi bir şekilde mücadele edebilmeleri ürettikleri ürünlerin maliyetlerini iyi bir şekilde kontrol altına almalarına bağlıdır. Maliyetler kontrol altına alınırken piyasada müşterilerin diğer beklentileri olan değişen istekleri, kalitenin tam ve sürdürülebilir olması, sipariş verdikleri miktarların karşılanabilmesi, teslimat istedikleri yerde teslimatın tam zamanında ve eksiksiz olarak yapılması şeklinde karşılanması gerekmektedir. Maliyetlerin kontrol altına alınması, az enerji tüketimi ile verimli çalışabilen, ürünü dar toleranslarda üretebilen, kaliteden ödün vermeden esnek üretim yapabilen ve bunların hepsini sürdürülebilir bir şekilde yapabilecek yetenekte makine, takım ve donanımlara zorunlu bir şekilde ihtiyaç olacaktır. Bu anlamda çözüm, imalatta öne çıkan yeni yöntemler ile modern teknolojileri kullanan makine, takım ve donanımların kullanılmasıdır.

Gelişmiş bir sanayi bölgesinde yapılan araştırmada elde edilen bulgular buradaki sonuçlar ile paralellik göstermektedir. Bulgular: Bu bölgede bulunan ve ağırlıklı olarak KOBİ olan işletmeler yerli ve yabancı pazarlarda rekabet edebilmektedirler. İşletmelerin içinde buldukları durumun farkına vararak imalatta öne çıkan yeni yöntemler ile modern teknolojileri kullanan makine, takım ve donanımları kullanmayı devamlı artırmaktadırlar. Bu artış aynı zamanda işletmelerin performanslarının da artmasına yol açmıştır. Bu işletmelerin yüzde doksanların üzerinde olan bölümü karma ve sipariş üzerine üretimlerini gerçekleştirmektedirler. Buna uyum sağlamalı yapılarının esnek olan yapıyı kurduklarının göstergesidir. Ayrıca işletmelerin büyük çoğunluğu imalatta öne çıkan yeni yöntemler ile modern teknolojileri kullanan makine, takım ve donanımları kullanmanın kendilerine rekabet ortamında avantaj sağladığını belirtmişlerdir (Ömürbek ve Yılmaz, 2009).

Bu çalışmada büyük ağırlıkta imalatta öne çıkan yeni tip yöntemlerden ve bunların kullanıldığı modern teknolojiler incelenmiştir. Bir sonraki aşamada tamamlayıcı bir çalışma olarak tüm bu sistemlerin ihtiyacı olan yazılımlar, programlar ve işletim sistemleri konusu incelenebilir. Benzer şekilde bu sistemleri kullanacak, geliştirecek ve idare edecek personellerin eğitimleri konusunda çalışmalar da yapılabilir.

KAYNAKÇA

Akın, H.B., (2001), Yeni Ekonomi, (Birinci Basım), Konya, Çizgi Kitabevi Yayınları 39.

Altunışık, R., Coşkun, R., Yıldırım, E., Bayraktaroğlu, S. (2001), Sosyal Bilimlerde Araştırma Yöntemleri SPSS Uygulamalı, (Birinci Baskı), Adapazarı, Sakarya Kitabevi.

Aygül, E., Yalçınkaya, S., & Şahin, Y., (2020). Titanium Implant For Dental Applications Using 3d Printing Technology. *International Journal of 3D Printing Technologies and Digital Industry*, vol.4, no.2, 171-177.

Deruntz, B. D., Turner, R. M. (2003). Organizational Considerations for Advanced Manufacturing Technology, *The Journal of Technology Studies*, Vol. 29 Issue 1, 1-7.

Dulupçu, Murat Ali, (2001), Küresel Rekabet Gücü, Ankara, Nobel Yayın Dağıtım.

Güleş, H. K. (2002). Sanayi İşletmelerinde Bilişim Sistemleri Kullanımı: Sorunlar, Beklentiler Ve Çözüm Önerileri. *Sosyal Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 2 (3) , 92-114 . Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/susead/issue/28440/302956>

Hottenstein, Michael R., Casey Michael S. And Dunn Steven C., (1997), Facilitation Of Advanced Manufacturing Technology: Implementation And Transfer, *Industrial Management*, Vol. 39, Issue

Jitendra, K.K., Ranjeet K.S. (2021). Modern Manufacturing Technology-Spotlight on Future, CRC Press 1st Edition, Boca Raton 2021. DOI:<https://doi.org/10.1201/9781003203162> eBook ISBN9781003203162.

Jonsson Patrik, (2000), An Empirical Taxonomy of Advanced Manufacturing Technology, *International Journal of Operations & Production Management*, Vol. 20, No. 12, 1446-1474. DOI:10.1108/01443570010353103

Kanet, John J., (1998), Weaving Advanced Manufacturing Technology Into The Fabric Of The Business, *Research Technology Management*, Vol 41.

Karakılınç, U. , Yalçın, B. & Ergene, B. (2019). Toz Yataklı/Beslemeli Ekleme İmalatta Kullanılan Partiküllerin Uygunluk Araştırması ve Partikül İmalat Yöntemleri. *Politeknik Dergisi* , 22 (4) , 801-810 . DOI: 10.2339/politeknik.423707

Kurtuluş, K. (1998). Pazarlama Araştırmaları, İÜ İşletme Fakültesi Yayınları No 274, 6. Baskı İstanbul.

Milgrom, P., & Roberts, J. (1990). The Economics of Modern Manufacturing: Technology, Strategy, and Organization. *The American Economic Review*, 80(3), 511-528. <http://www.jstor.org/stable/2006681>

Mohamed, B. E., Kirby, M., Pao, Yili-Ho. (1987), Yüksek hızlı bir sıvı aşındırıcı jet ile Şekillendirme için Yöntem ve Aygıt Arşivlenen'den de 2014/02/27

Wayback makine , 7 Ekim 1985 tarihinde başvurusu yapılan, ve 10 Mart 1987 tarihinde yayınlanan.

Öner, A., Yalçinkaya, S., (2020-1). Çelik Yüzeylerine Lazer Kaplama (Lc) Yöntemi İle Süper Alaşımlarkaplanması ve Aşınma/ Korozyon Dirençlerinin İncelenmesi. 4th International Congress On Engineering and Technology Management (pp.110-120). İstanbul, Turkey

Öner, A., Yalçinkaya, S. (2020-2). “3b Yazıcılar Ve 3b Metal Yazıcılarda Baskı Hatalarının İncelenmesi”. Mühendislik Alanında Teknolojik Gelişmeler (pp.329-367), İstanbul: Güven Plus Grup A.Ş. Yayınları: 45/2020.

Ömürbek, N. & Yılmaz, H. (2009). İleri İmalat Teknolojileri Kullanımı Üzerine Bir Araştırma . *Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi* , (21) , 375-389. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/en/pub/susbed/issue/61797/924407>

Özer, G. (2020), Eklemeli Üretim Teknolojileri Üzerine Bir Derleme, *NÖHÜ Müh. Bilim. Derg. /NOHU J. Eng. Sci.*, 2020; 9(1): 606 - 621

Tekin, M., Güleş, H. K., Ögüt, A. (2003), Teknoloji Yönetimi, (Yenilenmiş II. Baskı), :131-132 Ankara, *Nobel Yayın Dağıtım*

Tekin, M., Güleş, H., K., Burgess, T. (2000), Değişen Dünyada Teknoloji Yönetimi, *Konya, Damla Ofset*.

Tekin, M., Zerenler, M. (2009), Esnek İşletme, Özel Baskı (Yenilenmiş 2.Baskı).2009

Tirrell Leslie L., Kumlama Cihaz Arşivlenmiş de 2014/02/27 Wayback makine 3 Nisan, 1937, ve verilen 17 Ekim 1939 tarihinde başvurusu yapılan.

WEDM Tel Erozyon (2012), *Millî Eğitim Bakanlığı Plastik Teknolojisi “Eks-trüzyon Kalıpcılığı -2” 521MMI298*, Ankara, 2012.

Wenceslao, P. C., Vinayak, R., Krishnamurthy, W. A., Marta, R. L. (2021), Review article, 3D Printing Parameters, Supporting Structures, Slicing, And Post-Processing Procedures Of Vat-Polymerization Additive Manufacturing Technologies: A Narrative Review, *Journal of Dentistry*, Volume 109, June 2021, 103630, <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2021.103630>

Yalçinkaya, S., (2019-1). 1. Bölüm Sanayi 4.0 Nedir?. *Sanayi 4.0 Teknolojik Alanları ve Uygulamaları* (pp.1-48), Ankara: PEGEM.

Yalçinkaya, S., (2019-2). 19. Bölüm Sanayi 4.0 ve 3b Yazıcılar. Sanayi 4.0 Teknolojik Alanları ve Uygulamaları (pp.429-456), Ankara: PEGEM.

Yalçinkaya, S., Şen, M., Gürdal, O., (2019). At The 3d Printer SLA Resin Printing . 4th International Congress on 3D Printing (Additive Manufacturing) Technologies and Digital Industry 2019 (pp.971-986). Antalya, Turkey

Yalçinkaya, S., Öner, A., (2020). Çelik Alaşımların Yüzeylerinin Lazer Metal Biriktirme (LMD) Yöntemi ile Süper Alaşımlarla Kaplanması ve Arttırılan

Aşınma Dirençlerinin İncelenmesi. 4th International Congress on Engineering and Technology Management (pp.98-109). İstanbul, Turkey

Yazıcıoğlu, O., Yalçınkaya, S. (2003) "Endüstride aşındırıcılı su jeti tasarımları," Mühendis ve Makina , vol.44, no.522,

İNTERNET KAYNAKLARI

Christina S., Deepak M. K. (2018), Stereolithography, Edited by Dragan Cvetković,

DOI: 10.5772/intechopen.78147. (Erişim Tarihi: 21.12.2022).

EDM (Elektro Erozyon) Teknolojisi nedir?, *Mikron CNC* <https://mikron-cnc.com/edm-elektro-erozyon-teknolojisi-nedir/> (Erişim Tarihi: 21.12.2022).

Guide to Selective Laser Sintering (SLS) 3D Printing, Formlabs – Engineering – Guides, <https://formlabs.com/eu/blog/what-is-selective-laser-sintering/> . (Erişim Tarihi: 21.12.2022).

Hoffman, M. (2014), *ACS Macro Lett.* 2014, 3, 4, 382–386, Publication Date: April 3, 2014, <https://doi.org/10.1021/mz4006556> . (E.T.21.12.2022)

Ile, K. (2022), Selective Laser Melting (SLM 3D Printing) – The Ultimate Guide, Published Jan 24, 2022, <https://all3dp.com/1/selective-laser-melting-guide/>, (Erişim Tarihi: 21.12.2022).

IntechOpen, 3D Printing, Published: October 10th, 2018,

İleri İmalat Yöntemleri. 2015, *Armada Yazılım*, 31 TEMMUZ 2015, <https://blog.armadayazilim.com/2015/07/31/ileri-imalat-yontemleri/>, (E.T.20.12.2022).

Karakaş, Şahsenem, (2009), Modern İmalat Teknolojileri, <http://www.google.com.tr/search?hl=en&q=%22modern+imalat+Teknolojileri%22>, (Erişim Tarihi: 19.12.2022)

Su jeti kesici, <https://stringfixer.com/tr/Watersaw>, (E.T.21.12.2022)

Tamasi, S. P. (2022). What is laminated object manufacturing?, Conro electronics, Posted On: 18/07/2022. <https://www.conro.com/what-is-What%20is%20laminated%20object%20manufacturing?%20POSTED%20ON%2018/07/2022%20BY%20SZUZANA%20PALFI%20TAMASIIlaminated-object-manufacturing/>. (Erişim Tarihi: 21.12.2022).

What is Electron Beam Melting (EBM), 3D Printers, Markforged, <https://markforged.com/resources/learn/3d-printing-basics/3d-printing-processes/what-is-electron-beam-melting-ebm>. (Erişim Tarihi: 21.12.2022)

GEÇMİŞTEN GELECEĞE BARINMA

Çiğdem CUMHUR TUĞCUOĞLU¹, Rabia KOCAER²

Öz: İnsanlık, var oluştan itibaren farklı nedenler sonucunda yaşanan yerlerden, gönüllü ya da zorunlu olarak ayrılmış ve sürekli bir hareketlilik içerisinde bulunmuştur. Göç olgusu olarak tanımlanan bu hareketlilik, ulusal ya da uluslararası sınırların aşımına bağlı olarak geçici ya da kalıcı olarak gerçekleşmiştir. Göç hareketi; göç edilen yerlere uyum sağlanamadığında geçici mekân değişikliği olarak gerçekleşebilirken, kalıcı yerleşim olarak da sonuçlanabilir. İnsanın temel ihtiyaçları; beslenme, dinlenme, barınma ve neslini devam ettirmektir. Barınma gereksinimini karşılayan mekân barınaktır. Barınak çözümü tarih boyunca, mağara, doğadan toplanmış malzemelerden oluşturulmuş bir sığınak, bir çadır ya da bir kulübe olarak ortaya çıkmıştır. Günümüzde ise barınak; geçici süreliğine barınma ihtiyacı duyan insana yönelik mekân çözümü olarak tanımlanmaktadır. Başlangıçta barınma çözümü olarak çadır kentlerin kurulması, toplumdan ayrı sınırdan yerleşim yerlerinin kurulumu, daha sonra bu hareket kalıcı göç ise farklı şehirlere taşınmaların gerçekleşmekte olduğu görülmektedir. Oluşturulan yeni yerleşim yerlerinde tasarlanan barınma birimlerinin yetersiz olduğu, iş gücünün yakın çevrede olmamasının, insanların ihtiyaçlarının tam karşılanamamasının getirdiği kaçak göçler de ortaya çıkmaktadır. Bu sebepten dolayı, geçici çözümler yerine insanların ihtiyaçlarını karşılayabilecek kalıcı çözümlerin olması gerekmektedir. Barınma ihtiyacını en iyi şekilde karşılayan çözümler; kullanıcının mekânsal aidiyet kavramına hitap eden örnekler oluşturmaktadır. Bu kavram; kullanıcı ve mekân arasında kurulan duygusal bağı temsil eder ve kişi için psikolojik bir ihtiyacı karşılar. Bireyler, yaşadıkları

1 Marmara Üniversitesi, İç Mimarlık ve Çevre Tasarımı Fakültesi, İstanbul / Türkiye, e-mail: cigdem.cumhur@marmara.edu.tr, Orcid No: 0000-0002-7891-5265

2 Afyon Kocatepe Üniversitesi, Afyon MYO, Mimari Restorasyon Bölümü, Afyonkarahisar / Türkiye, e-mail: rkocaer@aku.edu.tr, Orcid No: 0000-0002-6078-0972

mekâna, kendilerine ait, kendilerinden detaylar kattıklarında, kendilerini o mekana daha ait hissetmektedirler. Dolayısıyla, barınma çözümleri içerisinde yer alan tasarım kararları, insanların ihtiyaç duyduğu konfor ortamının oluşturulmasında önemli yer tutmaktadır. Kullanıcı profiline çeşitliliğinin mekâna yansıtılabildiği; mekan ile aidiyet hissiyatının kurabilmesi için, kullanıcının mekana ihtiyaç duyduğu konfor müdahalelerini yapabildiği tasarım kararlarının alınması gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Göç, Barınma, Mekan, Mekansal Aidiyet

GİRİŞ

İnsanoğlu, var oluşundan itibaren birbirinden farklı nedenlerle yaşadığı yerlerden, gönüllü ya da zorunlu olarak ayrılarak, sürekli bir hareketlilik halinde olmuştur. Bu göç hareketliliği hem ulusal sınırlar içerisinde hem de uluslararası dediğimiz sınırların aşımı ile geçici ya da kalıcı olarak gerçekleşmektedir (Çeşmecioğlu,2017).

Konma eylemi göç yaklaşımı ile beraber hareket etmektedir. Bu durumda göç eden de süreç değişikliğine göre yaşayan ve bu durumun tüm sonuçlarıyla yüzleşen kişidir. (Çakır, 2011: 129-1 2). Yer değiştirme yapıldığı zaman eğer kişiler bu duruma uyum sağlayamazsa ya da yer değiştirilen alanda koşullar değişirse orada yeniden yerleştirme işlemi gerçekleşebilir. Buradaki toplum ilk olarak marjinalleşmeye açıktır. Göç ile birlikte göç eden toplumun maddi ve manevi kültürel unsurlarının da değiştiği her aşamada görülmektedir. Kültürün etkisinin insanların içinde buldukları dünyayı algılamada ve onu şekillendirmede önemli bir yeri vardır (Ağça, 2019: 45).

AMAÇ

Günümüzde zorunlu yer değiştirme (zorunlu göçler), insanoğlunu etkileyen en önemli krizlerden biri haline gelmiştir. Birleşmiş Milletlere göre, 2020’de tüm dünyada 82,4 milyon insan yaşadığı ülkenin sınırlarının içinde ya da dışında, yerinden edilmektedir. Ailelerin, acil durum barınma koşullarında geçirdikleri dönem ortalama 17 yıla kadar uzayabilmektedir. Geçici olmaktan çıkmış olan fakat şehirleşmeye de dönüşemeyen bu yerleşkelerde milyonlarca çocuk büyümektedir.

UNHCR yetkilileri, mülteci kamplarının, insanları depolama tesisi haline geldiğini, 17 yıla uzayan kamplarda geçirilen yaşam süresinin bir jenerasyonu büyüttüğünü belirtmektedir. Artan zorunlu yer değiştirmenin ortaya çıkardığı barınma ihtiyaçlarına hala II.Dünya Savaşı sonrası yapılan insani yardıma benzer yardım sistemi ile cevap verilmektedir. Bu yazıda, dünyamızın gerçeği haline gelen göç olgusunda barınma çözümü olarak kullanılan acil durum barınağı kavramına mimarların yaklaşımları ele alınacaktır. Göç eden insanların barınma ihtiyacının, hangi yöntemler ile karşılandığı, uygulanan ya da geliştirilmekte olan yeni nesil çözümlere odaklanmak amaçlanmaktadır.³

KAPSAM

UNHCR'e göre, 82,4 milyona yükselen göç eden insan sayısına daha yakından baktığımızda, Suriye, Venezuela, Afganistan, Güney Sudan ve Myanmar ülkeleri, en çok sığınmacı veren ülkelerin başında gelmektedir.

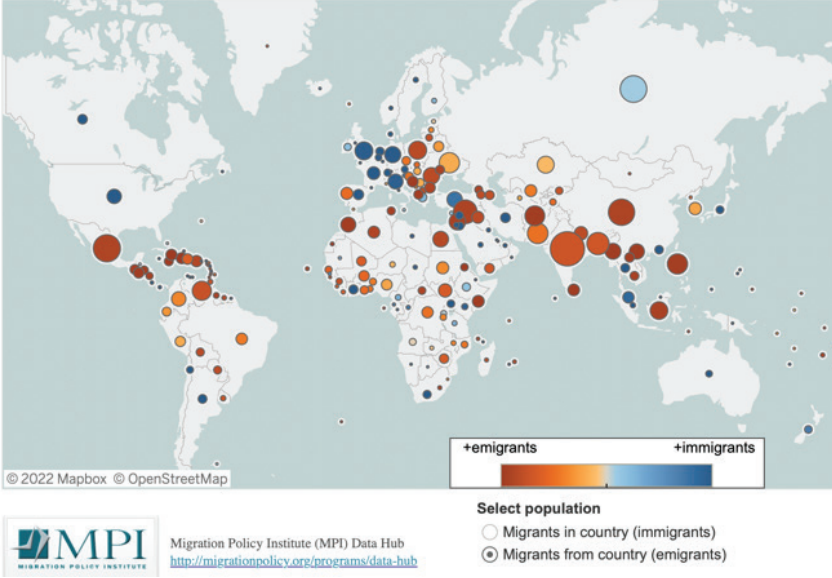
Ülkeleri dışına kaçan tüm insanların dağılımının, Suriye (6,7 milyon), Venezuela (4 milyon), Afganistan (2,6 milyon), Güney Sudan (2,2 milyon) ve Myanmar (1,1 milyon) olmak üzere gerçekleştiği görülmektedir. Dünyadaki mülteci hareketinin büyük çoğunluğuna kriz bölgelerinin en yakınında olan, komşu ülkeler ile düşük ve orta gelirli ülkeler ev sahipliği yapmaktadır.

Son yedi yıldır, Türkiye, 3,7 milyon mülteci ile tüm dünyada yer alan en büyük mülteci nüfusuna ev sahipliği yaparak, yüzyıllardan beri göç yolları üzerinde yer Anadolu, yakın tarihte de mecburi göç hareketinin rotasının bir parçası olmaktadır.

UNHCR'nin raporuna göre, Türkiye'yi Pakistan (1,4 milyon), Uganda (1,3 milyon) ve Almanya (1,2 milyon) izlemektedir.

3 <https://www.studiohannahwood.com/post/emergency-shelter>

Total Immigrant and Emigrant Populations by Country, mid-2020 Estimates



Şekil 1. Göç Hareketleri⁴

Tüm dünyada gerçekleşen göç hareketinin içinde yer alan, 18 yaşın altındaki nüfus, yerlerinden zorunlu olarak hareket eden insanların yüzde 42'sini oluşturmaktadır. Dünya 2018 ile 2020 yılları içerisinde yaklaşık 1 milyon çocuk mülteci olarak geldiği UNHCR tarafından belirtilmektedir.⁵(Şekil 1).

GÖÇ KAVRAMI ve NEDENLERİ-TÜRLERİ

Göçün mekan ile toplum arasındaki bağı bir çerçeve dahilinde aktarılması için nedenlerinin ve türlerinin iyi belirlenmesi gerekir. Özellikle göç olayının kısa, orta ve uzun vadedeki etkilerinin daha iyi anlaşılabilmesi için bunların bilinmesi oldukça önemlidir.

Göç kavramında, insanların ve insana ait olan her şeyin önemli bir yeri bulunmaktadır. Sosyal ve fiziki çevre göç oluşumunda ayrı bir yere

4 <https://www.migrationpolicy.org/programs/data-hub/maps-immigrants-and-emigrants-around-world>

5 <https://www.aa.com.tr/tr/dunya/dunyada-gecen-yil-82-milyondan-fazla-insan-yerinden-edildi/2279084>

sahiptir. Mekansal bir değişikliği ifade eden göç, bireyin psikolojik durumunu ve diğer yaşam koşullarını etkileyen önemli bir olgudur. Göç ile birlikte ortaya çıkan yeni koşullar, hem yeni bir egemenlik hem de sömürü ilişkisine ortam hazırlanmaktadır. Dünyanın birçok kentinde hızlanan nüfus artışı, zamanla hem ekonomik alanda hem de sosyal ve siyasal alanda yeni kutuplaşmalara sebep olmuştur. Bu durum kentlerde yerleşim ayrışması olmak üzere birçok alanın evrilmesine zemin hazırlamıştır.

Özellikle insanların iradesi dışında gerçekleşen olaylar, göçün en önemli nedenini oluşturmaktadır. Göçe neden olan sebepler göçün sürecini ve sonrasında gelişecek oranları büyük ölçü de etkilemiştir. Petersen'a göre; Göç, bireysel ve sınıfsal farklılıklara göre beş tipte incelenebilir. (Petersen, 1958: 259- 263; 1970: 55-65). Bunlardan ilki coğrafi zorluklar sebebiyle yaşanan ilkel göçlerdir. İkincisi siyasal yapılar nedeniyle gerçekleşen zorunlu göçlerdir. Üçüncüsü göçmenlerin göç edip etmeme kararını kendi ellerinde bulundurdukları göçlerdir. Dördüncüsü göçmenlerin kendi istek ve kararlarına göre hareket ederek gerçekleştirdikleri serbest göçlerdir. Beşincisi ise ulaşım, iletişim ve teknolojik gelişmelerin ortaya çıkması ile birlikte gerçekleşen kitlesel göçlerdir.

Göç hareketlerinin sonucunda birçok kamp ve geçici olarak adlandırılan barınma alanları istisnai mekanlar olarak ifade edilmektedir. (Al Muhtaseb, 2017, s. 24). Olağanüstü koşulların oluşturduğu sonuçlar ile şekillenen geçici barınma merkezleri, genellikle kent ile tümüyle bütünleşmenin sağlanamayacağı alanlarda yer alarak kente ayrı, dışarıklı ve suni bir katman oluşturmaktadır (Şeker, vd., 2015, s. 434)⁶

Günümüzde toplumları yakından etkileyen birçok olay özellikle detayları inildiği zaman birden fazla parçaya bölünmüş yapıları içermektedir. Bir yandan 'büyük', kitlesel nitelikli olgu ve olaylarla karşılaşılırken, aynı zamanda da bu olay ve olgular kendi içinde parçalanıp, kristalize olmaktadır. Dönemimizde meydana çıkan bu göçler ve genel anlamda göç olgusu bu durumdan ayrı düşünülemez. Kitlesel ve sürekli göçler gerçekleşmekte ise de, yaşanan gelişmelerin her bir göçü biricik ve ken-

6 Uluslararası Göç Rejimi İtibarıyla Türkiye'nin Değişen Konumu: Kurumsal Yaklaşımlar ve Kurumsal Açılımlar

dine özgü kılması sebebi ile göçler kristalize olmaktadır. Bu gelişmeler toplumsal zeminde göz önünde buldurulmaktadır. Bu bağlamda göçün içinde olduğu yeni bir çalışma ve kuramsal stratejinin geliştirilmesi gerekmektedir.

Araştırmanın ya da tartışmanın kapsamında göç ve göçmenler ayırt edilmelidir. Ve bu durum araştırmanın temeline konulmalıdır. Daha sonra göç, kuram ve modeller bu çerçevesi içerisinde araştırmanın kapsamında hedefine yönelik bir şekilde kullanılmalıdır.

Günümüzün en önemli sorunlarından birini göç ve göçmenlik oluşturmaktadır. Bunun nedeni konunun tarihsel ve bütüncül bir bakış açısı yerine “dar” ve “an” a odaklı bir bakış açısı ile ele alınmasıdır. Halbuki, göç ve göçmenlik sorunlarına yöneltilecek tarihsel ve bütüncül bakış, göçün küresel ölçekte tüm dünyada ve diğer toplumsal sorunlarla ilişkisini kurarak tarihsel oluşumunun ve değişiminin çözümlemesini de gerektirecektir. Bu bakış açısı göçmen ve göçmenliği kendi başına bir olgu olmaktan çıkarıp, dünyanın gidişatı ile biçimlendiğini vurgulayarak, sorunların asıl kaynağını görme ve bu doğrultuda çözüm üretme olasılığına alan açacaktır. Dünya ülkelerinin ilişkileri, önceki dönemlerden daha fazla ve yoğun olduğu için, göçün bir ülke ya da bölge sorunu olarak ele alınması anlamsızlaşmıştır. (Erbaş, 2000a; Erbaş, 2000b).

1980’ler sonrasında zorla yerinden edilme biçiminde adlandırılan göç türleri ile dünya birçok kitlesel göçlere eskiden olduğu gibi sahne olmuştur. Önceki dönemlerde gerçekleşen, bir nevi işçi göçü olarak adlandırılan ve bu durumun çoğu zaman tek yönlü gidiş olarak söylenilmesi nedeni ile tekyönlü gidiş (one way ticket) olarak değerlendirilmekteydi. Bu nedenle genelde ikamet edilecek ülke de önceden belli olmaktadır. Özellikle son dönemlere kadar sığınmacı göçlerin belli bir kısmı gitmek hedeflenen ülkenin seçilmesi sebebi ile, “gidiş” esaslı bir göç olarak ifade edilebilmektedir. Fakat son yıllarda gerçekleşen göç türleri genellikle hedef ülkeye “gidiş” değil, bir “kaçış” olarak oluşturulmaktadır. Bu kaçış hali, insanlarda düşünme ve karar verme noktasında şanslarının olmamasına ve her şeyi geride bırakarak canlarını kurtarma düşüncesine girmeleri nedeniyle “kaçma” durumunda bırakılmalarından kaynaklanmaktadır. Elbette bu kaçış her zaman başarılı olmamaktadır. Bu durumun manevi yönden baskılarının da yaşanmasına ve göç eden kişinin

buna maruz kalmasına yol açabilmektedir. Sonuç olarak bu durum artık tek yönlü gidişlere dönmüş ve nerede sonuçlanacağı belli olmayan biletsiz kaçışlara sebebiyet vermiştir.

GÜNÜMÜZDE GÖÇ OLGUSU ve BERABERİNDE GETİRDİĞİ BARINMA İHTİYAÇLARI

Yerleşik olmayan kişi ya da topluluklar göçebe olarak adlandırılmaktadır. Göçebe toplulukları herhangi bir yere bağlı kalmadan sürekli değişkenlik gösteren bir yaşam biçimine sahip olmaları nedeniyle yapı kültürleri için etkili bir bilgi birikimi oluşturmuştur. Kullanıcılar tarafından kurulan bu yapılar geçmişten günümüze aktarılarak geliştirilmiş ve değişkenlik gösteren hayat koşullarına da uyum sağlamaya yardımcı olmuştur (Kronenburg, 2002b). Göçebe kültürlerin hem malzeme açısından hem de kolay taşınabilir olmasından değişen yaşam koşullarına uyum sağlayan bir yapı anlayışını benimsemesi mobil mimarlığın temel ilkelerinden birini oluşturmaktadır. Mobil mimarlığın en önemli özelliği, taşınabilirlik prensibine dayanmakta olan yaklaşımıdır. Kullanılan yapıların değiştirebilir olması parça ya da bütün şekilde başka bir yere aktarılması önemlidir. Bu sebeple, mobil mimarlık adı altında taşınabilir mimarlık ilkelerini incelemek gerekmektedir. Mobil mimarlığın bir alt dalı olarak adlandırılabilir taşınabilir mimarlığın sağlanabilmesi için, yapıyı oluşturan parçaların kolay birleştirilmesi ve yapının inşa edilmesi gerekmektedir. Parçaların kalıcı bir temel üzerine, modüler biçimde bir araya getirilmesi, taşınabilirlik ölçütünün göstergesidir. Taşınabilirliği sağlayan en güçlü unsur, bileşenlerinin hafif ve sağlam olması ile oluşan modüler yapıdır. Bu modüler yapı, yapının temel hatlarına göre gerekli ölçüt ve kesitlerde oluşturulabilmelidir (Akgül,2006).

Hareketli tasarımının tarihi oldukça eskiye dayanmaktadır. Asırlar boyu gelişimini sürdürmüş ve günümüze kadar ulaşmıştır. Teknolojik gelişmeler ile hareketli nesnelere, gelişen endüstrilerden de yardım almaktadır. Gelişen dünyamızda, sökülüp takılabilir yapılar birçok alanda kullanılmaya başlanmıştır. Portatif strüktürlerin değişik örnekleri ticarete, endüstride, eğitim, sağlık, konut ve askeri alanların ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde kullanılmaktadır. Oldukça geniş bir kullanıma sahip olan bu strüktürler; göçebe toplumlarda hızlı bir şekilde insanlar

tarafından herhangi bir araç kullanmadan yapılabilecek bir yapıya dönüştürüldüğü için bu yapılan kalıcı yapılara göre daha hassas bir şekilde üretilmesi gerekmektedir. ⁷

Son dönemde, çok fonksiyonlu yapılara olan ihtiyacın artması, dönüştürülebilir ve değiştirilebilir yapı sistemlerinde artışı oluşturmuştur. Dönüştürülebilir yapıların, en önemli özelliği, farklı ikilemlerde ve coğrafyalarda, kullanıcının ihtiyaçlarına duyarlı ve çözüm sunan formlarda uygulanabilmeleridir.

Mobilite kavramı genellikle hareketli olmak, hareket ettirilen bir araç/yapı için kullanılmakta ve bu araçların/yapıların sadece fiziksel özelliğini değil, teknolojiyi ve zihni de içinde barındıran oldukça yönlü bir kavram olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu durum, fiziksel hareketi oluşturan unsurların en az hareketin kendisi kadar önemli olması biçiminde açıklanabilir. Bu unsurlardan çevresel faktörler ve teknolojik gelişmeler mobilitiyi yalnızca hareket eden/yeri değiştirilen olarak adlandırılmaktan çıkarmakta onu günümüzde her disiplinde karşımıza çıkan bir sosyal olguya dönüştürmektedir. Mobil yapılar, kurulum şekilleri değerlendirildiğinde geçici olarak nitelendirilirler; ancak kullanım yönüyle geçici oldukları söylenemez. Mobil yapılar kullanıcıda aidiyet duygusunu oluştururlar. Formlarının ve yerlerinin sürekli değişebildiği için, sabit yapılara kıyasla tasarım aşamasında yaratıcılığı ortaya koyma noktasında potansiyeli oldukça yüksektir. Mobil konutların insanlara sağladığı önemli katkılarından biri geri dönüşüme ait olan çeşitli kaynakları üst düzeyde kullanmalarındadır. Mobil konutlar, geri dönüşümlü malzemeleri kullanarak, oluşturdukları süreç içerisinde, kısıtlı kaynaklardan en etkili şekilde yararlanmaktadırlar. Bu sürecin sonunda, başarılı olan tasarımlar ve üretimler bu yapıları kullanan insanların tüm ihtiyaçlarını göz önünde bulundurarak hazırlanmış olanları kapsamaktadır.

Değişik amaçlar için acil ve geçici olarak ihtiyacımızı karşılamak amacıyla kullanılacak niteliğe sahip mobil mekân birimlerinin göz önünde bulundurulması gereken özelliklerini aşağıdaki gibi sıralayabiliriz;

7 Küçük Ölçekli Portatif Yapıların Ve Mobil Sağlık Yapılarının Mi□Mari□De Kullanımı Baz Alınarak Prototip Bi□R AiiLe Sağlıkli Merkezi Tasarlanması, Kaya, Gamze

1. Bu yapıların monte edileceği yerlerin önceden belirlenmesi,
2. Çevre ile doğa dostu olması,
3. Enerjiyi en iyi şekilde kullanabilmesi,
4. Kolay monte edilebilmesi,
5. Özellikle ekonomiye destek olmak adına üretim ve altyapı maliyetlerinin düşük olması,
6. Parçalara bölünüp depolanabilmesi,
7. İhtiyaç halinde tekrar kullanılabilmesi,
8. Mevsim şartlarına uygun olması,
9. Minimum boyutta mekândan, maksimum fayda sağlayacak şekilde ve depreme dayanıklı olacak şekilde tasarlanması. Ayrıca tasarım sırasında aydınlatma, havalandırma, ısıtma ve su tesisatı sorunları da çok iyi çözümlenmesi (Tuncel, 2007, s. 63).

ACİL BARINMA BİRİMLERİNİN KOORDİNASYONU

Depremden sonraki en kısa süre içinde kurulması gereken; kullanıcıların hayati işlevsel gereksinmelerini karşılayacak, hafif, konforu düşük, sökülüp takılabilen ve daha sonraki acil durumlarda da kullanılmak üzere tasarlanmış barınaklara geçici barınma birimleri olarak adlandırılır. Acil durum sonrası üretilen geçici barınma birimleri, kalıcı konut yerleşimleri tamamlanana kadar mağdurları barındırmak ve işlevini tamamladıktan sonra, tekrar kullanılmak üzere sökülüp depolanan, mutfak, tuvalet gibi temel ihtiyaç mekânlarını da içerebilen, ama genelde tek mekândan oluşan birimlerdir. Geçici barınma birimleri, günümüzde zorunlu göç hareketinden doğan barınma ihtiyacını karşılamak için de kullanılmaktadır.

Acil durumlardan sonra oluşan, yardım aşamasındaki barınma sorunu, ilk aşamada, hafif tipli, çadır tipi ya da pnömatik türden barınma birimleri ile çözülmektedir. Bu barınma birimlerinin kurulumu oldukça kolaydır. Diğer yandan hafif ve taşınması kolay olmasından dolayı bu yapıyı mekanlarda kullanmak ve oluşturmak amaçlanmaktadır (Beyatlı, 2010).

Çadırlar; oturma ve yatma işlevlerini bir arada karşılayabilen tek mekânlı, kolayca sökülüp depolanabilen, nakliyesi yapılabilen, kuruması oldukça hızlı olan ve çeşitli iklim koşullarına karşı koruma sağlayabilen barınma birimidir. Acil durumlardan sonra, çok sayıda çadır, ortak mutfak ve tuvalet hacimleriyle birlikte bir araya gelerek, çadır kentlerini meydana getirirler.

Çadır tarzında olan barınma birimlerinin dış örtüsünün malzemesinde tekstil ile birlikte plastik ya da polythene malzemeler kullanılmaktadır. Bu tip barınakların dış örtüsü dış etkilere ya da darbelere karşı dayanıklı olmadığından dolayı acil durum sonrası, çadır kent bölgelerindeki çadır tipi barınaklar en fazla bir hafta kullanılacak konfora sahiptirler (Beyatlı, 2010).

Çadırlar genellikle sert zemine ve eğimin fazla olduğu yerlere kurulmaktadır. Mekanların açık olması veya hasar almış konutların civarında olması da önemlidir (Coburn ve Spence, 1992). Gerçekleşen acil durumlardan sonra her alanda bulunan mağdurların oturma sağlayabileceği, çadırların rahatlıkla kurulabileceği, altyapıya sahip boş mekanlara ihtiyaç olmaktadır (Tüzün, 2002). Fakat bu mekanların önceden, acil durumlar sonrası için hazırlık aşamasında belirlenmelidir. Çünkü acil durum birimleri, planlama yapılmadan akarsu yataklarına, denizin yakın olduğu bölgelere, tarım ve orman alanlarına kurulmakta ve bilimsel açıdan gerekli olan çalışmalar yapılmamaktadır. Bu şekilde hazırlanan bu bölgeler tekrar kurtarılması güç olan alanlar oluşturmakta ve büyük tahribata yol açmaktadırlar. (Savaşır, 2008).

Çadırlar taşıyıcı sistemlerine göre iki gruba ayrılmaktadır: Şişme ve germe çadırlar. Tek yüzeyli (alçak basınçlı) ve çift yüzeyli (yüksek basınçlı) çadırlar şişme çadırlar; beşik, klasik üçgen, kubbe, jeodezik ve tünel çadırlar ise germe çadırlar olarak adlandırılmaktadır (Savaşır, 2008). (Şekil 2).



Şekil 2. Çeşitli Çadır Örnekleri: (a) Üçgen Çadırlar⁸

8 (a) www.docplayer.net (b) Tünel çadır (www.alkurcadir.com)



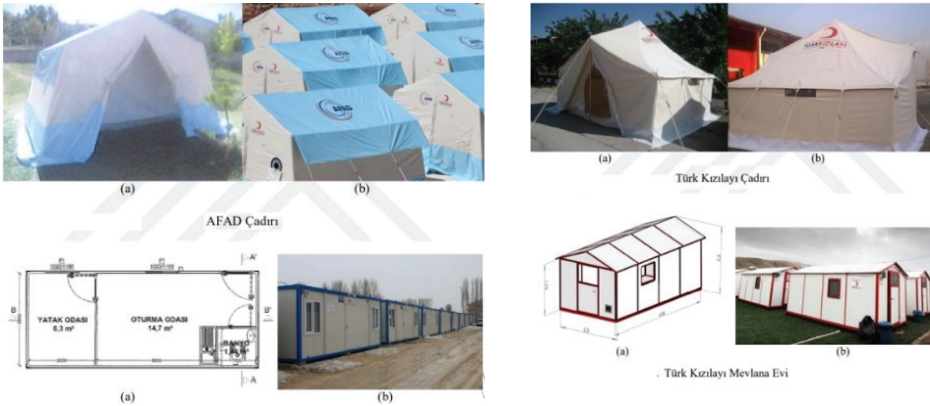
Şekil 3. (c) Jeodezik Çadırlar⁹, Yüksek Basıncılı Şişme Çadır

Türkiye’de Başbakanlık ve Afet ve Acil Durum Başkanlığı (AFAD) göçmenler ilgili koordinasyondan sorumlu kuruluşlar olarak görevlendirilmiştir. Acil Barınma birimleri; acil durumların yaşandığı süre zarfında, barınakların içerisinde kullanıcılara güvenli ve sağlıklı ortam

9 (a) www.shelter-systems.com (d) www.dometurk.com

sunarken, mahremiyet ihtiyaçlarına uygun şekilde yaşayabilecekleri kapalı bir yaşam alanı oluşturan birimlerdir. Acil barınma birimlerinin oluşturduğu alanlar, kalıcı konutlar sağlanıncaya kadarki ihtiyacı karşılar, çevreye karşı yeterli koruma, termal konfor, temiz hava ve iklimden korunma sağlarken, kişisel emniyet ve güvenliğini oluştururken, normal hane görevlerini sağlamaya ve yerel geçim faaliyetlerini en üst düzeye çıkarmaya imkan verir (Savaşır, 2008) (Şekil 3).

AFAD, Türkiye’de belirlenen birçok farklı noktada acil barınma yapıları ve destek ekipmanlarını sağlamaktadır. Olası bir afet durumunda bu ekipmanları o bölgeye aktarmakla sorumludur. Bu durumu her daim yönetmektedir. Bu barınma birimleri çadırlardan ve koyternurlardan oluşmaktadır. Bu barınma birimleri ithal olarak dışarıda da üretilmesine fırsat verilmektedir. Ayrıca, AFAD dışında farklı kurumların da tasarladıkları çadırları almak için maddi yönden destek yapabilmektedir. (Çeşmecioğlu,2017). Bununla birlikte, Türk Kızılay’ı da acil durumlarda ihtiyaçları karşılamak üzere çeşitli hizmetler sunmaktadır. Acil barınma birimleri de mevcuttur. Türk Kızılay’ı çadırı birlikte gerekli görüldüğü takdirde Mevlâna evi de üretmektedir (Çeşmecioğlu,2017). (Şekil 4)



Şekil 4. AFAD ve Kızılay Acil Barınma Birimleri

UNHCR (Birleşmiş Milletler Mülteci Örgütü), mültecileri korumak ve sorunlarına çözüm bulmak amacıyla yürütülen uluslararası oluşuma liderlik etme ve bu oluşumun gerçekleştireceği müdahalenin koordinas-

yonunu sağlama yetkisiyle 1950 yılında Birleşmiş Milletler Genel Kurulu tarafından kurulmuştur.¹⁰ (Şekil 5)



Şekil 5. UNHCR Acil Barınma Birimleri

GEÇİCİ BARINMA ÇÖZÜMLERİNDE KARŞILAŞILAN SORUNLAR

Günümüzde göç olgusuna yönelik geçici barınma çözümlerinde karşılaşılan sorunların temelinde geçici konutların kalıcı konutlara dö-

¹⁰ <https://www.unhcr.org/tr/turkiyede-unhcr>

nüştürülmesini içermektedir. Tasarlanan bu konutların kullanıcıları bir süre sonra kendi ihtiyaçlarını göz önünde bulundurarak dönüşümü gerçekleştirir. Bu dönüşüm, sökülebilir özelliklerinin kaybolmasına ve kalıcı izlerin ortaya çıkmasına sebep olmaktadır. Çadır ve geçici konutların sorunları alanın iklim özelliklerine, güvenlik sorunlarına, ısı, ses nem gibi sorunlara, komşuluk ilişkileri ve mahremiyet sorunları ön plana çıkmaktadır. Kalıcı konutların yapımının uzaması geçici bireysel konutlara başvurulması birçok problemi ortaya çıkarmaktadır (Acerer, 1999). Geçici barınaklar kısa süreli kullanılmak için tasarlanmıştır ancak inşaatı noktasında, maliyetlerinin yüksek olması nedeniyle kalıcı olarak kullanılmaya başlanmıştır. Geçici koronakların uzun süreli kullanılması gerektiği zaman göçmenlerin bu barınaklarda çeşitli değişiklikler ve ekler yapması uygun olmamaktadır. Geçici barınaklar farklı formu nedeniyle yaşayan göçebe toplumun normal hayata dönmek ve alışkanlıklarına devam edebilmek için onlara farklı gelmekte bu sebeple insanlar o yapıları ya terk etmekte ya da tahrip etmektedir (Limoncu ve Bayülgen, 2005).

Çadırların küçük olması ve bu durumdan kaynaklı olarak ailelerin ihtiyaçları noktasında yetersiz olması, ailelere ait olan eşyaların güvenliğinin sağlanamaması, özellikle ithal edilen çadırların nakil ücretinin ve maliyetinin yüksek olması ve iklim koşullarına göre tasarlanmamış olması onların negatif yönleri olarak karşımıza çıkmaktadır. (UNDRO, 1982).

Çadırların barınma süreli kısa vadeli olduğu için uzun vadede çeşitli problemleri ortaya çıkmaktadır. Özellikle hijyen noktasında önemli sorunlar ortaya çıkmaktadır. Çünkü çadırlar kısa dönem için tasarlanmıştır. Mültecilerin konakladıkları bazı noktalarda UNCHR çadırları farklı formlarda yenilenerek kullanılmıştır. Zaman içerisinde bu çadırları kullanan insanlar, çeşitli kuruluşlar tarafından verilen malzemeler ile bu çadırları yenilemişlerdir. (Ashmore, 2004). (Şekil 6)

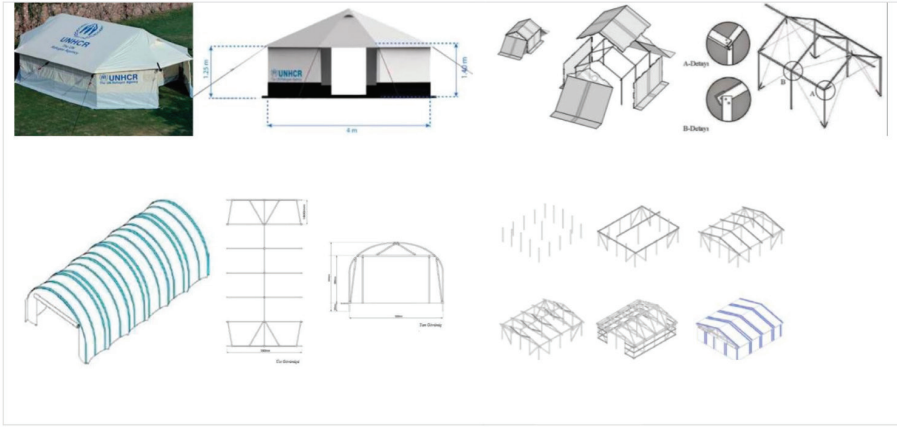


Şekil 6. Standart Çadırın Zamanla Kullanıcı Tarafından Geliştirilmesi (Ashmore, 2004)

GEÇİCİ BARINMA ÇÖZÜMLERİNE YÖNELİK YENİLİKÇİ YAKLAŞIMLAR

Barınma gereksinimi, acil durum sonrası yaşanan sorunların en önemlisi olarak ortaya çıkmaktadır. Ancak birçok kurum tarafından kullanılan çadır tipi geçici barınak, afetzede ya da mülteciler için sadece kısa süreliğine asgari düzeyde barınma ihtiyacını karşılamaktadır.

Barınak Merkezi (Shelter Center) ve Sphere Projesi (Sphere Project) tarafından acil barınma birimleri bulunmaktadır. Bunlar her mevsim kullanılabilen geleneksel yapı birimleridir. Ekonomik olması yönünden de uluslararası kuruluşlar tarafından tercih sebebi olabilmektedir. Bu birimler; Standart Çadır (Tent), Çerçevesiz Prototip Çadır (Frame Tent), Tünel Tipi Çadır (Tunnel Frame Tent), Ahşap Makaslı Çadır (Timber Column and Truss Frame Tent) şeklinde dört grupta incelenebilir. (Yamalı ve diğerleri, 2015).



Şekil 7. (a)Standart Çadır¹¹ Çerçevesi Prototip¹² (c)Tünel Tipi Çadır (Rand and Killing, 2003), (d) Ahşap Makaslı Çadır (Rand and Killing, 2003)

Günümüzde de kullanılan bu çadırların yansıra, acil durum mağdurları ve mülteciler için daha uygun geçici barınak arayışına giren mimarlar da alternatif projeler üretmektedirler. (Şekil 7)

UYGULANMIŞ YENİLİKÇİ ÖRNEKLER

Shigeru Ban'ın Kâğıt Çantı Ev Projesi: Marmara Depremi'nden sonra geçici konut alternatifleri üreten tasarımcılar, genel olarak, barınma birimlerini "geçici" kalması, sonradan kullanılabilir olması, ama yine de minimum donatıyla bir yaşam birimi olarak hizmet vermesi gibi kavramlardan hareketle tasarlanmıştır. Kolay inşa edilebilirken, büyük bir çoğunluğu geri dönüşümlü malzemelerden oluşturulmuş ve yeniden kullanılmak üzere sökülebilir nitelikte tasarlanmıştır.

11 www.unchr.org

12 www.shelter-systems.com



Şekil 8. Banın Kağıt Çantiev Projesi (Ban, 2000)¹³

Ban'ın tasarladığı birimler, kalıcı konutların inşasından sonra, birimlere ihtiyaç duyulmayacağı öngörüsüyle yapılmışlardır. Buna rağmen mimar, kullanıcıların konutları kendileri yapıp emek harcadıktan sonra, yaşam birimlerini daha çok hatırlayacaklarını düşünmektedir. Bu proje, geçici adının doğru kullanıldığı bir tasarımı içermesi nedeniyle önemlidir. Ayrıca depremzedeyi üretim aşamasına getirdiği için de önemi iki kat artmaktadır. (Şekil 8)



Şekil 9. Kobe Depreminde, Banın Kağıt Çantiev

13 www.mimarizm.com

Kobe Depreminde, Banın Kağıt Çantiev ismiyle uyguladığı geçici barınma birimlerinin yeni bir versiyonu olan Türkiye’de ürettiği birimler, yukarda bahsedilen sorunun yaşanmaması ve geçicilik özelliğinin korunması için bir takım kavram ve modellerden hareket ederek ortaya çıkmıştır(Karaduman, 2002). (Şekil 9)

Better Shelter

İsveç Stockholm kökenli sosyal girişimcilik projesi “Better Shelter”; kendi isteği dışında göç etmek zorunda kalmış mültecilerin hayatını iyileştirmek için IKEA ortaklığı ile geliştirilmiştir. Better Shelter; mahremiyet, güvenlik, aidiyet ve günlük yaşam ihtiyaçlarını karşılama amacı ile üretilmiş, maliyeti düşük ve dayanıklı barınak çözümüdür. Üretilen barınağın, modüler ve çok yönlü tasarımı, farklı coğrafyalarda kullanılmaya ve farklı iklim koşullarına adapte olmaya imkan vermektedir. (Şekil 10)



Şekil 10. Better Shelter Örneği

4 kişi tarafından 4 saat içerisinde kurulabilecek şekilde tasarlanmıştır. Barınak başına 1,250\$ olan maliyetine ve kolay kurulum avantajına rağmen yangın dayanıklılığının zayıf olduğu görülmüştür.¹⁴(Şekil 11)

14 <https://www.dezeen.com/2017/04/29/united-nations-admits-10000-ikea-better-shelter-refugees-mothballed-fire-fears/>



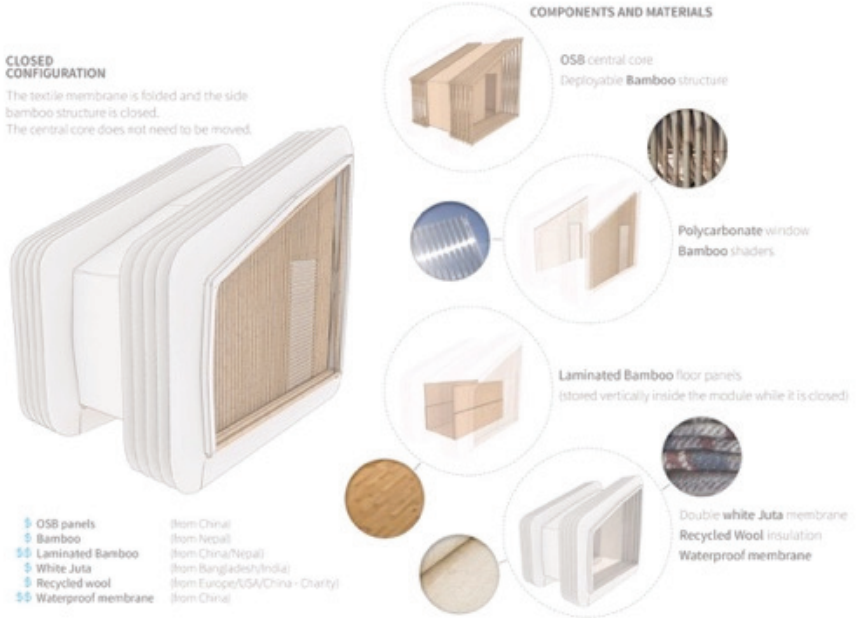
Şekil 11. Better Shelter Uygulamaları¹⁵

PROJE AŞAMASINDAKİ ÖRNEKLER

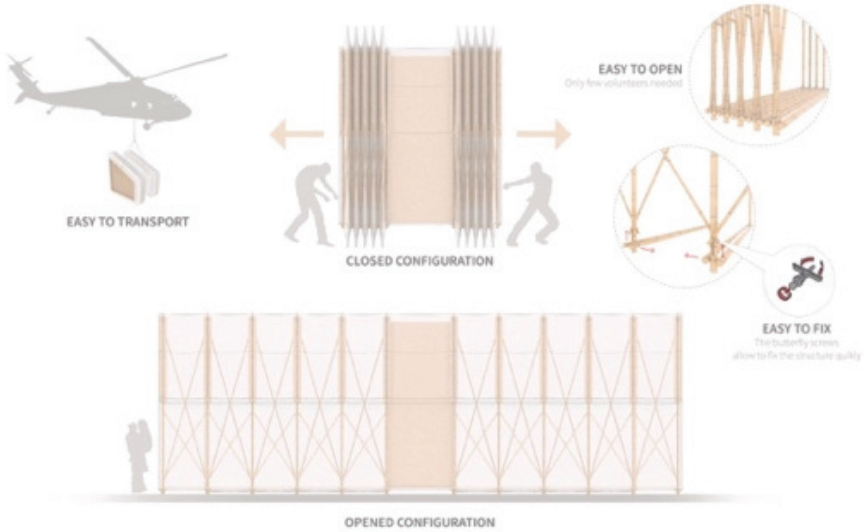
Sadece Bir Dakikada İsimli Proje: 2015 yılında Nepal’de gerçekleştirilen deprem sonrası, açılan yarışmasına katılan Barberio Colella Mimarlık tarafından önerilen proje, yerlerinden olan insanların kısa sürede yaşam koşullarına geri dönebilmeleri için, yerel malzemelerin kullanılarak, hafif, dayanıklı, sürdürülebilir ve ekonomik geçici barınma birimleri önermektedir. Kullanılan malzemeler OSB panelleri (Çin’den), bambu (Nepal’den), lamine bambu (Çin ve Nepal’den), beyaz jüt (Bangladeş,- Hindistan), geri dönüştürülmüş yünlü kumaş, ve su geçirmez membrandan (Çin’den) oluşmaktadır. ¹⁶(Şekil 12)

¹⁵ <https://bettershelter.org>

¹⁶ <https://www.archdaily.com/775698/barberio-colella-arc-designs-pop-up-home-to-rebuild-nepalese-lives-in-just-a-minute>

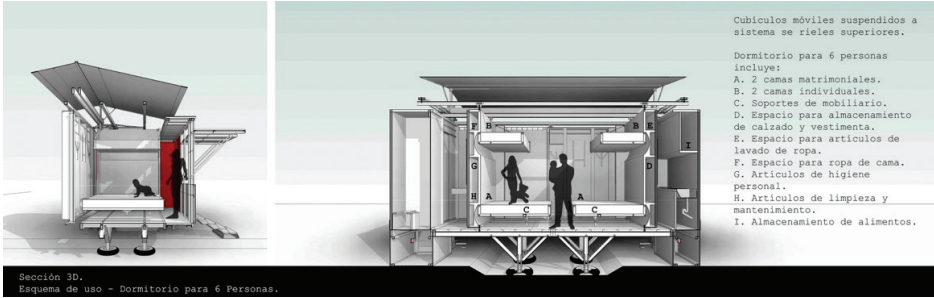


An earthquake can ruin the life of an entire community in a minute. This instant temporary home can give a new chance to start their life again in *just a minute*.



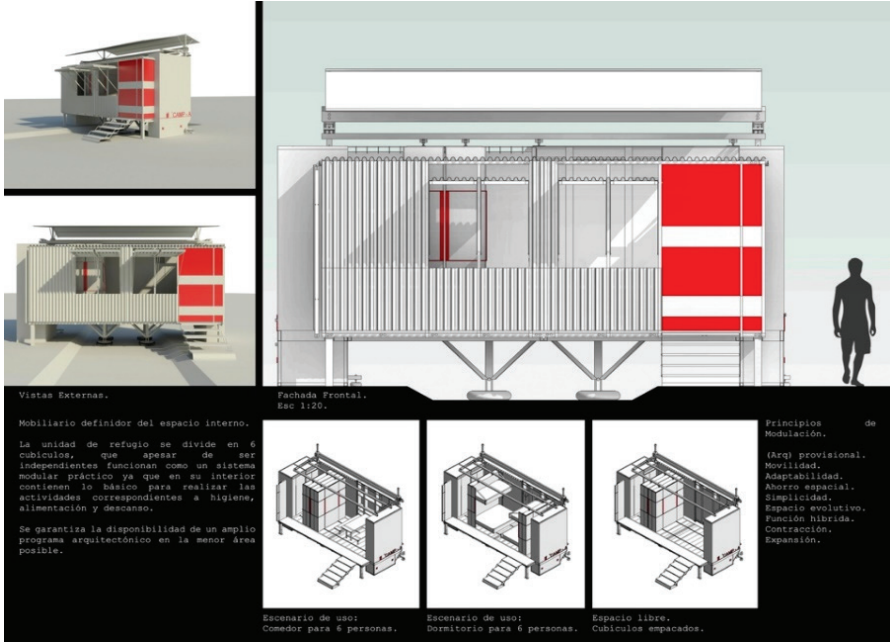
Şekil 12. Sadece Bir Dakikada İsimli Proje

Yaşayan Kapsül Acil Durum Barınağı: Mimar César Oreamuno, ikonik Swiss Army Knife ürünün çıkış noktasından esinlenerek, birden fazla ve çok yönlü problemlere, ardarda çözüme kavuşturan kullanıcıların kısa süre içerisinde, ortaya çıkan sorunun üstesinden gelmesini sağlayan geçici barınma birimleri tasarlamıştır. Barınma birimi 5 bölmeden oluşmaktadır. Bu bölmelerden 3 adedi hareketli (iç mekan aksanı), 2 adedi sabit (taşıyıcı destek) olarak tasarlanmıştır. Modüller oluşturulurken, işlevselliğin sağlanması için dikkate alınan özellikler ; modüler sistemlerden oluşması, ihtiyaca göre uyarlanabilmesi, farklı kullanım imkanları sunabilmesi, kolay kurulumu, hafifliği, taşınabilir olması, uzmanlık gerektirmeyen kurulum işçiliği, dayanıklılığı, paketlenebilir ve depolanabilir olması sayılabilir.¹⁷ (Şekil 13, Şekil 14)



Şekil 13. Yaşayan Kapsül Acil Durum Barınağı 1

17 <https://www.archdaily.com/801540/living-capsule-offers-shelter-from-disasters/573f926ae58ecf44800008f-living-capsule-offers-shelter-from-disasters->



Şekil 14. Yaşayan Kapsül Acil Durum Barınağı 2

YÖNTEM

Kamu kurum ve kuruluşlarının araştırmalarını incelenip, yabancı kamu kuruluşlarının çözüm uygulamalarını irdeleyerek literatür taramaları yapılmıştır.

SONUÇ

Bu çalışmada, incelenen başlıklar ve örnekler ışığında, mecburi hareket ile oluşan ihtiyaçlara yönelik barınma birimleri çözümlerinin, sakinlerinin yaşamını doğrudan nasıl etkilediği, tasarım kararları aşamasında, öncelik verilen, yaşayanların aidiyet kavramı, içinde yaşadıkları birimlerini ihtiyaçlarına göre adapte edebilme fırsatlarının sağlanmasının yaşam ve sosyal topluluk kalitelerini yükselttiği gerçeğine odaklanılmaya çalışılmıştır.

Yeni fonksiyonların eklenmesine imkan veren mobil, acil barınma birimleri, çok çeşitli faaliyet alanları oluşturarak, hibrid ve esnek ya-

pılaşmaya imkan vermektedir. Sürdürülebilir ve yerel malzemelerden faydalanılması, kullanıcıların adaptasyonunu kolaylaştırmaktadır.

Barınma çözümleri olarak ilk aşamada çadır kent ikinci aşamada geçici yerleşim yerleri üçüncü aşamada ise kalıcı yerleşim yerleri oluşturulabilir. Sıfırdan yerleşim yerini kurmak ve mevcutta bulunan geçici yerleşim yerlerinin iyileştirilmesi ve geliştirilmesi çözüm olarak sunulabilir. Yerinde üretim yapmak mimari çözüm olarak temel alınması gereken durumdur. Diğer yandan barınakların mobil ve ekolojik olması ve basit, kısa zamanda monte ediliyor olması önemlidir. Kentsel alanlarda site ve benzeri şekilde oluşturulacak kalıcı barınaklar toplumun mekana adapte olmasına fırsat sağlayabilir. Kalıcı konutlarda yaşanan problemler finansal kaynaklara erişim noktasında başlıca gösterilebilir. Devlet desteğinin olması bu konutların yapımının daha kullanılabilir şekilde geçmesinde önemli rol oynamaktadır. Bu sebeple bu konutlarda yaşayacak olan insanların ihtiyaçlarının iyi belirlenip gerekli otoritelere sunulması gerekir.

KAYNAKÇA

Akgül, A., (2006). Mimarlıkta Mobilite Kavramı: Göçebe Çingeneler ve Sirk Yaşamı Üzerine Bir İnceleme. İstanbul Teknik Üniversitesi FBE Mimarlık Anabilim Dalı.

Ağça,A.Ö., (2019). Tasarım Bağlamında Endüstriyel ve Teknolojik Gelişmelerin Konargöçer Yaşam Tarzına ve Maddi Kültürüne Etkileri-Mersin Yörükleri Örnekleme. Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi FBE Endüstri Ürünleri Anabilim Dalı.

Ayçiçek, E., Tecer, Ö.Ç., (2018). Uluslararası Göç Rejimi İtibarıyla Türkiye'nin Değişen Konumu:Kurumsal Yaklaşımlar ve Kuramsal Açılımlar. Viraverita E-Dergi: Disiplinlerarası Karşılaşmalar. Sayı:8, Kasım, s.44-66

Ashmore, J. (2004). Tents: A guide to the use and logistics of family tents in humanitarian relief, UN/Office for The Coordination of Humanitarian Affairs (UN/OCHA), Geneva: United Nations Publications.

Beyatlı, C. (2010). Acil durum barınakları ve bir barınak olarak acil durum konteyner öneri modeli, Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Edirne.

Çakır, S., (2011). Geleneksel Türk Kültüründe Göç ve Toplumsal Değişme. SDÜ Fen Edebiyat Fakültesi Sosyal Bilimler Dergisi, Sayı:24, ss.129-142

Çeşmecioğlu, T., (2017) . Acil Barınma Yapılarından Çadır Tasarımına Yönelik Kalite Evi Matrisi Hazırlanması. Yüksek Lisans Tezi. Gazi Üniversitesi FBE Mimarlık Anabilim Dalı.

Coburn, A., Spence, R. (1992). Earthquake Protection. (First edition). West Sussex, England: John Wiley & Sons, 1-37.

Karaduman, N. E., (1999). Doğu Marmara Depremleri Sonrası Üretilen Kalıcı Konutların Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi FBE Mimarlık Anabilim Dalı.

Kronenburg, R. Mobile: the Art of Portable Architecture, ed. Siegal, J., Princeton Architectural Press, New York. 2002

Limoncu, S., Bayülgen C., (2005), "Türkiye'de Afet Sonrası Yaşanan Barınma Sorunları", Megaron Planlama-Tasarım-Yapım, Y.T.Ü Mimarlık Fakültesi e-dergisi, 1(1):18-27.

Petersen, W., (1958). A General Typology of Migration. American Sociological Review, Vol.23, No.3, pp 256-266

Savaşır, K. (2008). Afet Sonrası Uygulanacak ve Geçiciden Kalıcıya Dönüştürülecek Konut Tasarımları için Türkiye Koşullarına Uygun Yapım Sistemlerinin İrdelenmesi. Doktora Tezi. Dokuz Eylül Üniversitesi FBE Mimarlık Bölümü. İzmir.

Tüzün, E. (2002). Ev / Yaşama mekânı: Afet sonrası gereksinimler, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.

United Nations Disaster Relief Organization. (UNDRO), (1982). Shelter after disaster guidelines for assistance, Office Of The United Nations Disaster Relief Coordinator, Geneva.

Yamalı, M. S., Akgün, Y., Karaveli, A. S. (2015, 14-16 Ekim). Deprem sonrası acil barınma birimi tasarımları üzerine bir değerlendirme. 3. Türkiye Deprem Mühendisliği ve Sismoloji Konferansı, İzmir.

İNTERNET KAYNAKLARI

<https://www.aa.com.tr/tr/dunya/dunyada-gecen-yil-82-milyondan-fazla-insan-gerinden-edildi/2279084> (E.T.20.11.2022)

<https://www.migrationpolicy.org/programs/data-hub/maps-immigrants-and-emigrants-around-world> (E.T.20.11.2022)

<https://www.unhcr.org/tr/turkiyede-unhcr> (E.T.22.11.2022)

<https://cms.emergency.unhcr.org/documents/11982/57181/Shelter+Design+Catalogue+January+2016/a891fdb2-4ef9-42d9-bf0f-c12002b3652e> (E.T.22.11.2022)

<https://www.dezeen.com/2017/04/29/united-nations-admits-10000-ike-a-better-shelter-refugees-mothballed-fire-fears/> (E.T.22.11.2022)

<https://bettershelter.org> (E.T.22.11.2022)

<https://www.archdaily.com/775698/barberio-colella-arc-designs-pop-up-home-to-rebuild-nepalese-lives-in-just-a-minute> (E.T.22.11.2022)

<https://www.archdaily.com/801540/living-capsule-offers-shelter-from-disasters/573f926ae58ecef44800008f-living-capsule-offers-shelter-from-disasters-> (E.T.22.11.2022)

<https://www.studiohannahwood.com/post/emergency-shelter>

<https://www.migrationpolicy.org/programs/data-hub/maps-immigrants-and-emigrants-around-world> (E.T.22.11.2022)

<https://www.aa.com.tr/tr/dunya/dunyada-gecen-yil-82-milyondan-fazla-insan-yerinden-edildi/2279084> (E.T.22.11.2022)

