

MÜHENDİSLİK ALANINDA AKADEMİK ARAŞTIRMA VE DEĞERLENDİRMELER

EDİTÖR
DOÇ. DR. SELAHATTİN BARDAK



Genel Yayın Yönetmeni / Editor in Chief • C. Cansın Selin Temana
Kapak & İç Tasarım / Cover & Interior Design • Serüven Yayınevi
Birinci Basım / First Edition • © Aralık 2021
ISBN • 978-625-7721-43-1

© copyright

Bu kitabın yayın hakkı Serüven Yayınevi'ne aittir.

Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin almadan hiçbir yolla çoğaltılamaz.

The right to publish this book belongs to Serüven Publishing.

Citation can not be shown without the source, reproduced in any way without permission.

Serüven Yayınevi / Serüven Publishing

Türkiye Adres / Turkey Address: Yalı Mahallesi İstikbal Caddesi No:6
Güzelbahçe / İZMİR

Telefon / Phone: 05437675765

web: www.seruvenyayinevi.com

e-mail: seruvenyayinevi@gmail.com

Baskı & Cilt / Printing & Volume

Sertifika / Certificate No: 47083

**MÜHENDİSLİK ALANINDA
AKADEMİK ARAŞTIRMA
VE DEĞERLENDİRMELER**

Aralık 2021

Editör

Doç. Dr. Selahattin BARDAK

İÇİNDEKİLER

Bölüm 1

STANDART YAĞIŞ İNDEKSİ (SPI) KULLANARAK KURAKLIK ANALİZİ

Meral KORKMAZ..... 1

Bölüm 2

KARABURUN YARIMADASI EGE VİŞNE ANTİK MERMER OCAĞI PETROGRAFİK-JEOKİMYASAL VE FİZİKOMEKANİK KARAKTERİSTİĞİ

Ramazan HACIMUSTAFAOĞLU 15

Bölüm 3

TIBBİ TEKSTİLLER: ÜRETİM TEKNİKLERİ, BİTİM İŞLEMLERİ VE KARAKTERİZASYON YÖNTEMLERİ

Hayriye Hale AYGÜN 33

Bölüm 4

KAYIT AKTARIM DİLİ (RTL) VE MİKRO İŞLEMLER

Fatih TOPALOĞLU..... 57

Bölüm 5

KRİSTALİN MERMER TANE BOYUTLARI ÖLÇEK ÇALIŞMASI VE AFRODİSİAS ANTİK KENTİ KRİSTALİN MERMERLERİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI

Dr. Ramazan Hacımustafaoğlu 77

Bölüm 6

SAĞLIKTA DİJİTALLEŞME VE AKILLI TEKNOLOJİ UYGULAMALARIYLA TÜRKİYE PERSPEKTİFİ

Sezin GÜLERYÜZ 97

Bölüm 7

LOJİSTİK FAALİYETLERDE DİJİTAL DÖNÜŞÜM VE AKILLI TEKNOLOJİLER

Sezin GÜLERYÜZ & Derin DÖNMEZ TOPÇUOĞLU..... 111

Bölüm 1

STANDART YAĞIŞ İNDEKSİ (SPI) KULLANARAK KURAKLIK ANALİZİ

Meral KORKMAZ¹

¹ Assistant Professor, Dept. of Civil Engineering, Munzur Univ., 62100, Turkey, Orcid: 0000-0001-5689-2560, E-mail: meralkorkmaz@munzur.edu.tr

1. Giriş

Küresel iklim değişikliği olağanüstü durumlara neden olarak ekosistemi ve toplumsal yaşamı etkilemektedir. İklim değişikliğinin en önemli sonuçlarından biri kuraklıktır (Mishra ve Singh 2011, 2010, Karabulut 2015). Kuraklık, ortalama yağışın azalması sonucu oluşan su eksikliği olarak tanımlanabilmektedir. Kuraklık, meteorolojik kuraklık, hidrolojik ve tarımsal kuraklık olarak sınıflandırılabilir. Meteorolojik kuraklık, yağışların en az 30 yıllık bir zaman periyoduna ait normallerden sapması olarak tarif edilmektedir. Bu nedenle uzun ve şiddetli seyreden hidrolojik ve tarımsal kuraklıkların ortaya çıkması doğrudan meteorolojik kuraklığa bağlanabilir (Yetmen, 2013; Al-Qinna vd. 2011). Tarımsal kuraklık, genel olarak toprak nemi ve yağışın ürünlerin büyümesini destekleyemediği ve verim kayıplarına yol açtığı kısa süreli olan bir kuraklık çeşididir (Lakshmi et al. 2004; Liu ve Hwang 2015), hidrolojik kuraklık; göller, akarsular, rezervuar veya yeraltı sularından belirgin yüzey ve yüzey altı su tükenmesi ile 3, 6, 12 ve 24 aylık orta ve uzun süreli kuraklıktır (Szalai ve diğerleri 2000; Van Loon ve diğerleri. 2014). Hidrolojik kuraklık sonucu azalan yüzey ve yeraltı su seviyeleri, su kıtlığına neden olmaktadır. Nehir akımlarında hidrolojik çevrim sonucu oluşan değişimler taşkın ve kuraklığa sebep olarak ciddi sorunlara neden olmaktadır (Özfidaner 2018). Son zamanlardaki seller ve kuraklığın artması araştırmacıları iklim değişikliklerini incelemeye yöneltmiştir. İklim değişikliği, doğal afetlerin yanı sıra tarımsal üretimi ve hayvancılığı da etkilemektedir. Bu etkilerin çoğu meteorolojik kuraklık ile ilişkilidir. Bu nedenle yağış ve kuraklık analizlerinin yorumlanması ve meteorolojik verilerin sayısal analizlerinin yapılması oldukça önemlidir. Kuraklık riskini yönetebilmek için öncelikle kuraklık eğiliminin bilinmesi gerekir. Kuraklık eğilimini belirlemek için birçok yöntem kullanılmaktadır. En yaygın trend analiz testlerinden biri Şen Yöntemidir.

Kuraklık analizinde kuraklığın hangi yıllarda ne sıklıkla meydana geldiğini bilmek çok önemlidir. Kuraklığın ne zaman başlayacağını veya sona ereceğini tahmin etmek oldukça zordur. Araştırmacılar kuraklığın izlenmesini, tahminini ve azaltılmasını sağlamak için çok sayıda kuraklık indeksi geliştirilmiştir (Wilhite ve Glantz 1985). Yağış, kuraklık indekslerinde kuraklık değişkeni olarak yaygın olarak kullanılmaktadır. Bununla birlikte, meteorolojik kuraklık analizi yapmak için sıcaklık ve buharlaşma da kullanılmıştır. Bunlar; Z-endeksi, Palmer Modifiye Kuraklık İndeksi (PMDI), Yağış Anomali İndeksi (RAI), Çeyrekler ve Ondalıklar, Bhalme ve Moly Kuraklık İndeksi (BMDI), Keetch–Byram Kuraklık İndeksi (KBDI), Standardize Yağış İndeksi (SPI), normalin yüzdesi, Etkili Kuraklık İndeksi (EDI), Kuraklık Sıklık İndeksi (DFI), Keşif Kuraklık İndeksi (RDI), Dayanıklılık Güvenilirlik Güvenlik Açığı (RRV) Kuraklık İndeksi, Standardize Yağış Evapotranspirasyon İndeksi (SPEI) (Yaseen ve Shahid 2021).

Kuraklık özelliklerini değerlendirmek için en yaygın olarak kullanılan indeks, Standardize Yağış İndeksidir (SPI) (McKee et al. 1993, 1995; Mishra ve Singh 2010). SPI indeksi, bu iki istatistiksel parametrenin ideal olarak en az 30 yıllık geçmiş sürekli kayıtlardan belirlendiği, standart sapmaya bölünen ortalamadan yağış farkını temsil etmektedir (McKee ve diğerleri 1993).

TBMM Küresel İklim Değişikliği raporunda, Türkiye'deki havzalarda sıcaklıklar artış eğiliminde olduğunu bildirmiştir. Artışlar 2016-2040 dönemini kapsayan ilk periyotta 1-1,5 derece civarındayken, 2041-2070 periyodunda 2-2,5 civarında. 2071-2099 periyodunda ise 3,5 derecenin üzerinde görülüyor. En fazla artışın ise 2071-2099 periyodunda 4-4,5 derecelik artışla Fırat-Dicle havzasında olacağı vurgulanmıştır. Bunun sonucunda Türkiye'nin tamamında, çölleşme, sel, taşkın ve çığ risk alanları ile ilgili daha fazla çalışma yapılmalı, veriler sürekli izlenmeli ve öncelikli risk alanları tespit edilerek gerekli önlemler alınmalıdır.

Fırat-Dicle havzasında sıcaklıkların artış eğiliminde olması dolayısıyla bu çalışmada, Doğu Anadolu bölgesinde Elazığ ili için kuraklık değerlendirmesini yapmak için SPI indeksini kullanmıştır. Şekil 1'de Elazığ'ın Baskil ilçesine bağlı Kumlutarla köyünde, kuraklık nedeni ile baraj sularının çekilmesi ile yaklaşık 75 yıllık olduğu tahmin edilen köy okulu ortaya çıkmıştır. Aynı zamanda kuraklık nedeniyle baraj gölünde sular çekilmiştir (Sabah, 2021).



Şekil 1. Elazığ'da kuraklık nedeni ile baraj sularının çekilmesi ve yaklaşık 75 yıllık olduğu tahmin edilen köy okulu ortaya çıkması (Sabah, 2021).

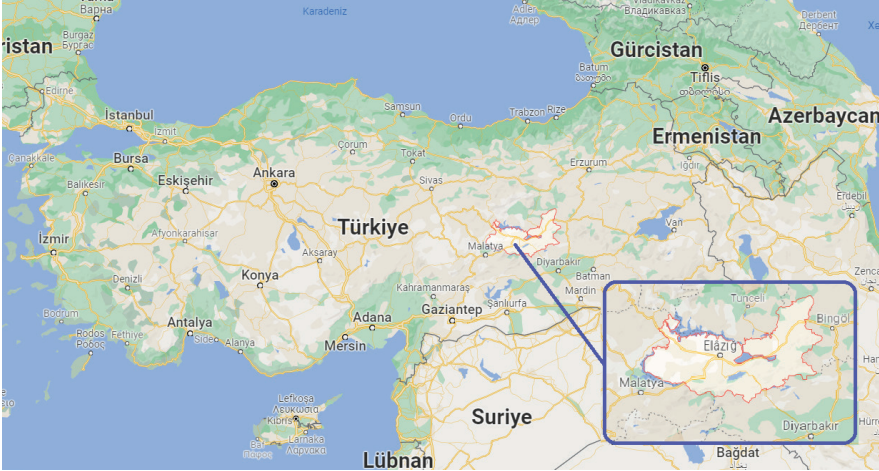
Doğu Anadolu Bölgesi tarım ve hayvancılık oldukça verimli bir bölgedir (Çelik vd. 2018). Ancak bölgede tarım ve hayvancılık faaliyetleri kuraklık ve sel gibi faktörler yüzünden gittikçe önemini kaybetmektedir. Bu çalışmada meteorolojik gözlem istasyonlarından uygun olanlar belirlenerek, doğu Anadolu bölgesinde Elazığ ili için tarihsel yağış kayıtlarından belir-

lenen kuraklık modellerini modellemek ve olası tahminleri sağlamak için SPI indeksini kullanmaktır. SPI değerlerinin hesaplanması, 12 ve 24 aylık uzun vadeli ölçekleri dikkate alacak ve kısa vadeli ölçeklerden daha güvenilir ortalama özellikler üretecektir. Bu amaçla 1980-2021 yılları arasındaki meteorolojik, hidrolojik ve hidrojeolojik veriler ele alınmıştır. Bu verilerin yıllar içinde nasıl bir eğilim gösterdiği ayrıntılı olarak incelenmiş ve kuraklık riski araştırılmıştır. Bu analizler sonucunda Elazığ ilinde yıllık toplam yağış miktarında azalma eğilimi görülmüştür. Bu çalışmada, kuraklık izleme için yeni bir yöntem olan kuraklık analizi ve Standart Yağış İndeksi (SPI) yöntemi olarak sunulan Elazığ ili için uzun süreli yağış ölçümleri meteoroloji istasyonlarından alınan veriler kullanılarak bölge için kuraklık oluşumları analiz edilmiştir. Hem gözlemlenen hem de simüle edilen yağış, Standart Yağış İndeksi (SPI) kullanılarak analiz edildi ve değerlendirildi.

2. Materyal ve Yöntem

• Çalışma Alanı

Çalışma alanı olarak seçilen Elazığ ilinin konumu şekil 1’de gösterilmiştir. Doğu Anadolu Bölgesi’nin güneybatısında yer alan Elazığ ili Yukarı Fırat havzasındadır. Yüzölçümü 9.153 km² ve coğrafi koordinatları 39° 02’ 44” Kuzey, 39° 31’ 02” Doğu’dur. Doğudan Bingöl, kuzeyde Tunceli, batı ve güneybatıda Malatya, güneyde ise Diyarbakır illeri ile komşudur. 2021 itibarıyla 440.513 kişilik merkez nüfusuna sahiptir.



Şekil 2. Elazığ ilinin konumu

Elazığ ilinin iklimi karasal iklimdir ve günlük ortalama sıcaklık 14.7 °C’dir. Yağışlar en çok ilkbaharda görülürken, yaz ayları ise kuraktır. Küresel iklim değişikliği ve barajların etkisi ile iklimi ılıman bir iklimdir. Bölgede çok soğuk ve yoğun kar yağışlı geçen kış mevsimi daha ılıman geçmektedir.

Elazığ ilinde kuraklık oluşumunu standart yağış indeksi (SPI) yöntemi ile analiz edebilmek için Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden Elazığ istasyonuna ait aylık ortalama yağış verileri elde edilmiştir. Bu amaçla 1980-2021 dönemine ait yağış değerleri kullanılmıştır. Standartlaştırılmış Yağış İndeksi alınan veriler ile kuraklığın analizi yapılmıştır. SPI, belirtilen zaman aralığındaki yağış ortalamasından farkın standart sapmaya bölünmesiyle elde edilir.

• SPI Yöntemi

Küresel ısınma ve iklim değişikliği gibi nedenlerle yağış miktarı yıl boyunca önemli ölçüde değişmektedir. Bu nedenle yağış olaylarının bilinmesi çok önemlidir. Genellikle kuraklık analizi yapılırken sadece yağışın bilinmesi yeterlidir. Araştırmacılar kuraklık olayını incelerken kuraklık türüne göre birçok farklı yöntem kullanmışlardır. Bu yöntemlerden en yaygın olanı standart yağış indeksi yöntemidir (SPI). SPI yönteminde kullanılacak formül Denklem 1'de verilmiştir. Denklem 1'de, belirlenen zaman aralığında yağış serilerinin ortalamadan olan farkının standart sapmaya bölünmesi ile kuraklık elde edilir.

$$SPI = \frac{X_i - X_0}{S_x} \quad (1)$$

Burada;

$X_i, X_1, X_2, \dots, X_n$; Standartlaştırılmış yağış serisi, ; Serinin ortalaması, ise standart sapmasıdır (Sırdaş ve Sen 2003).

Yağış olaylarının hesaplanması karmaşık olması nedeniyle yağış dizileri önce normal dağılıma göre ayarlanır. Çünkü 12 ay veya daha kısa periyotlar normal dağılımı göstermez. SPI değerlerinin normalleştirilmesi sonucunda hem kuru hem de nemli periyotlar belirlenmektedir. SPI değeri -1 ve altında ise kurak dönemi, pozitif olması ise aşırı yağış veya nemli dönemleri göstermektedir. Bu yöntemden elde edilen değerlere göre kurak ve nemli dönemlerin sınıflandırılması Tablo 1'de gösterilmiştir.

Table 1. SPI Kuraklık sınıflandırması (Bakanoğulları, 2020)

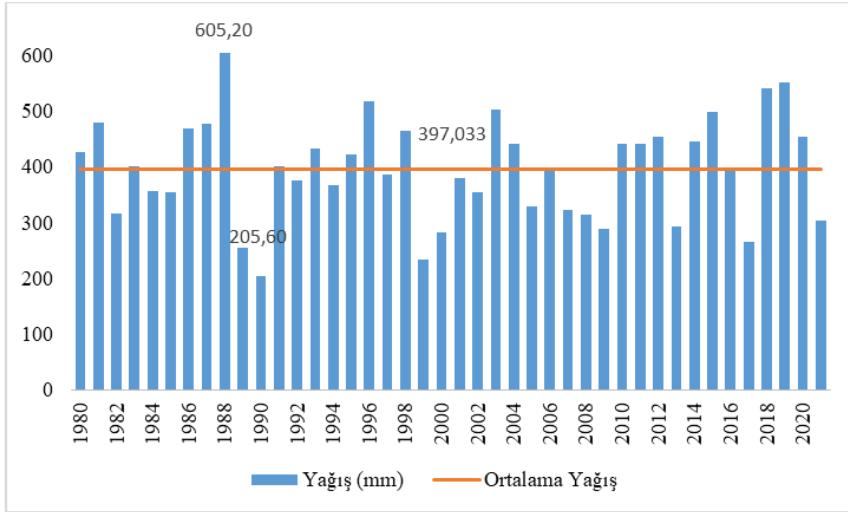
<u>SPI değeri</u>	<u>Kuraklık Sınıfı</u>
≥ 2	Aşırı nemli
1.5 - 1.99	Çok nemli
1.0 - 1.49	Orta nemli
0.5 - 0.99	Hafif nemli

-0.99 - 0.5	Hafif kurak
-1 to -1.49	Orta kurak
-1.5 to -1.99	Şiddetli kurak
≤ -2	Aşırı kurak

SPI kuraklık analizinin hesaplanmasında; En az 30 yıllık uzun süreli yağış serileri (mm boyutunda) kullanılmaktadır. Kuraklık klimatolojisi, yağış eksikliğinin su kaynakları üzerindeki etkisi dikkate alınarak, en iyi akışın olduğu 1, 3, 6, 12, 24 ve 48 aylık zaman ölçekleri dikkate alınarak hesaplanmıştır. Bu süreler, yağış eksikliğinin kullanılabilir su kaynaklarına etkisinin ne kadar süreyle hissedilebileceği mantığına göre seçilmiştir. Örneğin, herhangi bir ayda yağışta meydana gelen bir azalma toprak nemini hemen etkilerken, yeraltı sularını ve nehirleri daha uzun bir süre sonra etkilemektedir.

• Yağış Veri Analizi

Elazığ ilinde 1980-2021 yılları için günlük toplam yağış değerlerinin aylık ortalamaları ve bunlara karşılık gelen koordinatlar Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nden alınmıştır. 1980-2021 dönemi yıllık ortalama yağış verileri DMİ Genel Müdürlüğü'nden alınmıştır. Şekil 2'deki 40 yıllık yağış verilerinin gidişatına bakıldığında yağış eğiliminin değişken olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, ortalama yağış miktarı zamanla azalmıştır ve çoğunlukla ortalama yağışın altında olmaktadır. Bu da önümüzdeki yıllarda yağış miktarının azalacağını göstermektedir. Şekil 2'de yıllık en yüksek yağış derinliği 605,2 mm ile 1988 yılında, en düşük yağış miktarı ise 205 mm ile 1990 yılında görülmüştür.



Şekil 3. 1980-2021 dönemi için ortalama yıllık yağış verileri

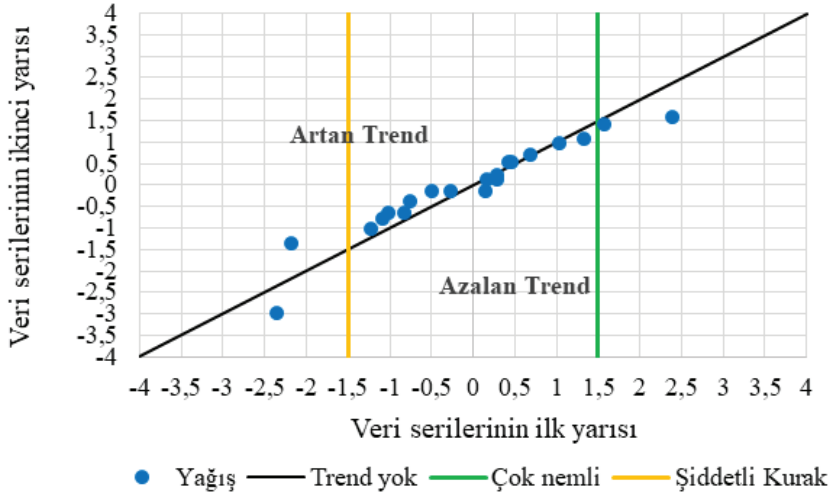
- **Yenilikçi Trend Analizi (ITA)**

Artan küresel ısınma ve iklim değişikliği, araştırmacıları hidrolojik olayları incelemeye yönlendirmektedir. Bu değişikliklerin incelenbilmesi için hem geçmişte hem de gelecekte nasıl bir eğilim gösterdiğini bilmek çok önemlidir. Birçok araştırmacı, çalışmalarında hidrolojik ve meteorolojik değişkenlerdeki eğilimleri belirlemek için ITA yöntemini kullanmıştır. Bu çalışmada da, Elazığ ilinde yıllık ortalama yağışların gelecekteki eğilimini araştırmak için ITA yöntemi kullanılmıştır. Trend yöntemlerini uygulamadan önce, verilerin seri bağımlı olup olmadığını araştırmak için seri korelasyona bakılmıştır. 1980-2021 yılları arasında meteoroloji istasyonları tarafından toplanan yıllık ortalama yağış verilerine ITA yöntemi uygulanmıştır.

1980-2021 dönemi için ortalama yıllık yağış verileri, medyan yıldan iki eşit yarıya bölünmüştür. Her iki alt seri de küçükten büyüğe ayrı ayrı listelenmiştir. Şekil 1’de, Kartezyen koordinat sisteminin ilk alt serisi (X_i) x eksenini boyunca sıralanmıştır ve ikinci alt seri (X_j) y eksenini boyunca sıralanmıştır. Veriler 1:1 çizgisi üzerindeyse trend olmadığını göstermektedir. Veriler 1:1 çizgisinin alt üçgen alanında yer alıyorsa, azalan bir eğilimi göstermektedir. Veriler üst üçgen alanında yer alıyorsa artan bir trendin olduğu söylenebilir (Caloiero, 2018).

Trend analizi ile herhangi bir meteorolojik veya iklimsel verinin zaman serisinin düşük, orta ve yüksek değerlerinin eğilimleri belirlenir.

Şekil 1’de, düşük değerlerin pozitif artan bir trendi ve yüksek değerlerin negatif azalan bir trendi tanımladığını, 1:1 ideal çizgisine yakın orta değerlerin ise trend olmadığını göstermektedir. Aynı zamanda şiddetli kurak ve çok nemli koşulların oluşma eğilimini daha kolay ve daha iyi tanımlamak için Şekil 1’de iki dikey çizgi eklenmiştir: Şiddetli kuraklık sınırına (SPI = -1.5) sarı bir çizgi ve çok nemli kuraklığa ise mavi bir çizgi ile belirlenmiştir (SPI = -1.5) (Caloiero, 2018).

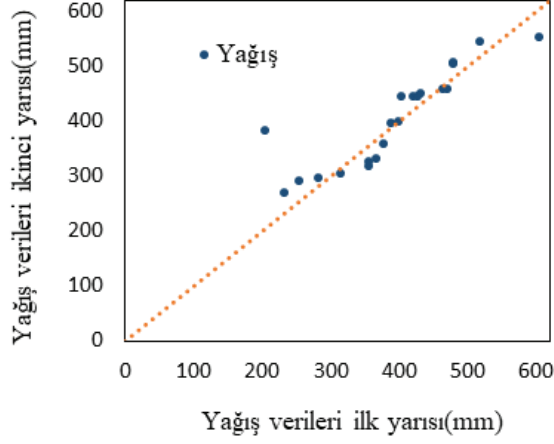


Şekil 4. Yıllık ortalama yağış verilerinin ITA Metodu ile gösterimi (Caloiero, 2018).

3. Bulgular ve Tartışma

• Uzun yıllık aylık ortalama yağışların dağılımı

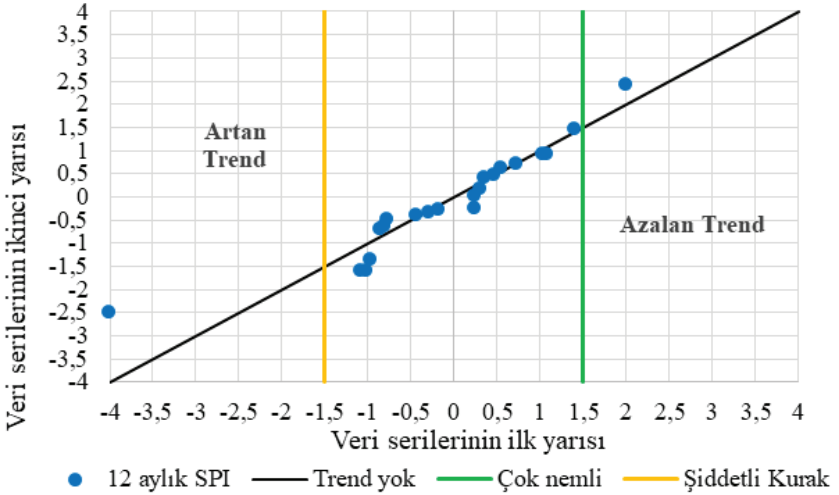
Elazığ iline ait yıllık yağış serileri incelendiğinde ortalama yağışın 397 mm olduğu görülmektedir. Elazığ gibi karasal iklime sahip bölgelerde iklim karakteristikleri çok fazla değişkenlik göstermektedir. Bunun sonucunda bu bölgelerde kuraklık olması hem çevresel hem ekonomik olarak etkilemektedir. Kuraklık olayının incelenebilmesi için yağışların yıldan yıla değişimini belirlemek gerekmektedir. Bundan dolayı uzun yıllara ait yağış verilerine Şen Metodu uygulandığında yağışın azalan trende olduğu görülmektedir. Şekil 1 incelendiğinde azalan bir trend olduğu uç değerlerde artan bir trende doğru gittiği görülmektedir.



Şekil 5. 1980-2021 dönemi uzun yıllar yağış verileri Şen Metodu

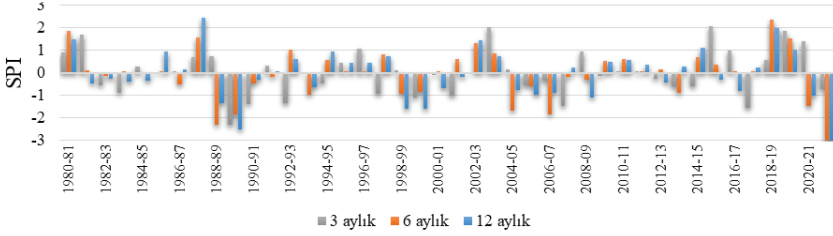
• Aylık SPI zaman serileri

12 aylık seride meydana gelen kuraklık olayları Şekil 6'da gösterilmiştir. En şiddetli kuraklık 1988, 1989, 1993, 2001, 2006 ve 2021 yıllarında meydana gelmiştir. Verilerin ilk yarısında kuraklık azalan bir eğilim gösterirken, ikinci yarısında eğilimin olmadığı uç noktalara doğru artan bir eğilim gösterdiği görülmektedir.



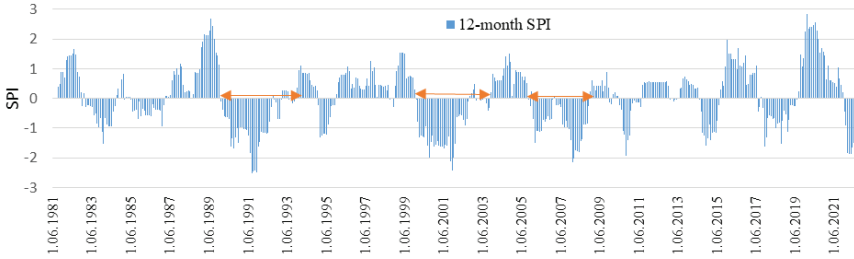
Şekil 6. 1980-2021 dönemi uzun yıllar yağış verileri Şen Metodu

3, 6 ve 12 aylık SPI serisinde olağanüstü ve aşırı kuraklık özellikle 1988-2000 yılları arasında gözlemlenmiştir.



Şekil 7. 1980-2021 dönemi 3, 6 ve 12 aylık SPI değerleri

Şekil 8’de 1991 ve 2001 yılında ise, kasım aylarında olağanüstü kuraklık görülmüş olup, diğer aylarda ise aşırı ve orta kuraklık meydana gelmiştir. 1989 yılının şubat ayında başlayan kuraklık, şiddetini artırarak 4 yıl devam etmiştir. 1999 yılında tekrar başlayan kuraklık 2004 yılına kadar sürmüştür. Kurak dönemler neredeyse her 2 yılda bir meydana gelmiştir. Nemli dönemler en fazla 2 yıl sürmüştür. En şiddetli kuraklık dönemleri son dönemde 2020-2021 yıllarında gözlemlenmiştir.



Şekil 8. 1980-2021 dönemi 12 aylık SPI değerleri

Şekil 9 da modelin Elazığ iklim şartlarında kuraklık ve nemlilik durumu belirlenerek değerlendirilmiştir. Elazığ ilinde kuraklık eğilimi genel olarak hafif şiddette kuraklık olduğu belirlenmiştir. Kurak dönemler neredeyse her 2 yılda bir meydana gelmiştir. Nemli dönemler en fazla 2 yıl sürmüştür. En şiddetli kuraklık dönemleri son dönemde 2020-2021 yıllarında gözlemlenmiştir.

	2001-02	-1
Aşırı kurak	1988-89	-2.28
	2006-07	-1.84
	1989-90	-1.83
Siddetli kurak	2004-05	-1.68
	2000-01	-1.68
	1993-94	-0.99
	1998-99	-0.91
	2013-14	-0.6
	1999-00	-0.54
	2005-06	-0.6
	1986-87	-0.53
	1990-91	-0.49
	2008-09	-0.52
	1991-92	-0.18
	2007-08	-0.17
	1982-83	-0.13
	1984-85	-0.02
Hafif kurak	1995-96	0.01
	2011-12	0.03
	1983-84	0.05
	1996-97	0.05
	2000-01	0.05
	2016-17	0.05
	1985-86	0.06
	2017-18	0.07
	1981-82	0.09
	2012-13	0.18
	2015-16	0.35
	2009-10	0.52
	1994-95	0.56
	2001-02	0.6
Hafif nemli	2010-11	0.61
	2014-15	0.68
	1997-98	0.8
	2003-04	0.88
	1992-93	1.03
	2002-03	1.37
	2018-20	1.51
Çok nemli	1987-88	1.25
	1990-91	1.56
Aşırı nemli	2018-19	2.34

Şekil 9. 1980-2021 dönemi Elazığ ili SPI değerlerine göre kurak dönemlerin sınıflandırılması

4. Sonuç

Bu çalışmada, Elazığ iline ait uzun süreli yağış verileri kullanılarak kuraklık analizi yapılmıştır. Kuraklık analizinde ve kuraklığın izlenmesinde yeni bir yöntem olarak sunulan Standart Yağış İndeksi (SPI) yöntemi ile yağış verilerinin kuraklık oluşumları 3, 6 ve 12 aylık periyotlar için analiz edilmiştir. Elazığ ilinde kuraklık eğilimi genel olarak hafif şiddette kuraklık olduğu belirlenmiştir. Kurak dönemler neredeyse her 2 yılda bir meydana gelmiştir. Nemli dönemler en fazla 2 yıl sürmüştür. En şiddetli kuraklık dönemleri son dönemde 2020-2021 yıllarında gözlemlenmiştir. Bunun sebebi küresel ısınma ve iklim değişikliği olgusuna bağlanabilir. Bunun sonucunda bölgede hafif kuraklığın riskinin her zaman var olduğu gerçeğini göstermektedir. Aynı zamanda Hem gözlenen hem de simülasyon sonucu elde edilen kuraklık indeks değerleri dikkate alınarak taşkınların önlenmesi, su kaynaklarının etkin kullanılması ve tarımsal üretim faaliyetlerinin olası kuraklıktan etkilenme düzeyini en aza indirgenmesi sağlanmalıdır.

5. Kaynaklar

- Al-Qinna, M. I., Hammouri, N. A., Obeidat, M. M., & Ahmad, F. Y. (2011). Drought analysis in Jordan under current and future climates. *Climatic change*, 106(3), 421-440.
- Bakanoğulları, F. (2020). SPEI ve SPI indisleri kullanılarak İstanbul-Damlıca Deresi Havzasında kuraklık şiddetlerinin analizi. *Toprak Su Dergisi*, 9(1), 1-10.
- Caloiero, T. (2018). SPI trend analysis of New Zealand applying the ITA technique. *Geosciences*, 8(3), 101.
- Çelik, M. A., Kopar, İ., & Bayram, H. (2018). Doğu Anadolu Bölgesi'nin Mevsimlik Kuraklık Analizi. *Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 22(3), 1741-1761.
- Karabulut, M. (2015). Drought analysis in Antakya-Kahramanmaraş Graben, Turkey. *Journal of Arid Land*, 7(6), 741-754.
- Lakshmi V, Piechota T, Narayan U, Tang C (2004) Soil moisture as an indicator of weather extremes. *Geophys Res Lett* 31(11):1-4.
- Liu Y, Hwang Y (2015) Improving drought predictability in Arkansas using the ensemble PDSI forecast technique. *Stoch Env Res Risk Assess* 29(1):79-91.
- McKee TB, Doesken NJ, and Kleist J (1993) The relationship of drought frequency and duration to time scales. *Proceedings of the 8th conference on applied climatology*, American Meteorological Society, Boston.
- McKee TB, Doesken NJ, and Kleist J (1995) Drought monitoring with multiple time scales. *Proceedings of the 9th conference on applied climatology*, American Meteorological Society, Boston.
- Meclis'in taslak iklim raporu: 2099'a kadar yaz sıcaklığındaki artış 6 dereceyi aşabilir, yağışlar yüzde 60 azalabilir. (n.d.). BBC News Türkçe. Retrieved December 16, 2021, from <https://www.bbc.com/turkce/haberler-turkiye-58678549>
- Mishra AK, Singh VP (2010) A review of drought concepts. *J Hydrol*. <https://doi.org/10.1016/j.jhy.drol.2010.07.012>
- Mishra AK, Singh VP (2011) Drought modeling—a review. *J Hydrol*. <https://doi.org/10.1016/j.jhy.drol.2011.03.049>
- Özfidaner, M., Şapolyo, D., & Topaloğlu, F. (2018). Seyhan havzası akım verilerinin hidrolojik kuraklık analizi. *Toprak Su Dergisi*, 7(1), 57-64.
- Sabah. 2021. Elazığ'da kuraklık nedeni ile sular çekildi, 75 yıllık okul gün yüzüne çıktı. <https://www.sabah.com.tr/elazig/2021/08/26/elazigda-kuraklik-nedeni-ile-sular-cekildi-75-yillik-okul-gun-yuzune-cikti> [Accessed 16 December 2021].

- Sırdaş, S., & Sen, Z. (2003). Spatio-temporal drought analysis in the Trakya region, Turkey. *Hydrological Sciences Journal*, 48(5), 809-820.
- Szalai S, Szinell C, Zoboki J (2000) Drought monitoring in Hungary. Early Warning Systems for Drought Preparedness and Drought Management, Geneva.
- Van Loon AF, Tisdeman E, Wanders N, Van Lanen HA, Teuling AJ, Uijlenhoet R (2014) How climate seasonality modifies drought duration and deficit. *J Geophys Res: Atmos* 119(8):4640–4656.
- Wilhite DA, Glantz MH, (1985) Understanding: the drought phenomenon: the role of definitions. *Water Int.* 10.
- Yaseen, Z. M., & Shahid, S. (2021). Drought index prediction using data intelligent analytic models: a review. *Intelligent Data Analytics for Decision-Support Systems in Hazard Mitigation*, 1-27.
- Yetmen, H. (2013). Van Gölü Havzası'nın kuraklık analizi. 21. Yüzyılda Eğitim Ve Toplum Eğitim Bilimleri Ve Sosyal Araştırmalar Dergisi, 2(5), 184-198.

Bölüm 2

KARABURUN YARIMADASI EGE VIŞNE ANTİK MERMER OCAĞI PETROGRAFİK-JEOKİMYASAL VE FİZİKOMEKANİK KARAKTERİSTİĞİ

Ramazan HACIMUSTAFAOĞLU¹

1 Ramazan Hacimustafaoğlu, Dr., Dokuz Eylül üniversitesi Torbalı Meslek Yüksekokulu, Doğal Yapı Taşları Teknolojisi Programı, OR-CİD:0000-0002-2054-6559

Karaburun yarımadası mermerlerinin cinsleri üretimleri ekonomileri ve kapasiteleri (Yük.lisans Tezinden Düzenlenmiştir.)

Yazar: RAMAZAN HACIMUSTAFAOĞLU

Danışman: YRD. DOÇ. DR. NEJAT KUN

Yer Bilgisi: Dokuz Eylül Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Ekonomik

Jeoloji Ana Bilim Dalı / Jeoloji Mühendisliği Bilim Dalı

Konu:Jeoloji Mühendisliği, Dizin:Karaburun yarımadası = Mermer = Tez No: 90568

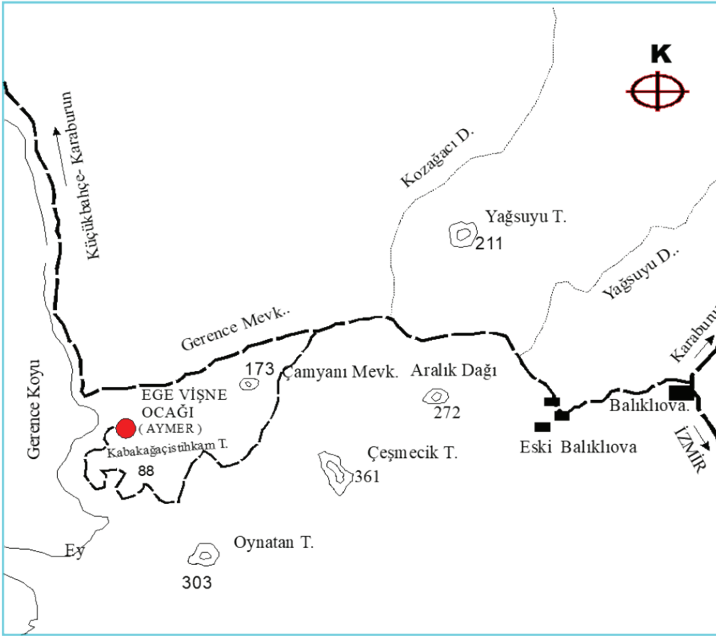
1.Giriş

Karaburun Yarımadasında günümüzde mermer ocak işletmeciliği yapıldığı gibi antik dönemde de mermer blok üretmek üzere, ocak işletmeciliği yapılmıştır. Antik dönemde blok mermer üretiminin yapıldığı kanıtlarını tespit edebildiğimiz önemli sahalardan bir tanesi Ege Vişne adıyla bilinen mermer ocağıdır. Bu mermer ocağında antik dönemlerde oluşturulmuş basamak yüzeyleri ve bu yüzeylerde kesim için kullanılan murç izlerini gözlemek mümkündür. Diğer taraftan, ana mermer ocağının yakın çevresinde 1-2 metre ayna yüksekliğine sahip küçük boyutlu çok sayıda antik dönemde blok üretimi yapılmış ocaklarda gözlenmektedir. Antik ocağın Gerence Körfezine çok yakın olması nedeni ile, üretilen bloklar deniz yolu kullanılarak uluslararası kullanımında açık olmuştur.

Daha çok dekoratif amaçlı kullanıma olanak sağlayan bu mermer Karaburunda üretilen Çeşme Bej, İzmir Güllü, Ak Bej, Antik Bej, İzmir Gümüş gibi mermerlerden litolojik olarak farklıdır. Bu nedenle Ege Vişne mermeri özgün karakteristik özellikleri ile bu çalışmanın konusunu oluşturmuştur.

2.Genel Jeolojik Özellikler

Ege Vişne mermer ocağı, Balıklıova'dan yaklaşık 8-10 km uzaklıkta Gerence Koyu'nun doğusunda yer alır (Şekil.1).



Şekil.1 Ege Vişne Antik mermer ocağının yerbulduru ve ulaşım krokisi

Antik mermer ocağı Karaburun Yarımadası Gerence formasyonu ile

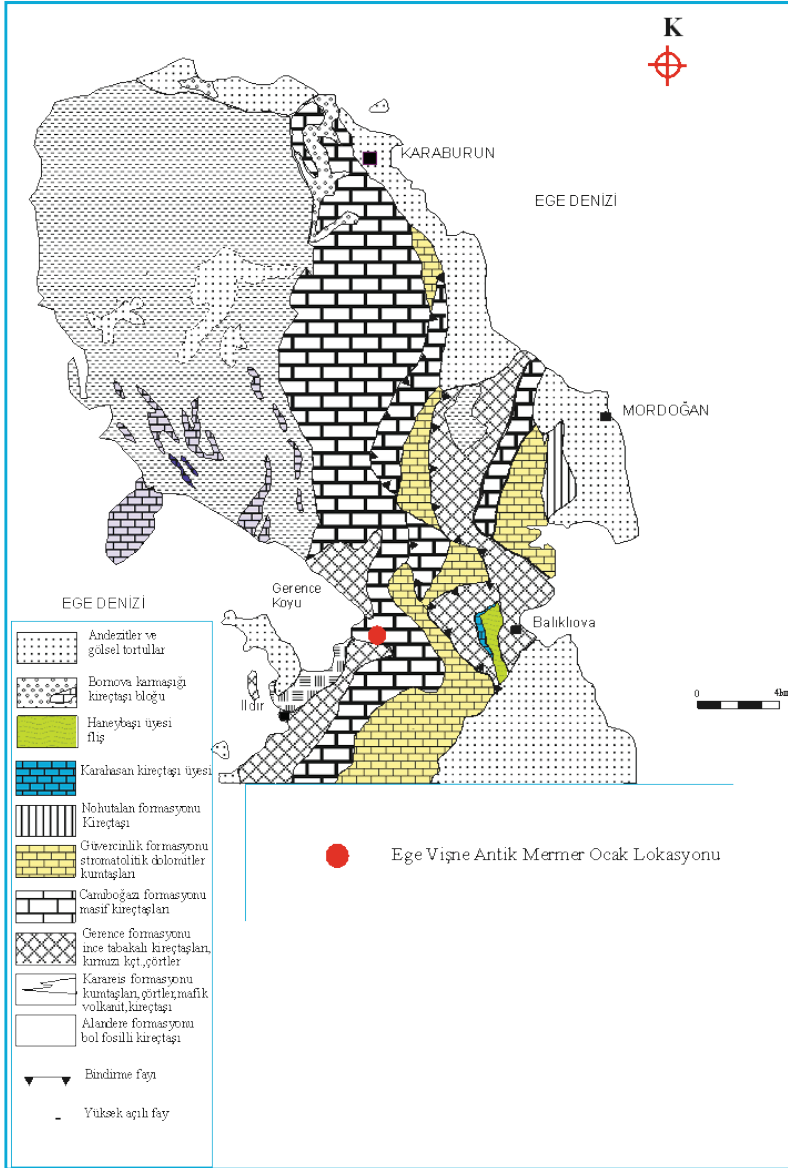
Camiboğazı formasyonu sınırında, Gerence formasyonu üst bölümlerinde mermer blok üretimi için oluşturulmuş hem antik Roma dönemi, hemde modern dönem basamak ve aynalar bulunmaktadır (Şekil.2).



Şekil. 2 Ege Vişne antik mermer ocak ağzı, basamak ve ayna görünümü.

Mezozoik yaşlı Gerence formasyonu baskın olarak ince tabakalı açık gri renkte çörtlü kireçtaşları ve gri marnlardan oluşmuştur. Formasyon orta ve üst düzeylerinde yanal devamsız olarak ammonit fosilli kırmızı renkli kireçtaşlarından oluşur. Yine formasyonun bu bölümlerinde kireçtaşı ve çört kırıntılarından oluşmuş çakıltaşı arakatıkları yaygındır. Bu arakatıklar yanal ve düşey yönde kısa mesafelerde kireçtaşlarına geçer ve aynı kireçtaşlarından derlenmiş parçalardan oluşan intraformasyonel özellikler sunar. Mezozoik yaşlı Camiboğazı formasyonu ise kalın katmanlı ve çoğu yerde masif iç yapıları açık gri renkte kireçtaşlarından yapıdadır. Formasyon alt kesimlerinin pembe damarlı olması ile tipiktir. Bu özelliği nedeni ile antik çağlarda mermer olarak işletilmiştir. Camiboğazı formasyonu 400-1000 m kalınlığa kadar ulaşabilmektedir (Şekil.3-4).

Mermer, kireçtaşı, dolomit çakılları ile çört kırıntıları, az kuvars taneleri ve kalsit damarları içermektedir. Çakılları birbirine bağlayan matris FeO ve CO₃ li kırmızı -kahverengi renkli bir özellik göstermektedir. Matris içerisinde yer alan çakılların boyları 1cm ile 30-40 cm arasında değişmektedir.



Şekil.3 Karaburun Yarımadası genel jeolojik haritası ve mermer ocağının lokasyonu (Jeolojik harita; Erdoğan ve diğ., 1990'dan).

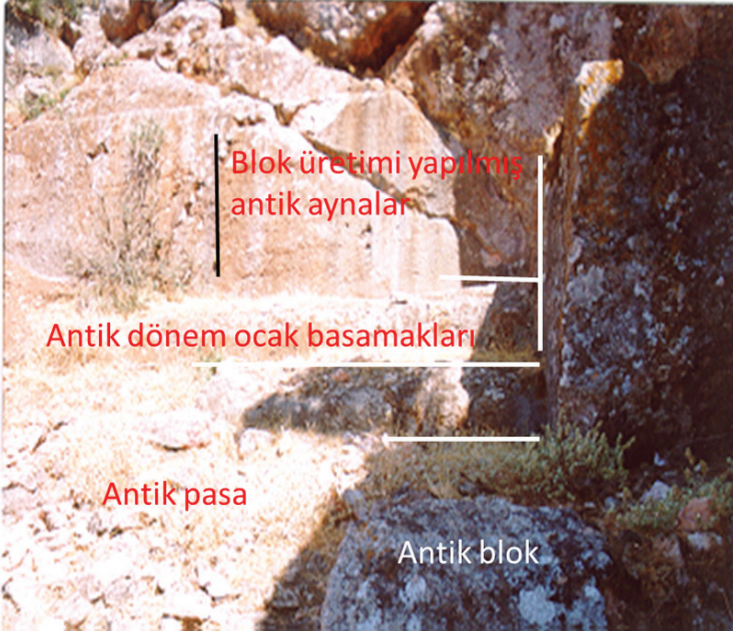
Üst Sistem	Yaş							Litoloji	Açıklama
	Sistem	Sınıf	Kat	Grup	Formas.	Üye	Kalınlık (m)		
MESOZOYİK	Neojen		Miyosen						Andezitler ve görsel tortullar
			Pliyosen						Açısal uyumsuzluk
	Kretase		Mastrichtiyen-Daniyen						Bomova karmaşığı
			Kampaniyen-Mastrichtiyen		Balklı ova formasyonu	Karaburun Kçt Hacıbağ üyesi	1.50		Filiş
	Jura	Liyas							Kireçtaşı
					Nehirden fm.		500		Kireçtaşı
	Triyas		Nortiyen-Periyen		Överinlik fm.				Stramatolitik dolomitler- Kumtaşları
			Ladinien-Karniyen		Cambögen fm.		400-1000		Masif kireçtaşları Ege Vigne Antik mermer ocağı
			Skitiyen-Anisiyen	Denizgiren Gurubu	Gerence fm.		150-500		İnce tabakalı kireçtaşları-çörtler- kırmızı renkli kçt.
					Kereces fm.				Kumtaşları-çörtler- mafik volkanit-kireçtaşları Uyumsuzluk
PALEOZOYİK	Karbonifer		Başlınyen		Alaçdere fm.		300	Bol fosilli kireçtaşları	

Şekil.4 Karaburun Yarımadası Stratigrafik kolon kesiti ve mermer ocağının lokasyonu

(Erdoğan ve diğ., 1990'dan).

Ocak aynalarında yapılan incelemelerde küçük ve büyük boyutlu çakıllardan oluşan bölgeler ayrı ayrı gözlenebildiği gibi her iki grup çakılları içeren ve kırmızı kahverengi matris ile tutturulmuş bölgelerde izlenebilmektedir. Kayaç kendi içerisinde homojen bir iç yapı göstermemektedir. Üretim yapılan bu alanın yayılımı geniş değildir. Formasyon içi çakıltaşı özelliğinde olan blok mermer üretim alanının her iki tarafı ve üst kısımları kireçtaşı ile çevrelenmiş olup genişliği 40-50 m civarında ve içe doğru yönelen bir yayılım sunmaktadır.

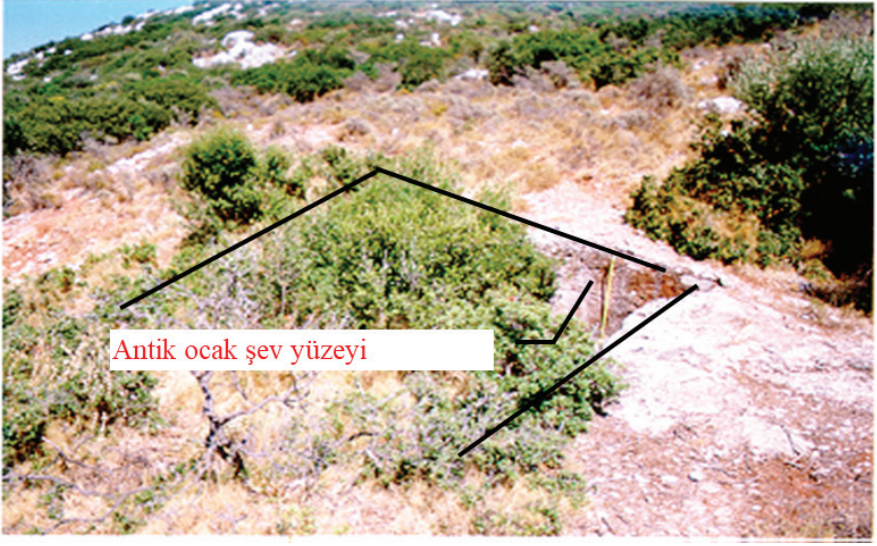
Bu mermer ocağı aynı zamanda antik bir ocaktır. Eski dönemlerde üretim yapılan yerlerinde murç izlerini görmek mümkündür (şekil.5-6). Ocağın hemen üst bölümlerinde 1-2 m ayna yüksekliğine sahip küçük antik ocakların bulunması, antik dönem blok üretimin yapıldığını göstermektedir (Şekil.7).



Şekil.5 Antik dönemlerde blok üretim basamak ve yüzeyleri.



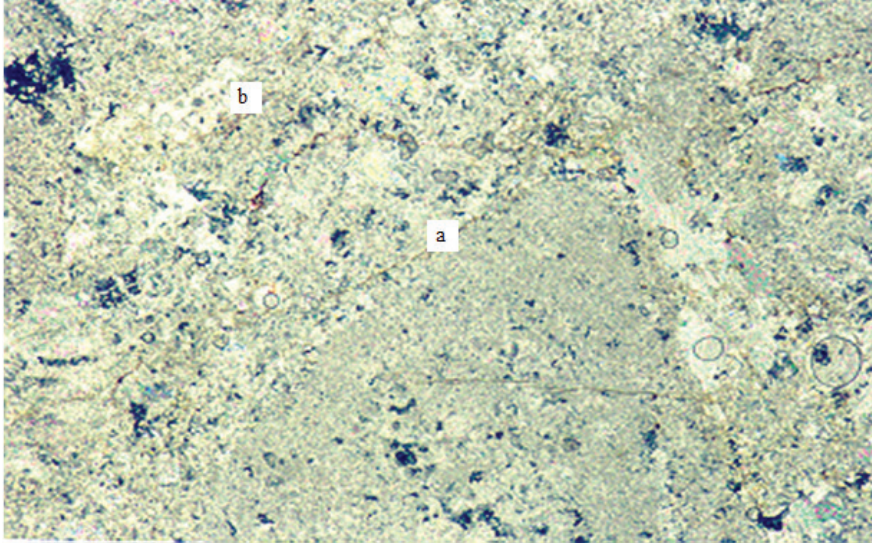
Şekil.6 Antik ocakta gözlenen murç izleri.



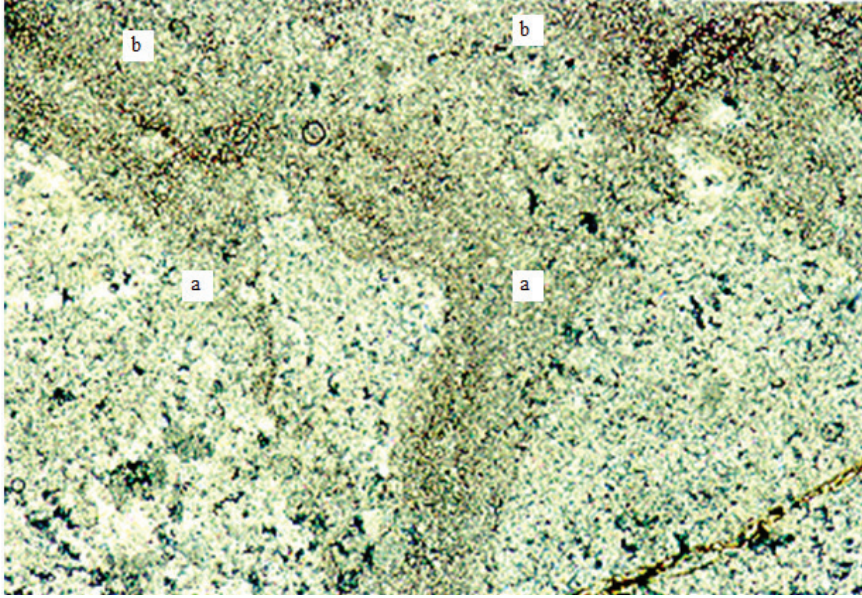
Şekil.7 Antik Ege Vişne mermer ocağının üst bölümünde yer alan küçük antik ocaklar.

3.Petrografik Özellikler

Mermer örnekleri ince kesitleri üzerinde yapılan petrografik incelemeler sonucunda üretimi yapılan bu mermerin çakıltaşı olduğu saptanmıştır. Kayacın bileşiminde, kireçtaşı ve daha fazla oranda dolomit çakılları ile saçınmış az kuvars taneleri bulunmaktadır. Tanelerin arası FeO ve karbonatlı kırmızı kahverengi matriksle bağlanmıştır (Şekil.8-9).



Şekil.8 Ege Vişne mermerinin dokusal özellikleri: Kayaç parçası (çakıl-kireçtaşı çakılı) (a). Matriks (Aramadde) Karbonat çimento-spar kalsit (b)



Şekil.9 Ege Vişne mermerinin dokusal özellikleri: Dolomit çakılları (a). Matriks (Aramadde - FeO'li ve karbonatlı-spar kalsit) (b)

4.Kimyasal Özellikler

Ege Vişne mermer ocağından üç adet örneğin kimyasal analizi yapılmıştır (Tablo.1). Ege Vişne mermer örneklerinde SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 oranları ortalama %1 in altında, MnO , Na_2O , TiO_2 , oranları ise eser miktarda bulunmaktadır.

CaO oranı ise % 43 civarında MgO miktarı % 10'un üzerinde ölçülmüştür. Burada MgO miktarının yüksek olmasının nedeni petrografik incelemelerde ortaya konmuştur. Petrografik incelemelerde bu mermerin breşik bir yapıya sahip çakıltaşı olduğu, bileşenlerinde dolomit çakıllarının bulunduğu ve MgO artışının buradan kaynaklandığı tespit edilmiştir.

Tablo.1 Ege Vişne mermerinin kimyasal analiz sonuçları.

%	Örnek No : 3a	Örnek No : 3c	Örnek No: 3d
SiO_2	0.28	0.44	0.97
Al_2O_3	0.21	0.33	0.73
Fe_2O_3	0.216	0.177	0.287
MgO	13.86	10.17	6.78
CaO	38.44	43.22	46.62

Na ₂ O	0.012	0.009	0.008
K ₂ O	0.003	0.025	0.0651
TiO ₂	0.017	0.032	0.046
MnO	0.012	0.005	0.008
Kızd.Kaybı	46.29	45.16	44.39
TOPLAM	99.340	99.568	99.909

5.Fiziko Mekanik Özellikler

Mermer ocağının farklı noktalarından alınan örneklerden (7cmx7cmx7cm) ölçülerinde küp numuneler kesilerek fiziko- mekanik testler yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar Tablo.2’de verilmiştir. Kayaçların tek eksenli basınç dayanımlarına göre sınıflandırılmalarında (Deer ve Miller) Ege Vişne mermeri yüksek dirençli kayaç sınıfına girmektedir (Tablo.3). Kayaçların poroziteye göre sınıflandırılmalarına göre (Tarhan,1989) ise çok kompakt kayaç sınıfına girmektedir (Tablo.4.) TS 699’da verilen birim hacim ağırlık, tek eksenli basınç direnci özelliklerinin minimum değerlerine göre, Ege Vişne mermerinden elde edilen aynı değerler minimum değerlerin üzerindedir. Yine bu standartlara göre kayacın su emme değeri minimum % 1.80 olarak verilmiştir. Bu değer Ege Vişne mermerinde % 0.099 dur..

Bu sonuç, mermerin su emme değerinin düşük olduğunu göstermektedir (Tablo.5). ASTM standartlarına göre basınç dayanımı değeri minimum 520 kg/cm² ve su emme değeri % 0.75 olarak verilmiştir (Tablo.6). Ege Vişne mermerinde elde edilen basınç dayanımı değeri, bu rakamın çok üstündedir. Su emme değeri de verilen minimum standartın çok altındadır.

Tablo.2 Ege Vişne mermerinin fiziko-mekanik test sonuçları

Örnek No:	En cm	Boy cm	Yük cm	Hacim cm ³	Alan cm ²	Doğ. Ağ. gr.	Doğal Brim Hacim Ağırlık gr/cm ³	Tek Eksenli Basınç Direnci Kg/cm ²
3E	7.030	7.032	7.020	347.026	49.434	899.5	2.59	1445
3C	6.995	7.015	7.001	343.532	49.069	901.0	2.62	1420
3A	7.005	7.010	7.040	345.699	49.105	928.1	2.68	1499
3H	6.992	7.055	7.026	346.579	49.328	956.7	2.76	1856
3F	6.975	7.035	7.043	345.593	49.069	928.2	2.69	558.5
3D	6.982	7.030	6.987	335.956	48.083	880.1	2.62	1064
3b1	7.025	7.035	7.011	346.484	49.420	935.7	2.70	1496
3G1	7.030	7.040	7.048	348.813	49.491	961.7	2.76	1128
							2.67 ±0.06	1308.3 +388.6
Yoğunluk gr/cm ³		Atmosfer Basıncı altında Ağırlıkça Su Emme %		Porozite % n		% e		
2.68		0.099		10.373		10.594		

Tablo. 3 Kayaçların tek eksenli basınç dayanımına göre sınıflandırılması (Derer ve Miller, 1966)

Kaya Sınıfı	Tek Eksenli Basınç Dayanımı
Çok yüksek dirençli	>2000
Yüksek dirençli	2000-1000
Orta dirençli	1000-500
Düşük dirençli	500-250
Çok düşük dirençli	<250

Tablo.4 Kayaçların poroziteye göre sınıflandırılmaları (Tarhan, 1989)

Kaya Sınıfı	Porozite (%)
Çok kompak	1
Az boşluklu	1-2.5
Orta boşluklu	2.5-5
Oldukça boşluklu	5-10
Çok boşluklu	10-20
Çok fazla boşluklu	>20

Tablo.5 TS 699 standardına göre yapı taşı olarak kullanılan mermerlerin minimum değerleri.

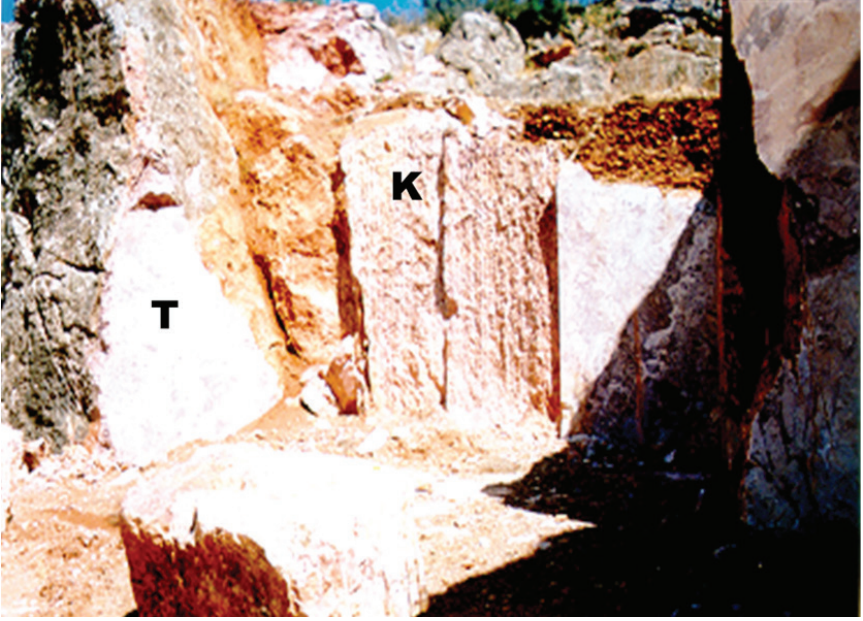
Özellikler	Değerler
Birim Hacim Ağırlık (gr/ cm ³)	> 2.55
Tek Eksenli Basınç Dayanımı (kg/ cm ²)	>500
Su Emme (%)	>1.80

Tablo.6 ASTM Standartlarına göre yapı taşı olarak kullanılan mermerlerin minimum değerleri.

Özellikler	Test Sonuçları	Sınıflandırma	ASTM Test Metodu
Ağırlıkça Su Emme (max %)	0.75		C97
Yoğunluk (gr/ cm ³)	2.59 2.8 2.69 2.30	I. Kalsit II Dolomit III Serpantin IV Traverten	C97
Basınç Dayanımı (kg/ cm ²)	520		C170

6.Mermer Üretimi ve Kullanım Alanları

Mermer Üretimi : 1994 yılında açılan aynı zamanda antik bir ocakta olan bu sahadan kısa bir süre kompresör ve tel kesme yöntemi ile blok üretimi yapılmıştır (Şekil.10-11). Ocak çok geniş bir rezerve sahip olmasına rağmen mevcut rezerv kullanılarak, antik ve modern dönemde 4-10 m³ lük bloklar üretebilme imkanı olmuştur.



Şekil.10 Kompresör ve tel kesme ile blok üretimi yapılmış şev yüzeyi

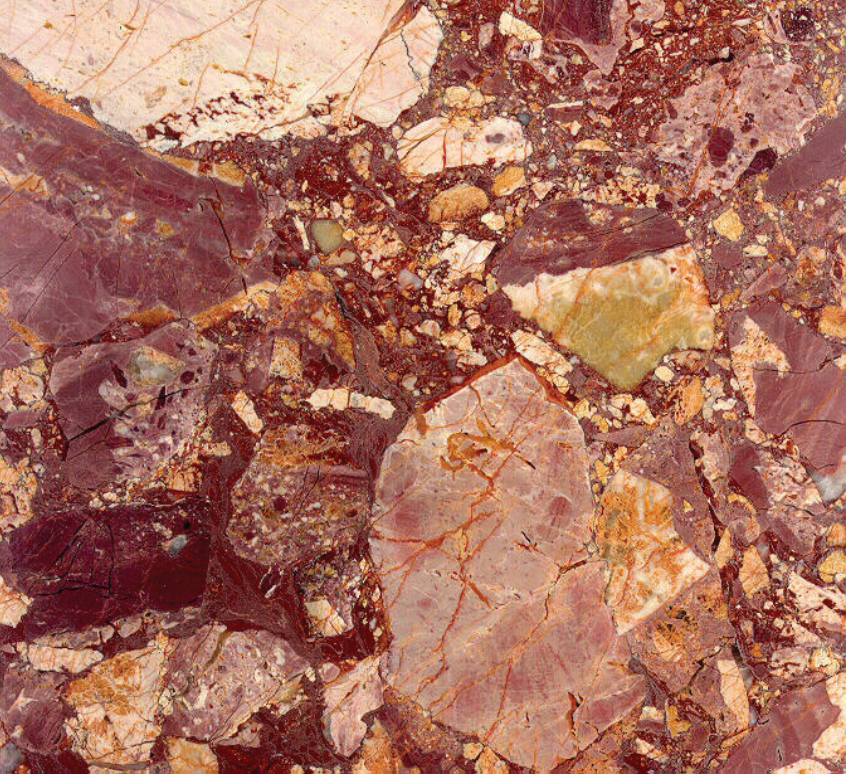
K: Kompresör ile üretim yüzeyi, T: Tel kesme ile üretim yüzeyi



Şekil.11 Blok stok sahasında gözlenen kompresör sistemi

(düşey oluk izleri gözlenen) ve tel kesme sistemi ile üretilmiş bloklar.

Kullanım alanları: Bu mermer, Karaburun Yarımadası'nda üretimi yapılan diğer mermerlerden bileşimsel ve yapısal olarak farklıdır. Breşik yapısı ve değişik renk görüntüsü (Şekil.12) ile daha çok dekoratif amaçlı kullanıma uygundur. İç mekan kaplamalarında, değişik sütun uygulamalarında, şömine yapımında ve cephe ve taban döşemelerinde kullanılmaktadır (Şekil.13).



Şekil.12 Ege Vişne mermerinin parlatılmış fayans örneği.



Şekil.13 Ege Vişne mermerinin şömine yapımındaki uygulaması

7.Sonuç

Antik bir mermer ocağı olan Eğe Vişne, Karaburun Yarımadasında bulunan Antik Bej, Çeşme Bej, İzmir Gülü, Yöntaş Bej, Ak Bej, İzmir Gümüş mermerlerinden litolojik ve görünüm olarak farklı bir mermerdir. İntraformasyonel çakıltaşı özelliğinde olan bu mermer çok iyi pekleşmiş ve oldukça dayanımlıdır. Büyük boyutlarda masif bloklar elde edilen mermer türü, farklı yapısı ve görüntüsü nedeniyle daha çok dekoratif amaçlı kullanıma uygundur.

8.Kaynaklar

- A.S.T.M C503-79 Standart specifications for marble, building stone(exterior)
In:1980 annual book of A.S.T.M. standarts, part 28-29.
- Deer, D.U., Miller, R.P.(1966). Engineering clasification and index properties for intact rock. Report AFWL TR - 65-116 air force weapons laborotory (WLDC) kirtland air force base, New Maxico 87117. 300 pp.
- Erdoğan, B., Altınar, D., Güngör, T., Özer, S.(1990), Karaburun Yarımadası Stratigrafisi. Maden Teknik Arama Dergisi. No:111 (ayrı baskı).
- Hacımustafaoğlu, (1999). Karaburun Yarımadası Mermerlerinin Cinsleri Üretimleri Ekonomileri ve Kapasiteleri, DEÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, tez.yok.gov.tr, tez no:90568
- Tarhan, F., (1989). Mühendislik jeolojisi pensipleri kitabı. KTÜ Müh. Mim.Fak. Trabzon.
- T.S 2029/ April 1975, U.D.K 622.02 Determination of uniaxial compressive strength of rocks.
- T.S 2513/ February 1977, U.D.K 691.2: 620.1 “natural building stone”.

Bölüm 3

TIBBİ TEKSTİLLER: ÜRETİM TEKNİKLERİ, BİTİM İŞLEMLERİ VE KARAKTERİZASYON YÖNTEMLERİ

Hayriye Hale AYGÜN¹

¹ Dr. Öğretim Üyesi Hayriye Hale AYGÜN, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tasarım Bölümü, <https://orcid.org/0000-0002-2812-8079>

1. GİRİŞ

Tıbbi tekstiller terimi, tıp biliminin tekstil teknolojisi ile kombine edilmesi sonucu üretilen bir ya da birkaç fonksiyonelliği bünyesinde barındıran tekstil bazlı yapıları tanımlamak için kullanılmaktadır. Yaşlı popülasyonundaki artış ve çeşitli aktiviteler (kaza, spor, hastalık, yanık vb) sonucunda oluşan yaralanmalar, yaşam kalitesinin artırılması için tekstil esaslı tıbbi cihaz ya da ürünlere olan ihtiyacın artmasına neden olmaktadır. Konvansiyonel tekstil materyallerinin ve teknolojilerinin kullanımıyla üretilen ürünlere ek olarak, teknolojik gelişmeler ile üretim yöntemlerindeki ve tekstil esaslı hammaddelerdeki çeşitliliğin artması tıbbi tekstillerin pazarlama aşında genişlemeye neden olmuştur. Tekstil esaslı yüzeyler esneklik, uzama, mukavemet, hava geçirgenliği gibi eşsiz karakteristiklere sahip olmalarının yanı sıra ürettikleri lif/liflerin karakteristiklerine (boy, incelik, kesit alanı, morfolojik özellikler vb.) ve üretim yöntemlerine bağlı olarak üç boyutlu yapı eldesini mümkün kılmalarından dolayı tıbbi uygulamalar için uygun materyaller olarak tanımlanmaktadırlar [Shirvan & Nouri, 2020].

Bu çalışmada tıbbi tekstillerin üretiminde kullanılan tekstil esaslı hammaddelerin sınıflandırılması ve bu hammaddelerin işlenmesi sırasında elde edilen ara ürünler ile amaca uygun son ürün eldesinin sağlanma yöntemlerine değinilmektedir. Ara ya da son ürünlere uygulanan bitim işlemleri ve test yöntemleri de incelenerek yorumlanmıştır.

2. TIBBİ TEKSTİLLERİN ÜRETİMİNDE KULLANILAN MALZEMELER

Tıbbi tekstillerin üretiminde geçmişten günümüze kadar liflerin, ipliklerin, kumaşların ve kompozit ya da lamine yapıların kullanıldığı görülmektedir. Doğal ya da sentetik esaslı polimerlerden oluşan liflerin ipliklere eğirilmesi ve bu ipliklerden örme ya da dokuma kumaş üretiminin elde edilmesi söz konusudur. Tıbbi tekstil yüzey üretiminde bir polimerin ideal bir polimer olarak tanımlanması için lifsi yapıya dönüştürülebilmesi gerektiğinden, sentetik esaslı polimerlerin tamamının tıbbi tekstil üretiminde kullanılmaları mümkün olmamaktadır. Bu bağlamda kullanılacak olan polimerin eriyebilir ya da çözelti içerisinde çözülebilir olması gerekmektedir. İlaveten polimer zincirlerinin doğrusal, esnek, uzun, oriente ve kristalinize edilebilir olması gerekmektedir [Eichhorn, Hearle, Jaffe & Kikutani, 2009; Zhong, 2013].

Tıbbi alanda kullanılan doğal lifler arasında en çok kullanılan konvansiyonel liflerin selülozik esaslı olan pamuk ve protein esaslı olan ipek lifleri oldukları görülmektedir. Selülozik esaslı olan ancak rejenere lif grubunda yer alan viskon lifi ise pamuk lifine benzer özellikler sergilemesinden dolayı diğer doğal esaslı liflerde olduğu gibi genellikle implante

edilemeyen materyallerin ve hijyen ürünlerinin üretiminde tercih edilmektedirler. Kitin, kitosan, alginik asit, hiyalunorik asit, jelatin ve kolajen gibi diğer doğal esaslı polimerlerin ise fonksiyonel lif üretiminde kullanıldıkları ve implante edilebilir materyallerin üretiminde elverişli oldukları görüldükleri görülmektedir. Tıbbi alanda kullanılan sentetik polimerler incelendiğinde ise polyester (PES), poliamid (PA), politetrafloretilen (PTFE), polipropilen (PP), poliakrilonitril (PAN), polietilen (PE), polivinil klorid (PVC), polivinil alkol (PVA), polietilen tereftalat (PET), polikaprolakton (PCL), polipirolakton (PPL), karbon, polianhidrid (PAHs) ve bazı poliamino asitlerin doğal esaslı polimerlere ve doğal liflere nazaran eşsiz özellikler sergilemelerinden dolayı yaygın şekilde kullanılan konvansiyonel ve/veya fonksiyonel polimerler oldukları görülmektedir [Qin, 2015; Marcincin, 2002; Qin, Agboh, Wang & Gilding, 1997; Hongu & Phillips, 1990; Moncrieff, 1975]. Kullanılan liflerin biyolojik açıdan bozunma davranışlarının farklı olmalarından dolayı ikinci bir sınıflandırmaya tabi tutuldukları görülmektedir. Liflerin biyobozunurlukları, implante edilebilir materyaller için vücut tarafından absorbe edilebilme sürelerini ifade etmekte kullanılmaktadır. Kullanılan liflerin vücut tarafından absorbe edilmesi 2-3 ay içerisinde gerçekleşiyorsa biyobozunur lif sınıfında yer almalarına, 6 ay ya da daha uzun sürede gerçekleşiyorsa ilgili sınıfta yer almalarına neden olmaktadır. Bu bağlamda pamuk, viskon, kolajen, alginat, poliamid (PA) ve poliüretan (PU) gibi liflerin biyobozunur lif sınıfında yer aldıkları ancak polyester (PES), polipropilen (PP), politetrafloretilen (PTFE) ve karbon liflerinin ilgili sınıfta yer almadıkları görülmektedir [Teli & Verma, 1989].

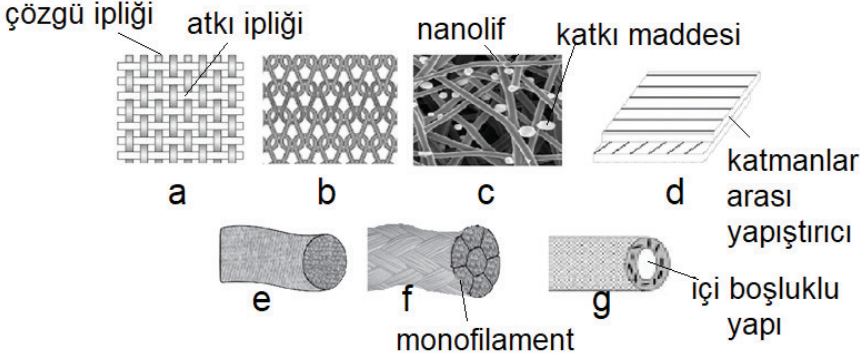
Tablo 1. Tıbbi tekstillerin üretiminde kullanılan liflerin ve polimerlerin özellikleri

Doğal esaslı lifler	Doğal esaslı lifler		Fonksiyon ve Özellikleri	
	Selüloz esaslı	Pamuk		Biyobozunur, hidrofilik, yara sıvısı emilimi esnasında yara yüzeyine yapışma
Protein esaslı	İpek		Gaz ve hava geçirgenliği, biyoyumlu	
Sentetik esaslı lifler	Doğal polimerler	Alginatlar	Toksik, alerjik yada kanserojen değil, kaynamayı durucu etki, biyoyumlu, sterilize edilebilir, mukavemetli	
		Poliglikolid asit (PGA)	Biyoyumlu ancak biyobozunur değil, toksik değil, kontrollü ilaç salınımı, yüksek erime noktası, organik çözücülerde düşük çözünürlük	
		Polilaktik asit (PLA)	Biyoyumlu, biyobozunur, mükemmel mekanik özellikler	
		poli(d,laktik-ko-glikolik asit) (PLGA)	Hidrofilik, biyobozunur, kontrol edilebilir mekanik özellikler	
		Kolajen	Biyoyumlu, kontrol edilebilir biyobozunma,	
		Keratin	Biyobozunur, biyoyumlu	
		Fibroin	Biyobozunur, biyoyumlu	
		Kitin	Alerjik yada toksik değil, antibakteriyel, antiviral, antifungal, organik ve inorganik çözücülerde çözünürlük, hidrofilik, geçirgenlik	
		Kitosan	Biyoyumlu, biyobozunur, antibakteriyel, kanamayı durdurucu özellik, toksik değil	
		Jelatin	Biyoyumlu	
		Hyaluronik asit (HA)	Biyoyumlu, diğer biyomoleküller ile yüksek etkileşim sergileme	
		Viskon	Biyobozunur, hidrofilik, yara sıvısı emilimi esnasında yara yüzeyine yapışma	
	Sentetik polimerler	PU	Biyoyumlu, esneklik, iyi mekanik özellikler sergileme	
		Poliamid (PA)	Biyoyumlu ancak biyobozunur değil	
		Polyester (PES)	Biyoyumlu ancak biyobozunur değil	
		Poliyeten tereftalat (PET)	Biyoyumlu ancak biyobozunur değil	
		Polipropilen (PP)	Biyoyumlu ancak kısmi biyobozunurluk	
		Polikaprolakton (PCL)	Biyobozunur, biyoyumlu, yüksek geçirgenlik, esnek, iyi mekanik özellikler sergileme, toksik değil	
		Politetrafloretillen (PTFE)	Biyoyumlu, mükemmel yüzey özellikleri sergileme, yüksek aşınma dayanımı	
		Polivinil alkol (PVA)	Biyoyumlu, hidrofilik, mükemmel fiziksel özellikler sergileme	
		Inorganik polimerler	Karbon (CF)	Biyoyumlu, biyobozunur değil, mükemmel mekanik dayanım
			Cam (GF)	Biyoyumlu, biyobozunur değil, yüksek eğilme ve darbe dayanımı
	Gümüş, Altın		Biyoyumlu	

3. TIBBİ TEKSTİLLERDE YÜZEY ÜRETİMİ

Genel anlamda, doğal ya da sentetik polimerlerin uygun eğirme teknolojileri kullanılarak ipliklere dönüştürülmeleri ve bu ipliklerden amaca uygun yüzey tasarımı dikkate alınarak dokuma ya da örme üretim tek-

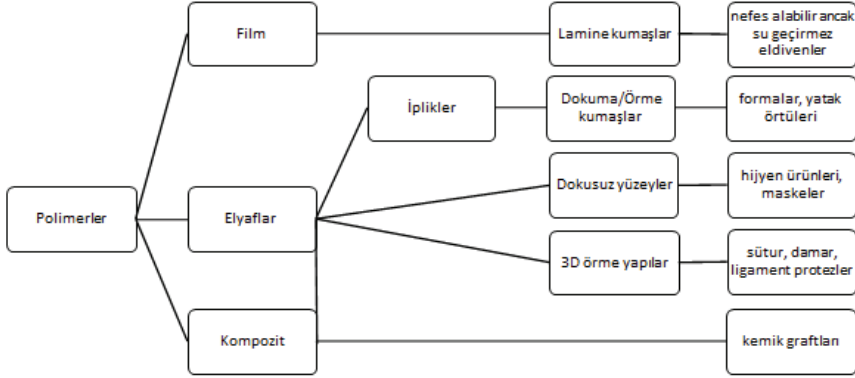
nolojileri ile yüzey eldesi tekstil yüzeylerinin üretiminde takip edilen en geleneksel ve temel işlem sırasıdır. Bu bağlamda bu geleneksel ve temel işlem sırası, iplik ve yüzey eldesi için ihtiyaç duyulan ekipman ihtiyacının fazla olması ve bu basamaklarda proses parametrelerinin dikkatli ayarlamasından dolayı yüzey üretiminin uzun sürede gerçekleşmesine neden olmaktadır. İplikten yüzey eldesinin sağlandığı en temel kumaş üretim yöntemlerinin ise dokuma ve örme üretim yöntemleri oldukları görülmektedir. Dokuma kumaşlarda atkı ve çözgü yönünde farklı özellikteki ipliklerin kullanılabilirliği, gözenek boyutunun kontrol edilebilmesi, esnekliğin sınırlandırılmış olmasından dolayı tok yüzey eldesinin mümkün olması, yüzeyin boyutsal stabilitesinin yüksek olması ve iplik hareketine bağlı desenlendirmenin geniş olmasından dolayı yüzey tasarımında farklı olanaklar sunduklarından kullanılabilirliklerinin geniş olmasına yol açmaktadır. Örme kumaşların ise yüksek esneklik değerlerine ulaşılması, gözenekli yapı eldesinin mümkün olması ve farklı çaplarda tübular yapı üretiminin sağlanabilir olması nedeniyle tercih edildikleri görülmektedir. Dokuma ve örme kumaşların boyama ve/ya da bitim işlemlerine tabi tutulduktan sonra yatak örtüleri, giyim, hastane perdeleri vb. gibi tıbbi alanlarda kullanılan ürünler oldukları görülmektedir [Zhong, 2013].



Şekil 1. Tıbbi tekstillerin üretiminde kullanılan yapılar (a) dokuma yüzeyi; (b) çözgü örme yüzeyi; (c) elektrospun nanokompozit yüzeyi; (d) lamine yüzeyi; (e) monofilament; (f) örgülmüş multifilament yapı; (g) içi boşluklu (hollow) lif

Sentetik liflerin üretimindeki gelişme ve artış ile tekstil yüzeylerinin üretimine de yeni alternatiflerin getirilmesi söz konusu olmuştur. Daha iyi mekanik dayanım, ısı ve kimyasal direnç, UV dayanımı ve mikroorganizmalara karşı direnç gibi fonksiyonel karakteristikler ve performans değerleri sergileyen sentetik esaslı liflerin üretimlerinin kolay olması popülaritelerinin artmasına neden olmuştur. İlâveten sahip oldukları bu teknik özellikler sayesinde, tekstil malzemelerinin son kullanım alanlarının genişlemesine, piyasadaki pazarlama hacminin artmasına ve liflerden direkt olarak yüzey eldesi sağlayan teknolojilerin geliştirilmesine katkı sağlanmıştır. Genel anlamda dokusuz yüzey üretim teknolojileri olarak

bilinen ve iplik eğirme proseslerinin elenmesiyle elyaftan direkt yüzey eldesini mümkün kılan yenilikçi üretim teknikleri sayesinde, yüzey üretim maliyeti azaldığı, tek kullanımlık ürünlerin üretimi başladığı ve tıbbi tekstil ürünlerinin üretiminde en yaygın kullanılan teknik olarak günümüze kadar popülaritelerini korundukları görülmüştür [Zhong, 2013].



Şekil 2. Tıbbi tekstillerde yüzey üretimi ve elde edilen ürünler

Dokusuz yüzey kumaş üretiminde liflerden tülbent (doku) oluşumu sağlanmakta ve elde edilen yapı mekanik, kimyasal ya da ısıl yöntemlerle bağlanarak dokusuz yüzey kumaş üretimi gerçekleştirilmektedir. Liflerden elde edilen tülbent mekanik yöntemlerle bağlanması needlepunching ve spunlacing adı verilen iki farklı teknik ile gerçekleştirilmektedir. Spunlacing tekniğinde liflerin yüksek basınçlı su jetleri ile karıştırılması, needlepunching tekniğinde ise çoklu iğne barındıran tablalarla liflerin iç içe sokuşturulması esas alınmaktadır. Spunlacing tekniği ile üretilen dokusuz yüzeyler hafiflikleri (25-50 g/m²), yumuşak olmaları, örtücülük ve çekme dayanımları gibi özelliklerinden dolayı mendil, cerrahi eldivenler, tek kullanımlık koruyucu giysiler ve bandajlar gibi tıbbi tekstil ürünlerinin üretiminde tercih edilmektedirler [Wollina, Heide, Müller-Litz, Obenauf & Ash, 2003; Lim, Ramakrishna & Huang, 2005; Huang, Zhang, Kotaki & Ramakrishna, 2003; Rozek, Kaczorowski, Lukás, Louda & Mitura, 2008; Yang, Thordarson, Gooding, Ringer & Braet 2007; Gedanken, Nitzan, Perelshtein, Perkas & Applerot, 2019; Perelshtein, Perkas & Gedanken, 2019]. Tülbent formundaki yapının ısıl yöntemlerle bağlanması sonucu elde edilen yüzeylerin hasta bezlerinin alt/üst ve ara katmanları, cerrahi giysiler, ıslak mendiller, göğüs pedleri, tek kullanımlık hijyen ürünleri vb gibi alanlarda kullanıldıkları görülmektedir [Ullah & Ali, 2017]. Kimyasal yöntemle bağlanmış dokusuz yüzeylerin ise yumuşak, esnek, yüksek emicilik, yüksek su tutma kapasitesi gibi özellikleri sunmasından dolayı tek kullanımlık koruyucu giysi ve yatalak hasta bakım ürün-

leri gibi tıbbi tekstil ürünlerinin üretiminde kullanıldıkları görülmektedir [Fox, 2018; Achneck, Sileshi, Jamiolkowski, Albala, Shapiro & Lawson, 2010]. Elektrospinning gibi çözelti yada eriyikten direkt yüzey eldesini sağlayan ileri üretim teknolojileri vasıtasıyla ultra ince liflerden oluşan yüzey eldesi ve farklı yapıdaki malzemelerin ince liflerin yapısına katılması sayesinde düşük kalınlıkta ve fonksiyonel kompozit tekstil yüzeylerinin üretimi mümkün olmaktadır. Bu tip gelişmiş üretim yöntemlerinin ilaç salınım sistemleri, yapay doku üretimi gibi tekstil bazlı yüzeylerin üretiminde tercih edildikleri görülmektedir [Zhong, 2013].

Farklı yöntemlerle elde edilen yüzeylere ek olarak, filamentlerden üç boyutlu örgülerin elde edilmesi ve boylamsal yönde mekanik dayanım istenilen ürünlerde bu yapıların kullanımı söz konusu olmaktadır. Kompozit yapılar yüksek çekme, eğilme ve basma dayanımı istenilen ürünler için kullanılan amaca uygun lif takviyesi ve matris seçimi ile üretilen hibrit yapılardır. Lamine kumaşlar ise, bir yapıştırıcı vasıtasıyla polimer filmlerin ya da köpüklerin kumaş yüzeyine bağlanması sayesinde üretilmektedirler. Amaca uygun olarak iki ya da çok katlı yapısal forma sahip olabilmektedirler [Zhong, 2013].

Tablo 2. Tıbbi tekstillerin sınıflandırılması, kullanılan lifler ve üretim yöntemleri

	Ürün	Lifler	Üretim yöntemi	
Implante edilemeyen tıbbi tekstiller	Tampon	Viskon, pamuk linteri	Dokusuz yüzey	
	Gaze bezi	Pamuk, viskon	Dokuma, dokusuz yüzey	
	Flaster	Viskon, plastik film, pamuk, cam elyafı, PES, PP	Örme, dokuma dokusuz yüzey	
	Bandaj Hafif destek sağlayan bandajlar Basınç sağlayan bandajlar Ortopedik bandajlar	Esnek/esnek olmayan basit bandajlar	Pamuk, viskon, elastan, PA	Dokuma, örme, dokusuz yüzey
		Pamuk, viskon, elastan	Dokuma, örme, dokusuz yüzey	
		Pamuk, PA, elastan	Dokuma, örme	
		Pamuk, viskon, PES, PP, PU	Dokuma, dokusuz yüzey	
	Yara bandı Emici katman Destekleyici katman	Yara ile temas eden katman	İpek, viskon, PA, PE	Örme, dokuma, dokusuz yüzey
		Pamuk, viskon	Dokusuz yüzey	
		Viskon, plastik film	Dokusuz yüzey, dokuma	

İmplant edilebilir tıbbi tekstiller	Sütür		Biyobozunur	Kolajen, PLA, PGA	Monofilament, örgü
	Biyobozunur olmayan		PA, PES, PTFE, PP	Monofilament, örgü	
	Yumuşak doku implantları		Yapay tendon	PTFE, PES, PA, PE, ipek	Dokuma, örgü
	Yapay ligament		PES, karbon	Örgü	
	Yapay kırıkdağ		Düşük yoğunluklu PE	Dokusuz yüzey	
	Yapay deri		Kitin	Dokusuz yüzey	
	Yapay kornea/kontakt lens		PMMA, silikon, kolajen	Dokusuz yüzey	
	Ortopedik implantlar		Yapay kemik, yapay eklem	Silikon, poliasetal, PE	Dokusuz yüzey
Kardiyovasküler implantlar	Kalp valfleri		Damar greftleri	PES, PTFE	Dokuma, örme
			PES	Dokuma, örme	
Ekstrakorporel cihazlar	Yapay böbrek		Viskon, PES	İçi boşluklu monofilament	
	Mekanik akciğer		PP, silikon	İçi boşluklu monofilament, membran	
	Yapay karaciğer		Viskon	İçi boşluklu monofilament	
Diğer hijyen ürünleri	Ürün		Lif	Üretim yöntemi	
	Islak mendiller		Viskon	Dokusuz yüzey	
	Cerrahi örtüler		PES, PE	Dokusuz yüzey, dokuma	
	Cerrahi giysiler	Maske		Viskon, PES, cam elyafı	Dokusuz yüzey
		Bone		Viskon	Dokusuz yüzey
		Eldiven		Pamuk, PES, PP	Dokusuz yüzey, dokuma
	Hasta bezleri	İç katman		PES, PP	Dokusuz yüzey
		Emici tabaka		Süper emici tanecikler	Dokusuz yüzey
		Dış katman		PE	Dokusuz yüzey
	Yatak örtüleri	Battaniye		Pamuk, PES	Dokuma, örme
		Çarşaf		Pamuk	Dokuma
		Yastık örtüsü		Pamuk	Dokuma
Üniformalar	Üniforma		Pamuk, PES	Dokuma	
	Koruyucu giysiler		PES, PP	Dokusuz yüzey	

4. TIBBİ TEKSTİLLERDE YÜZEY MODİFİKASYONU VE BİTİM İŞLEMLERİ

Tekstil malzemelerinin sahip oldukları karakteristik özellikler tıbbi uygulamalar için uygun malzeme olmalarına neden olmuş olsa da bazı durumlarda farklı tasarım ve özelliklerin ya da kombinasyonların istenilen performans değerinin yakalanması ya da fonksiyonelliğin elde edilmesi için tekstil esaslı yapıda bir araya getirilmesi gerekmektedir. Tekstil esaslı yapıların vücut içi ve dışındaki kullanımları dikkate alındığında, çeşitli yüzey modifikasyon ve bitim işlemleri uygulamaları sayesinde bazı

spesifik özelliklerin yapıya kazandırılması gerekmektedir. Tıbbi amaçla kullanılacak tekstil esaslı son ürün eldesi için, farklı tekstil esaslı yapıların (lif, iplik, kumaş vb) yapısal, kimyasal, mekanik, fiziksel ve biyolojik karakteristiklerinin geliştirilmesi sağlanmaktadır. Malzeme bilimindeki teknolojik gelişmeler, yüzey modifikasyonu uygulamalarında gelişmeye neden olmuştur. Bu durum tekstil esaslı yüzeylerin fonksiyonelliğinin artmasına ve paketleme ve sterilizasyon işlemlerinin kolaylaşmasına katkı sağlamıştır [Shirvan & Nouri, 2020].

4.1. Yüzey modifikasyon teknikleri

Polimerlerin, liflerin, ipliklerin ve kumaşların çeşitli yüzey modifikasyon işlemlerine tabi tutulmaları sayesinde yeni fonksiyonel gruplar yapıya kazandırılmakta, hidrofilik ya da hidrofobik karakter geliştirilmekte ve kimyasallara karşı duyarsızlık artırılmaktadır. İmplant edilebilir yapılar için bazı spesifik uygulamalarda doğal ve sentetik polimerlere kimyasal yüzey modifikasyon teknikleri uygulanarak kimyasal, fiziksel ve biyolojik aktivitelerinde artış sağlanabilmektedir. Bu durum tüm polimerler için geçerli olmamakla birlikte polimerin sahip olduğu biyoaktivasyon derecesinin yüksek olması ile ilişkilidir [Knittel & Schollmeyer 2000; Chan, 1994].

4.1.1. Yüzey kaplama: Tekstil esaslı yüzeyin tuşesini değiştirmek, kimyasal stabilizasyonunu artırmak, yüzeye mükemmel mekanik/fonksiyonel özellikler kazandırmak ve kullanım esnasında güvenli çalışma ortamı sağlamak amacıyla tıbbi tekstillere kaplama işlemi uygulanmaktadır. Elektrospun nanolifler, koloidal nanopartiküller, nanokapsüller, metalik nanopartiküller tekstil malzemelerinin kaplanması yaygın şekilde kullanılmaktadır. İnce film, nanokapsül ve nanopartikül gibi nanokaplamalar biyofiltrasyon etkisinin arandığı yapay böbrekler, implantlar ve hücre büyümesini sağlayan tekstil esaslı yapılarda yaygın şekilde kullanılmaktadır. Farklı kaplama tipleriyle sıvı iticiliği, antimikrobiyel aktivite, koku kontrolü, biyolojik ajanların salınımı gibi yüzey özellikleri de tıbbi uygulamalarda kullanılacak tekstil yüzeylerine kazandırılmaktadır. Elektrospinning, spreyleme, daldırma, boyama, sürme gibi farklı yüzey kaplama teknikleri ile materyalin üst ve/veya alt yüzeyinin kaplanması sağlanabilmektedir [Chu, 2001; Wollina, Heide, Müller-Litz, Obenauf & Ash, 2003; Zhang, Lim, Ramakrishna & Huang, 2005; Huang, Zhang, Kotaki & Ramakrishna, 2003; Gedanken, Nitzan, Perelshtein, Perkas & Apperrot, 2019].

4.1.2. Plazma uygulaması: Yüzeyin biyouyumluluğunun ve biyolojik aktivitesinin geliştirilmesi için uygulanmaktadır. Diyaliz sistemlerinde membran olarak kullanılacak tekstil yüzeylerine hidrofilik grupların kazandırılmasında tercih edilmektedir. Diğer solvent bazlı tekniklere göre

çevre dostu olması ve su kullanımını gerekmemesi nedeniyle yaygın şekilde tercih edilen bir yüzey modifikasyon tekniğidir [Poncin-Epaillard & Legeay 2003].

4.2. Yüzey Bitim İşlemleri

4.2.1. Antibakteriyel bitim işlemleri: Tekstil esaslı yüzeyler geniş yüzey alanına sahip olmalarından dolayı uygun sıcaklık, nem ve yeterli oksijenin varlığında mikroorganizmaların büyümesi için mükemmel bir ortam sağlayabilmektedirler. Mikroorganizmaların tekstil yüzeyindeki gelişimi esnasında yüzey deformasyonu ve kötü koku yayılımı söz konusu olabilmektedir. Bu nedenle cerrahi eldivenlerde, maskelerde, örtülerde ya da hastane tekstillerinde antibakteriyel bitim işlemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Diğer yandan, kullanıcıyı mikroorganizmalardan korumak, enfeksiyon yayılımını önlemek ve tekstil yüzeylerinde kirlenme, renk solması gibi problemlerin önüne geçilmesini de sağlamaktadırlar. İdeal bir antibakteriyel bitim işlemi için kullanılan kimyasalın, ajanın ya da maddenin toksik, alerjik yada kanserojenik etki yaratmaması, tekstil yüzeylerine uygulanabilir yapıda olması, renksiz ve kokusuz olması ve düşük maliyetli olması gerekmektedir [Purwar & Joshi, 2004; El-Ola, 2008; Ullah & Ali, 2017; Midha, Vashisht & Midha, 2014].

4.2.2. Kan ve su itici bitim işlemleri: Kan ve kan sıvıları, farklı mikroorganizmaların taşınabilirliğini mümkün kılmaktadırlar. Bu nedenle hastanede kullanılan hijyen ve bakım amaçlı tıbbi tekstillerin (cerrahi eldivenler, örtüler ve yatak takımları vb) cerrahi enfeksiyonları azaltmak için kan ve su itici olmaları gerekmektedir. Flor esaslı polimerlerin (PTFE gibi) kan ve kan sıvılarına göre düşük yüzey gerilimine sahip olmaları nedeniyle kumaş üzerine uygulandıklarında kumaşın yüzey gerilimini düşürmeleri ve kumaşa su ve kan itici özellik kazandırmaları söz konusudur [Bhargava & Bhargava, 2018; Tan, Li, Shen, Liu & Zong, 2000; Thilagavathi & Kannaian, 2008].

4.2.3. Su ve kan absorpsiyonunu artıran bitim işlemleri: Vücutla direkt temas eden kumaşlarda kan ve su-esaslı biyolojik sıvıların emilimini sağlamak, terlemeyi ya da vücut hararetini azaltılmak amacıyla kullanılan tekstil yüzeylerinde ıslatılabilirlik en önemli karakteristik özelliiktir. Kadın hijyen ürünleri, tampon, ped, tek kullanımlık bezler, inkontinans ürünleri ve yara bandı gibi ürünlerde yapısal değişiklik olmaksızın büyük miktar vücut sıvısının ya da kanın emiliminin sağlanması gerekmektedir. Hidrojeller, hidrofilik fonksiyonel gruplara sahip olduklarından su ve vücut sıvıları ile temas ettiklerinde sıra dışı bir şişme özelliği sergilemekte, gözenek boyutlarını genişleterek temas ettikleri akışkanı bünyelerinde tutabilmektedirler [Ajmeri & Ajmeri, 2016; Kabir, Sikdar, Haque, Bhuiyan, Ali & Islam, 2018].

4.2.4. Koku önleyici bitim işlemleri: Kadın hijyen ürünleri, bebek bezi ve hasta bezlerinde bakteriyel büyüme, enfeksiyon ve vücut dışıkları nedeniyle koku oluşumu gözlenmektedir. Tıbbi tekstiller üzerine koku oluşumunu önleyici kimyasalların uygulanması sayesinde, istenmeyen koku tekstil yüzeyindeki kimyasalın kendi aromatik kokusu ile baskılandırabilmekte yada kokusuz malzemeye dönüştürebilmektedirler [Bashari, Shakeri, Shirvan & Najafabadi, 2018; Woeller & Hochwalt, 2015; Fox, 2018].

4.2.5. Kanı pıhtılaştırıcı bitim işlemleri: Düzensiz kanamanın kontrol edilebilmesi ve kan kaybından kaynaklı ölümlerin önlenmesi için bandaj ve yara bandı gibi tıbbi tekstil ürünlerine uygulanan bitim işlemleridir. Kitosan, yapısındaki pozitif yüklü amin gruplarından dolayı ideal bir kan pıhtılaştırıcı ajan olarak tanımlanmakta ve kan ile temas ettiğinde negatif yüklü kan hücreleri ile etkileşime girebilmektedir. Bu sayede pıhtılaşma tetiklenmekte ve kan kaybının önüne geçilmektedir. Diğer yandan bünyesinde biyobozunur peptid yapıları içeren hidrojenlerin de tekstil esaslı yüzeylere uygulandıklarında kanı pıhtılaştırıcı etkilerinin oldukları görülmektedir [Shirvan, Shakeri & Bashari, 2019; Hsu, Conway, Tschabrunn, Mehta, Perez-Cuevas & Zhang, 2015].

4.2.6. Kanın pıhtılaşmasını önleyici bitim işlemleri: Kardiyovasküler hastalıklarda kullanılan tekstil bazlı vasküler graflar gibi kan ile sürekli temas halinde olan tıbbi tekstillerde tıkanmanın önlenmesi için kanın pıhtılaşmasını önleyici bitim işlemleri yüzeye uygulanmaktadır. Poliakrilik asit (AA), kanın pıhtılaşmasını önleyici bitim işlemlerinde yaygın şekilde kullanılan polimerdir [Jaffer, Fredenburgh, Hirsh & Weitz, 2015; Degoutin, Jimenez, Casetta, Bellayer, Chai & Blanchemain, 2012].

4.3. İlaç salınım uygulamaları: Tekstil bazlı ilaç salınım sistemlerinde, ilaç salınımı deri yüzeyinden kan akışına (transdermal yöntemle) geçiş sayesinde sağlanmaktadır. Tekstil esaslı ilaç salınım sistemleri biyoyoumlu, inert, yüksek fiziksel ve mekanik dayanıma sahip, uygulanabilirliği kolay, konfor özellikleri yüksek, sterilize edilebilir ve ekonomik üretim yöntemleri ile üretilebilir olmalıdır [Qin, 2016]. İlaç yüklü elektrospun nanolifler ve ilaç ya da antimikrobiyel ajan içeren mikrofiber esaslı tıbbi tekstiller kaplama, elektrospinning, enkapsülasyon, direkt konjuge metotlar, iyon değişimi yada içi boş liflerin doldurulması gibi tekniklerle hazırlanabilmektedirler [McKeen, 2016, Manuel, Jesús & Aracely, 2016; Srikanth, Sunil, Rao, Uhumwangho & Murthy, 2010].

4.3.1. Lif eğirme: eriyikten eğirme, yaş eğirme, elektrospinning gibi teknikler kullanılarak ilaç içeren lifleri üretmek mümkündür. Kontrollü ilaç salınımı ve ilacın etkinliğinin korunması gibi avantajları sunmakta-

dırlar. Kullanılan hammadde çeşidi sınırlıdır ve üretimi zaman almaktadır [Shirvan & Nouri, 2020].

4.3.2. İyon kompleksler: Lif yüzeyi ve ilaç moleküllerinin zıt yüklü olmaları durumunda iyon komplekslerin oluşumu gözlenmekte ve bu sayede kumaş yüzeyine ilaç uygulaması yapılmaktadır. Sürdürülebilir ilaç salınımı ve düşük maliyetli olması açısından avantaj sağlayan bu teknik, iyon konsantrasyonuna göre salınım oranının farklılaşması açısından dezavantaj teşkil etmektedir [Shirvan & Nouri, 2020].

4.3.3. İçi boş lif üretimi: İçi boş liflerden oluşan ilaç salınım sistemlerinde lifin içindeki boşluk ilaç ile doldurulmaktadır. Lifin üretildiği polimerin membran oluşumunu tetikleyici özellikte olması ve membranın geçirgenliği önem arz etmektedir. Boşluğun büyüklüğüne göre ilaç yükleme miktarı değişmektedir. Esnek yapı eldesi ve kontrollü ilaç salınımı mümkündür. Membranın gözeneklerinde tıkanma olma ihtimali nedeniyle yükleme etkinliğinde zamanla azalma görülebilmektedir [Shirvan & Nouri, 2020].

4.3.4. Bikonjuge metot: Bölgeye özel ilaç salınımı sağlamak amacıyla tekstil yüzeyinin belirli bölgelerine ilacın bağlanması için kullanılan bir tekniktir. Kontrollü ilaç salınım, yüksek ilaç yüklemesi yapılması ve hedeflenen bölgeye salınımın gerçekleştirilmesi mümkündür [Shirvan & Nouri, 2020].

4.3.5. Enkapsülasyon: Tekstil esaslı yapının ilaç içeren çözeltide bekletilmesi sayesinde lif yapısına ilaç yüklemesi yapılmaktadır. Kontrollü ilaç salınım için uygun bir tekniktir ve yüzeye düzgün ilaç dağılımı ve dokuya kontrollü ilaç salınımı sağlanmaktadır [Shirvan & Nouri, 2020].

4.3.6. Kaplama: Tekstil esaslı yapının ilaç içeren çözeltiye daldırılması ya da ilaç içeren parçacıklarla kaplanması sayesinde ilaç direkt olarak kumaş yüzeyine yüklenmektedir. Kolay bir işlem olması avantajı iken sürdürülebilir ilaç salınımı için uygun olmaması dezavantajı olarak bilinmektedir [Shirvan & Nouri, 2020].

5. TIBBİ TEKSTİLLERİN KARAKTERİZASYONUNDA KULLANILAN TEST METOTLARI

5.1. Kimyasal Karakterizasyon Yöntemleri

5.1.1. X-ışını fotoelektron spektroskopisi: Herhangi yüzeyin kimyasal ve elementel bileşenlerinin karakterizasyonu için kullanılan bir test yöntemidir. Analiz esnasında yüksek vakum uygulaması ve X-ışını fotonları tarafından materyal üzerinde yaratılan radyasyon hasarından dolayı, biyomalzemelerin karakterizasyonunda kullanımları sınırlandırılmıştır. XPS, çeşitli malzemelerin yüzeyine uygulanmış biyomoleküllerin bağ-

lanma ya da tutunma miktarı ile fonksiyonelliği arasında ilişki kurmak için uygun bir test yöntemi olarak tanımlanmaktadır [Artyushkova & Atanassov, 2013; McArthur, Mishra & Easton, 2014].

5.1.2. IR spektroskopisi: Bir ürünü oluşturan bileşenlerin tanımlanması ve bu bileşenlerin kimyasal yapılarının analizi için kullanılan, yapıda tahribata neden olmaksızın uygulanabilen ve farklı fazlardaki (gaz, sıvı ve katı) malzemelerin incelenebilirliğine olanak tanıyan optik bazlı bir test yöntemidir. IR radyasyon ışık demedinin bir malzeme içerisinden geçmesi sayesinde belirli dalga boyu ya da frekans değerlerinde absorpsiyon ve transmisyon eğrilerinin oluşması sonucu elde edilen spektral dalgalanmanın yorumlanması söz konusudur. FTIR spektroskopisi kullanımın kolay olması, düşük maliyet ve yüksek sinyal/ses oranından dolayı sıkça tercih edilmektedir [Yu et al., 2009; Kassi et al., 2010]. ATR-FTIR spektroskopisi ise sönlendirilmiş toplam yansıma değerini ifade etmek için kullanılan özel bir tekniktir. Herhangi bir ön hazırlık prosesine ihtiyaç duyulmadan ölçüm yapabilen tahribatsız bir yöntem olarak bilinmekte ve genellikle biyomalzemelerin karakterizasyonunda kullanılmaktadır [Durner, Obermaier, Draenert & Ilie, 2012].

5.1.3. Raman spektroskopisi: Malzemeyi oluşturan moleküller ve fotonların etkileşimi sonucu oluşan moleküler titreşimlerin yarattığı spektral eğrilere göre kimyasal tür, moleküler yapı ve malzeme konformasyonu yorumlanmaktadır. Bir raman spektrumunda, uygulanan ve yayılan ışık demedi arasındaki frekans farklılığını tanımlayan Raman kayma değerinin Raman yoğunluğuna göre ortaya çıkan eğrilerin oluşması söz konusudur. IR spektroskopiyeye kıyasla Raman spektroskopide belirli dalga boyu ya da frekans değerlerinde oluşan titreşime göre yorum yapılması söz konusu değildir [Brittain, 2011; Bazin, Chappard, Combes, Carpentier, Rouzie're & Andre, 2009].

5.1.4. UV-Vis spektroskopisi: 190-350 nm aralığı UV bölgeyi ve 350-800 nm aralığı ise görünür bölgeyi tanımlayan dalga boyu aralık değerleridir. Bu teknikte, uygulanan ışın demedinin monokromik tek bir ışına dönüştürülmesi sonrasında belirli dalga boyunda biyomalzemenin ışık emilimi ölçülmektedir. Emilim miktarı temel halden uyarılmış hale dönüşen elektron geçişi ile tespit edilmektedir.

5.1.5. Kütle spektrometrisi: İyonizasyon kaynağı sayesinde biyomalzemenin iyonlaştırılması ve elde edilen iyonların ayrıştırılarak kütle/yük oranlarının belirlenmesi sonucu biyomalzeme karakterizasyonunu sağlayan hassasiyeti yüksek bir analitik tekniktir.

5.2. Fiziksel Karakterizasyon Yöntemleri

5.2.1. SEM: Malzemenin morfolojik ve mikroyapısal özelliklerinin görüntülenmesi için kullanılan bir karakterizasyon yöntemidir. Ortalama lif çapı ve gözeneklilik yüzdesinin tespiti için kullanılan bir mikroskobik analizdir.

5.2.2. TEM: Malzemenin morfolojisinin, kristal yapısının ve bileşenlerinin tespiti için kullanılmaktadır. Yüksek çözünürlük değerlerinde taramanın yapılması, daha ince materyal kalınlığına ihtiyaç duyulması, test süresinin uzun olması ve malzeme özelliğine göre sadece iki boyutlu görüntü eldesinin mümkün olması açısından SEM analizinden farklılaşmaktadır [Sampath Kumar, 2013].

5.2.3. XRD: X-ışını difraksiyonu, malzemenin bileşenlerinin ve yapısının tespiti için kullanılmaktadır. Monokromik bir X-ışını demedinin malzemeye çarptığı andaki kırılmış ışık demedinin yoğunluğunun kırınım açısı ile ilişkilendirilmesi sonucunda malzeme kompozisyonu ve malzemenin birim hücrelerinin boyutu ve şekli gibi yapısal özellikleri tespit edilmektedir [Sampath Kumar, 2013].

5.2.4. AFM: Farklı yüzey özelliklerine sahip malzemelerin test edilmesine olanak tanıyan bu teknikle, nanometrik ya da daha küçük ölçekte uzamsal çözünürlükle yüzeyden üç boyutlu görüntü eldesi sağlanabilmektedir [Haugstad, 2012; Agrawal, Ong, Appleford & Mani, 2013].

5.2.5. Islatılabilirlik: Malzemenin hidrofilik davranışının tespiti için uygulanan bir test yöntemidir. Malzemenin yüzeyine 4 µL distile su damlatılmasından 2 sn sonra oluşan sıvı/yüzey temas açısının yüksek çözünürlüklü kamera sayesinde tespiti ile değerlendirme yapılmaktadır. Temas açısı, yüzeyin homojenlik ve heterojenlik miktarının tespiti için de kullanılmaktadır [Yuan and Lee, 2013; Agrawal, Ong, Appleford & Mani, 2013; Sampath Kumar, 2013].

5.2.6. Bozunma davranışı (In-vitro): 1 cm x 1 cm ölçülerindeki ürünün 14 gün boyunca 37 °C sıcaklıkta PBS (Fosfat/tuz tampon çözeltisi) çözeltisi içerisinde bekletilmesi ve belirli aralıklarla (1., 3., 5., 7. ve 14. Gün) çözeltiden çıkarılarak distile su ile yıkama işleminden sonra kurutulmuş haldeki ağırlığının ölçülmesi söz konusudur. Aşağıdaki formül kullanılarak yüzde bozunma değeri tespit edilmektedir.

$$\text{Bozunma (\%)} = [(W_0 - W_d) / W_d] \times 100$$

Burada; W_0 : bozunma öncesi ağırlık değeri; W_d : bozunma sonrası ağırlık değeri

5.2.7. Şişme derecesi: 1 cm x 1 cm ölçülerindeki ürünün 24 saat boyunca 37 °C sıcaklıkta PBS (Fosfat/tuz tampon çözeltisi) çözeltisi içeri-

sinde bekletilmesi ve belirli aralıklarla (1, 4, 8, 12 ve 24 saat) çözeltiden çıkarılan ürün üzerindeki fazla çözeltilerin filtre kağıdı sayesinde uzaklaştırılması sonrasında ağırlığının ölçülmesi söz konusudur. Aşağıdaki formül kullanılarak yüzde şişme değeri tespit edilmektedir.

$$\text{Şişme (\%)} = [(W_s - W_d) / W_d] \times 100$$

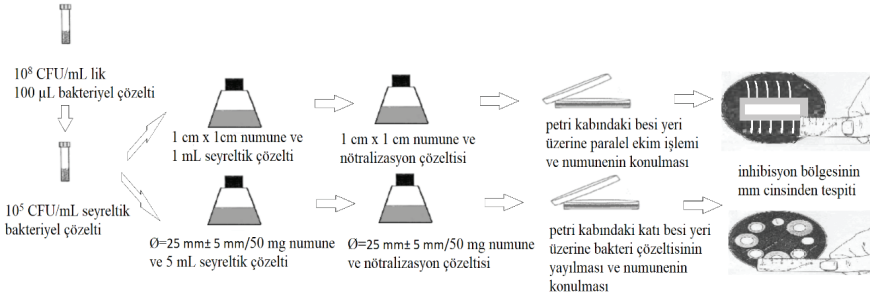
Burada; W_s : şişme öncesi ağırlık değeri; W_d : şişme sonrası ağırlık değeri

5.2.8. Mekanik özellikler: Ürünün germe kuvvetine karşı davranışının test edilmesidir. Maksimum çekme dayanımı, elastik modul değeri ve kopmada uzama değeri çekme dayanımı test cihazı kullanılarak tespit edilmektedir.

5.3. Antimikrobiyel Test Yöntemleri

Antimikrobiyel uygulama yapılmış tekstil materyallerinin etkinliğinin ölçülmesi için, kontrol edilebilir şartlar altında uygulanan test yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu test yöntemleri sayesinde kalitatif ve kantitatif değerlendirmeler yapılabilmektedir. Yaygın olarak kullanılan yöntemler AATCC 147 (agar difüzyon metodu ya da paralel hatlar metodu) ve AATCC 100 analiz yöntemleridir [AATCC 147, 1998; AATCC 100, 1999]. Uluslararası alanda tekstil ürünlerinde antimikrobiyal etkinliğin belirlenmesi için kabul görmüş olan standart ise ISO 20743 standardıdır ve kullanılmakta olan yöntem ve standartların yetersiz kaldığı durumlarda teknolojik, ekolojik ve dermatolojik beklentilerin de tespit edilmesine katkı sağlamaktadır [ISO 20743, 2007; Ramachandran, Rajendrakumar & Rajendran, 2004].

5.3.1. AATCC 147: Bu test metodunda antimikrobiyal işlem görmüş kumaşların anti bakteriyel aktivitesi gözlemlenmekte ve etkinlik hakkında yorum yapılabilmektedir. Agar difüzyon metodunda besi yeri içine önceden hazırlanmış olan bakteri konsantrasyonları yayıldıktan sonra 25mm çapındaki numune kumaşlar yüzeye yerleştirilmesi söz konusu; paralel hatlar metodunda bakteri konsantrasyonlarının besi yeri içine paralel şeritler halinde sürüldükten sonra dikdörtgen şeklindeki numune kumaşın bu şeritler üzerine konumlandırılması söz konusudur. 37°C sıcaklıkta 24 saat bekletildikten sonra kumaş etrafında oluşan çap (inhibisyon zone çapı) ya da mesafe ölçülerek numune kumaşın etkinliği mm cinsinden bulunmaktadır. [AATCC 147, 1998; Tessier, Radu & Filteau, 2005]



Şekil 3. Agar difüzyon ve paralel hatlar metodlarına göre antibakteriyel aktivitenin belirlenmesi

5.3.2. AATCC 100: Tekstil numunelerinde bulunan antibakteriyel maddenin aktivite derecesini kantitatif olarak tayin etmek için uygulanmaktadır [Razaq, 2020]. 1 cm x 1 cm ebatında, 25 mm± 5 mm çapında ya da 50 mg ağırlığındaki numuneler, 121 °C sıcaklık ve 1,5 atm basınçta 15 dakika süre bekletilerek steril hale getirilirken, amaca uygun bakteriyel çözeltiler hazırlanmaktadır. 10⁸ CFU/mL lik 100 µL bakteriyel çözelti, Difco çözeltileri kullanılarak 10⁵ CFU/mL ye seyreltikten sonra iki yöntem kullanılabilir. Hazırlanan bu çözeltinin 1 mL ile 1cm² büyüklüğündeki numuneler ıslatılmakta ya da bu çözeltinin 5 mL içerisine 25 mm± 5 mm çapındaki ya da 50 mg ağırlığındaki ürün konularak seyreltik bakteriyel çözeltisi içerisindeki ürün, 37 °C sıcaklıkta 24 saat boyunca çalkanabilmektedir. Vida kapaklı tüpler içinde gerçekleştirilen kumaş-organizma temas süresi deney planında belirlenen süre (1, 8, 12, 16, 20 ve 24 saat) kadar devam ettirilmektedir. Süre sonunda tüpten çıkarılan kumaş numunesi nötralizasyon çözeltisi içine atılmakta, iyice karıştırılmakta ve nötralizasyon çözeltisi belli dilüsyonlara seyreltilerek katı besi yeri üzerine ekim yapılmaktadır. Ekim yapılan tüm petri 37 °C sıcaklıkta 48 saat etüvde bekletildikten sonra koloni sayımı yapılarak değerlendirme işlemi yorumlanmaktadır. İlgili dilüsyonlardaki üreme miktarları üreyen koloni sayısının dilüsyon oranı ile çarpılması sonucu elde edilmiştir. İlgili antimikrobiyal maddenin kullanılan farklı bakteriyel çözeltilere göre belirlenen süre sonundaki etkinlik değeri aşağıdaki formüle göre hesaplanmaktadır [AATCC 100, 1999].

$$\text{Antibakteriyel etkinlik (\%)}R = [(1 - (A / B)) \times 100]$$

Burada, R = oransal azalma, B = başlangıç anında numune ile temas etmiş olan çözeltideki organizma sayısı, A = numune ile temas etmiş olan nötralizasyon çözeltisi içinde bulunan organizma sayısı

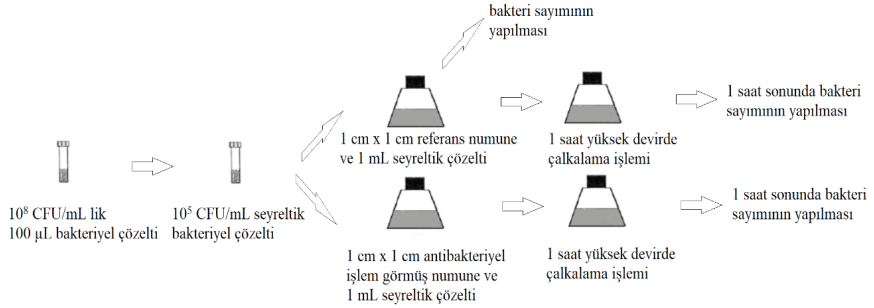
Seyreltik bakteriyel çözeltisi içerisindeki ürün, 37 °C sıcaklıkta 180 rpm devirde çalkanırken çözeltinin bulanıklık derecesine göre antibakteriyel aktivitenin kantitatif olarak ölçülebilmesi de mümkündür. Bu yön-

temde, bakteriyel hücre büyümesi belli aralıklarla (8, 12, 16, 20 ve 24 saat) spektrofotometre kullanılarak 600 nm dalga boyunda incelenmekte ve antibakteriyel aktivite aşağıdaki formüle göre hesaplanmaktadır [Koch, 1970].

$$\text{Antibakteriyel etkinlik (\%)} = [(1 - (OD_2 / OD_1))] \times 100$$

Burada; OD_1 : bakteriyel kültür oluşumu öncesindeki optik yoğunluk; OD_2 : belirli

aralıklarda tespit edilen bakteriyel kültür oluşumu sonrasındaki optik yoğunluk



Şekil 4. Çalkalama (shake flask) yöntemine göre antibakteriyel aktivitenin ölçülmesi

5.3.3. ISO 20743: Antibakteriyel bitim işlemi görmüş olan farklı hammaddeden (doğal, sentetik ya da karışım) üretilmiş farklı formdaki (lif, iplik, dokuma/örme kumaş, dokusuz yüzey vs.) tekstil yapılarının antibakteriyel etkinliğinin kantitatif olarak belirlenmesi söz konusudur. Bakteri süspansiyonu numune üzerine doğrudan aktararak kumaşa emdirilmekte (absorpsiyon metodu), agar üzerine yerleştirilen bakteriler numune üzerine transfer edilmekte (transfer metodu) ya da amaca uygun test edilecek bakterilerin bir filtre üzerine aktarılması ve sonrasında kumaşa baskı yöntemiyle aktarılması (baskı metodu) söz konusudur. Testlerde kullanılan mikro organizmalar *Staff aureous* ve *Klebsialle Pneumoniae* olarak tanımlanmaktadır [Palamutçu, Şengül, Devrent & Keskin, 2009; Akaydın & Kalkancı, 2014].

SONUÇ

Polimer, lif, filament, iplik yada kumaşlardan elde edilen tekstil esaslı yüzeylerin, lamine yapıların ya da kompozit malzemelerin üretimi sayesinde tıbbi müdahale yapılması esnasında yardımcı ya da koruyucu yapıların üretiminin, enfektif hastalıkların yayılmasının önlenmesinin ve implante edilebilir malzemelerin veya hijyen ürünlerinin kullanımıyla yaşam kalitesinin artırılmasının mümkün olduğu görülmektedir. Tıbbi ya da cer-

rahi uygulamalarda faydalanılan ürünlerin oldukça basit ya da komplike şekilde üretimleri söz konusudur. Günlük hayatta sıkça kullanılan ıslak mendillerin üretiminde dahi istenilen performans değerlerinin yakalanabilmesi için mühendislik ve tasarım bileşenlerinin üzerinde ayrıntılı çalışmaların yapılmasının gerektiği görülmektedir. Konvansiyonel üretim teknikleri ve doğal esaslı lif kullanımı ile ilkel sargıların üretimi söz konusu olmuş ancak elyaf bilimindeki gelişmeler ve gelişmiş yüzey üretim teknikleri ile fonksiyonel yara bandı üretimi gerçekleştirilebilmiştir. İleri düzeydeki üretim teknikleri kullanılarak üretilen yapılar sayesinde tekstil esaslı yapılara vücut içine implante edilebilir kavramı kazandırılmıştır. Tekstil esaslı yapıların fonksiyonelliğinin farklı polimer ve aktif madde katkısı ve yüzeysel uygulamaları sayesinde artırılmasının mümkün olduğu dikkate alındığında ise farklı polimerler ya da yenilikçi ileri üretim teknikleri kullanılarak multifonksiyonel yüzey eldesi sayesinde tıbbi alanda kullanılacak tekstil esaslı yapıların pazarlama payının günden güne artacağı aşikardır.

KAYNAKLAR

- AATCC Test Method 100 (1999) Antibacterial finishes on textile materials
- AATCC Test Method 147 (1998) Antibacterial activity assessment of textile materials : parallel streak method
- Achneck, H. E, Sileshi, B., Jamiolkowski, R. M., Albala, D. M., Shapiro, M. L. & Lawson, J. H. (2010) A comprehensive review of topical hemostatic agents: efficacy and recommendations for use. *Annals of Surgery*, 251(2), 217-228.
- Agrawal, C. M., Ong, J. L., Appleford, M. R. & Mani, G. (2013) *Introduction to biomaterials: basic theory with engineering applications*. England: Cambridge University Press.
- Ajmeri, J. & Ajmeri, C. (2016) Developments in the use of nonwovens for disposable hygiene products. G. Kellie (Ed.) *In: Advances in technical nonwovens* (p. 473-497). England: Elsevier.
- Akaydın, M. & Kalkancı, M. (2014) Hastane giysisi olarak kullanılan kumaşların antibakteriyel özellikleri üzerine bir araştırma. *SDU Journal of Science*, 9 (1), 20-34.
- Artyushkova, K. & Atanasov, P. (2013) X-ray photoelectron spectroscopy for characterization of bionanocomposite functional materials for energy-harvesting technologies. *ChemPhysChem*, 14, 2071-2080.
- Bashari, A., Shakeri, M., Shirvan, A. R. & Najafabadi S. A. N. (2018) Functional finishing of textiles via nanomaterials. S. Islam & B. S. Butola (Eds.) *In: Nanomaterials in Wet Processing of Textiles* (pp 1-70) USA: John Wiley & Sons.
- Bazin, D., Chappard, C., Combes, C., Carpentier, X., Rouzie`re, S. & Andre´, G. (2009) Diffraction techniques and vibrational spectroscopy opportunities to characterise bones. *Osteoporosis International*. 20(6), 1065-1075.
- Bhargava, D. & Bhargava, D. (2018) Blood repellent finishes for healthcare textiles: An overview. *International Journal of Environmental Rehabilitation and Conservation*, 9(1), 29-33.
- Brittain, H. G. (2011) Characterization of pharmaceutical compounds in the solid state. *Separation Science and Technology*, 10, 11-58.
- Chan, C. M. (1994) *Polymer surface modification and characterization*. USA: Carl Hanser Verlag.
- Chu, C. (2001) Textile-based biomaterials for surgical applications. S. Dumitriu (Ed.) *In: Polymeric Biomaterials, Revised and Expanded* (pp. 491-544), Switzerland: Marcel Dekkel.

- Degoutin, S., Jimenez, M., Casetta, M., Bellayer, S., Chai, F. & Blanchemain, N. (2012) Anticoagulant and antimicrobial finishing of non-woven polypropylene textiles. *Biomedical Materials*. 7(3), 1-13.
- Durner, J., Obermaier, J., Draenert, M. & Ilie, N. (2012) Correlation of the degree of conversion with the amount of elutable substances in nano-hybrid dental composites. *Dental Materials*. 28(11), 1146-1153.
- Eichhorn, S. J., Hearle, J. W. S., Jaffe, M. & Kikutani, T. (2009) *Handbook of textile fibre structure. Volume 1: Fundamentals and manufactured polymer fibres*. England: Woodhead Publishing & CRC Press.
- El-Ola, S. M. A. (2008) Recent developments in finishing of synthetic fibers for medical applications. *Designed Monomers and Polymers*, 11(6), 483-533.
- Fox B. (2018) *Method of eliminating odor*, US-2018010071-A1.
- Gedanken, A., Nitzan, Y., Perelshstein, I., Perkas, N. & Applerot, G. (2019) *Sonochemical coating of textiles with metal oxide nanoparticles for antimicrobial fabrics*, US9315937B2.
- Haugstad, G. (2012) *Atomic force microscopy: Understanding basic modes and advanced applications*, Canada: John Wiley & Sons.
- Hongu, T. & Phillips, G. O. (1990) *New fibres*. England: Ellis Horwood.
- Huang, Z. M., Zhang, Y. Z., Kotaki, M. & Ramakrishna, S. (2003) A review on polymer nanofibers by electrospinning and their applications in nanocomposites. *Composites Science and Technology*, 63(15), 2223-2253.
- Hsu, B. B., Conway, W., Tschabrunn, C. M., Mehta, M., Perez-Cuevas, M. B. & Zhang, S. (2015) Clotting mimicry from robust hemostatic bandages based on self-assembling peptides. *ACS Nano*, 9(9), 9394-9406.
- ISO 20743, 2007, Textiles –Determination of the antibacterial activity of antibacterial finished products.
- Jaffer, I., Fredenburgh, J., Hirsh, J. & Weitz, J. (2015) Medical device-induced thrombosis: What causes it and how can we prevent it?, *Journal of Thrombosis and Haemostasis*, 13, 72-81.
- Kabir, S. F., Sikdar, P. P., Haque, B., Bhuiyan, M. R., Ali, A. & Islam, M. (2018) Cellulose-based hydrogel materials: chemistry, properties and their prospective applications. *Progress in Biomaterials*, 7(3), 153-174.
- Kassi, S., Didriche, K., Lauzin, C., Vaernewijckb, X.D.G.D.E., Rizopoulos, A. & Herman, M. (2010) Demonstration of cavity enhanced FTIR spectroscopy using a femtosecond laser absorption source. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*. 75(1), 142-145.
- Knittel, D. & Schollmeyer, E. (2000) Technologies for a new century: Surface modification of fibres. *Journal of Textile Institute*, 91(3), 151-165.
- Koch, A. L. (1970) Turbidity measurements of bacterial cultures in some available commercial instruments, *Analytical Biochemistry*, 38(1), 252-259.

- Manuel, C. B. J., Jesús, V. G. L. & Aracely, S. M. (2016) Electrospinning for drug delivery systems: Drug incorporation techniques. S. Haider & A. Haider (Eds.) *In: Electrospinning-material, techniques, and biomedical applications* (pp.1-14) IntechOpen.
- Marcincin, A. (2002) Modification of fiber-forming polymers by additives. *Progress in Polymer Science*, 27(5), 853-913.
- McArthur, S. L., Mishra, G. & Easton, C. D. (2014) Applications of XPS in biology and biointerface analysis. V. S. Smantkowski (Ed.) *In: Surface Analysis and Techniques in Biology* (pp 9-37), USA: Springer.
- McKeen, L. W. (2016) *Permeability properties of plastics and elastomers*. USA: William Andrew..
- Midha, V. K., Vashisht, R. & Midha, V. (2014) Durability of fluoropolymer and antibacterial finishes on woven surgical gown fabrics. *Fashion and Textiles*, 1(1): 1-12.
- Moncrieff, R. W. (1975) *Man-made fibres*, England: Wiley.
- Qin, Y. (2015) *Medical textile materials*. England: Woodhead Publishing.
- Qin, Y., Agbor, O. C., Wang, X. & Gilding, D. K. (1997) Novel polysaccharide fibers for advanced wound dressings, S. C. Anand (Ed.) *In: Conference Proceedings of Medical Textiles 96* (pp 15-20), UK: Woodhead Publishing.
- Palamutçu, S., Şengül, M., Devrent, N. & Keskin, R. (2009) Tekstil ürünlerinde anti mikrobiyel etkinlik belirleme testleri. *VII. Ulusal Ölçüm Bilim Kongresi Bildiri Kitabı*, 25-32.
- Perelshtein, I., Perkas, N. & Gedanken, A. (2019) The sonochemical functionalization of textiles. S. Islam & B. S. Butola (Eds.) *In: The impact and prospects of green chemistry for textile technology*. (pp 161-193) England: Woodhead Publishing.
- Poncin-Epaillard, F. & Legeay, G. (2003) Surface engineering of biomaterials with plasma techniques. *Journal of Biomaterials Science and Polymer*, 14(10), 1005-1028.
- Purwar, R. & Joshi, M. (2004) Recent developments in antimicrobial finishing of textiles-a review. *AATCC Review*, 4(3), 22-26.
- Ramachandran, T., Kumar K. & Rajendran R. (2004) Antimicrobial textiles-an overview. *Journal of Institution of Engineers*, 84(2), 42-57.
- Razaq, S. A. (2020) Tekstil numunelerinde antibakteriyel aktivite tayini, Ekoteks Laboratuvar İşletmeleri Ltd. Şti. <https://wellcoretextiles.com/files/documents/products/procare-mask/Ekoteks-Impala-Tulum.pdf> (erişim tarihi: 20.12.2021)
- Rozek Z, Kaczorowski W, Lukás D, Louda P, Mitura S. Potential applications of nanofiber textile covered by carbon coatings. *J Achiev Mater Manuf Eng* 2008;27 (1):358.

- Sampath Kumar, T.S., 2013. Physical and chemical characterization of biomaterials A2. In: Bandyopadhyay, A., Bose, S. (Eds.), *Characterization of Biomaterials*. Academic Press, Oxford.
- Shirvan, A. R. & Nouri, A. (2020) Medical textiles. S. Islam & B. S. Butola (Eds.) *In: Advances in Functional and Protective Textiles* (pp 291-326). England: Elsevier
- Shirvan, A. R., Shakeri, M. & Bashari, A. (2019) Recent advances in application of chitosan and its derivatives in functional finishing of textiles. S. Islam & B. S. Butola (Eds.) *In: The impact and prospects of green chemistry for textile technology*. (pp. 107-133) England: Woodhead Publishing.
- Srikanth, M., Sunil, S., Rao, N., Uhumwangho, M. & Murthy, K. R. (2010) Ion-exchange resins as controlled drug delivery carriers. *Journal of Scientific Research*, 2(3), 597-611.
- Tan, S., Li, G., Shen, J., Liu, Y. & Zong, M. (2000) Study of modified polypropylene nonwoven cloth. II. Antibacterial activity of modified polypropylene nonwoven cloths. *Journal of Applied Polymer Science*, 77(9), 186976.
- Teli, M. D., Verma, N., Ved, V. (1989) Fibers for medicinal purposes. Experiments in making of absorbent cotton, *Man-made Textiles in India*, 32(6), 232-236.
- Tessier, D., Radu, I. & Filreau, M. (2005) Antimicrobial fabrics coated with nano-sized silver salt crystals. *NanoTech*, 1, 762-764.
- Thilagavathi, G. & Kannaian, T. (2008) Dual antimicrobial and blood repellent finishes for cotton hospital fabrics, *Indian Journal of Fiber and Textile Research*, 33(1), 23-29.
- Ullah, H. & Ali, S. (2017) Classification of anti-bacterial agents and their functions. R. Kumawath (Ed.) In: *Antibact Agents* (pp 1-16), IntechOpen.
- Woeller, K. E. & Hochwalt, A. E. (2015) Safety assessment of sanitary pads with a polymeric foam absorbent core. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 73(1), 419-424.
- Wollina, U., Heide, M., Müller-Litz, W., Obenauf, D. & Ash, J. (2003) Functional textiles in prevention of chronic wounds, wound healing and tissue engineering. *Current Problems in Dermatology*, 31, 82-97.
- Yang, W., Thordarson, P., Gooding, J. J., Ringer, S. P. & Braet, F. (2007) Carbon nanotubes for biological and biomedical applications. *Nanotechnology*, 18(41), 412001.
- Yu, P., Jonker, A. & Gruber, M. (2009) Molecular basis of protein structure in proanthocyanidin and anthocyanin-enhanced Lc-transgenic alfalfa in relation to nutritive value using synchrotron-radiation FTIR microspectroscopy: a novel approach. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*. 73(5), 846-853.

- Yuan, Y. & Lee, T. R. (2013) Contact angle and wetting properties. *Surface Science Technologies*, 51, 3-34.
- Zhang, Y, Lim, C. T., Ramakrishna, S. & Huang, Z. M. (2005) Recent development of polymer nanofibers for biomedical and biotechnological applications. *Journal of Materials Science: Materials in Medicine*, 16(10), 933-946.
- Zhong, W. (2013) *An introduction to healthcare and medical textiles*. USA: DES-tech Publications.

Bölüm 4

KAYIT AKTARIM DİLİ (RTL) VE MİKRO İŞLEMLER

Fatih TOPALOĞLU¹

¹ Dr.Öğr.Üyesi, Bilgisayar Mühendisliği Bölümü, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Malatya, Türkiye. E- mail: fatih.topaloglu@ozal.edu.tr Orcid: 0000-0002-2089-5214

1.Giriş

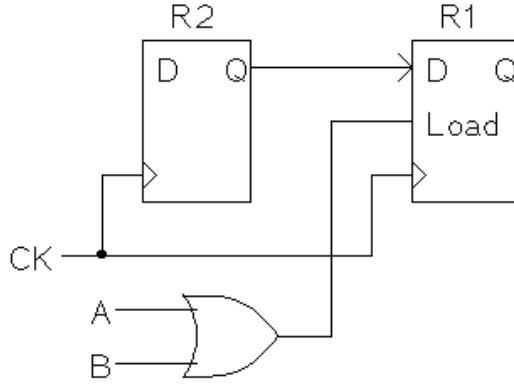
Kayıt Aktarım Dili (Register Transfer Language, RTL) denetim işaretlerine göre donanımsal birimler arasındaki veri akışını simgeleyen bir programlama dilidir. Bir saklayıcıdan diğerine belirli kontrol işaretlerinin denetiminde veri aktarımına kayıt aktarımı denir. RTL, aynı programlama dillerinde olduğu gibi donanımsal öğelerin program tarafından üretilmesine ve gerektiğinde bu parçaların birleştirilmesine imkan verir. Her biri birbirinden bağımsız çalışabilen donanımsal birimlerin bir araya getirilip karmaşık sayılabilecek işlemleri, gereksinimleri ve istekleri karşılayabilecek şekilde donanım tasarlanmasını ana amaçtır (Okutan, 2019).

Bilgisayarlar, veri alışverişi yapmak için birbirine bağlı bir çok dijital donanım biriminden oluşan elektronik cihazlardır. Dijital donanım, hem veri işleme hem de veri depolama tesisleri için binlerce transistor elemanın tek bir yonga üzerinde birleştirilmesi ile tümleşik devrelerin oluşturulması işlemini sağlayan Çok Geniş Ölçekli Tümleşim (Very Large Scale Integration) yongalarından oluşur. Dijital donanımlar, yazmaçlar, kod çözücüler, aritmetik elemanlar ve kontrol mantığı gibi dijital bileşenlerden oluşturulan modüllerden oluşur. Dijital modüller, dijital bir bilgisayar sistemi oluşturmak için ortak veri ve kontrol yolları ile birbirine bağlanır ve kendilerinde bulunan register'ları kullanarak verileri saklayan ve mikro işlem kodlarına dayalı olarak işlemektedir (Okutan, 2019).

RTL sözdizimi, bir dizi kontrol sinyali ile veri değişikliğinin gerçekleştirileceği kaynak ve hedef kayıtlarla birlikte mikro işlemleri içerecektir. Bu mikro işlem, bir veya daha fazla kayıta saklanan bilgiler üzerinde gerçekleştirilen temel bir işlemdir. Aslında, daha küçük döngülerin her birinin işlemci kayıtlarını içeren bir dizi adımdır (Stallings, 2010). Örneğin kaydırma, sayma, temizleme ve yükleme gibi. RTL, bir devrenin mimarisini tanımlamanın güçlü, yüksek seviyeli bir yöntemidir. VHDL kodu ve şemaları genellikle RTL'den oluşturulur. RTL, mikro komutlar veya mikro işlemler olarak bilinen kayıttan kayda veri aktarımını tanımlar. Transferler şartlı olabilir. Her mikro talimat bir saat döngüsünde tamamlanır. Tipik bir RTL ifadesi aşağıdaki gibi görünecektir:

$$A \vee B \rightarrow R1 \leftarrow R2;$$

Bu, eğer A sinyali veya B sinyali doğruysa, o zaman R2 kaydı R1 kaydına aktarılır olarak okunur. İlk kısım olan $A \vee B$, aktarımın gerçekleşmesi için doğru olması gereken mantıksal bir ifadedir. \rightarrow sembolü, mantıksal ifadeyi mikro talimattan ayırır. İfadenin if-then kısmıdır. Mantıksal bir ifade yoksa, \rightarrow ifadede yoktur ve mikro talimat her zaman gerçekleşecektir. \rightarrow ögesinin sağında mikro talimat vardır. Kayıttan kayda veri transferini ve veriler üzerindeki işlemleri açıklar. Yukarıdaki RTL ifadesi Şekil 1'deki şemaya eşdeğerdir:



Şekil 1. $A \vee B \rightarrow R1 \leftarrow R2$ komut satırı şeması

Dijital bir bilgisayarın dahili donanım organizasyonu içerdiği kayıtlar kümesi ve işlevleri, depolanan ikili bilgi üzerinde gerçekleştirilen mikro işlemlerin sırası ve mikro işlemler dizisini başlatan kontrol girişi olarak tanımlanmaktadır.

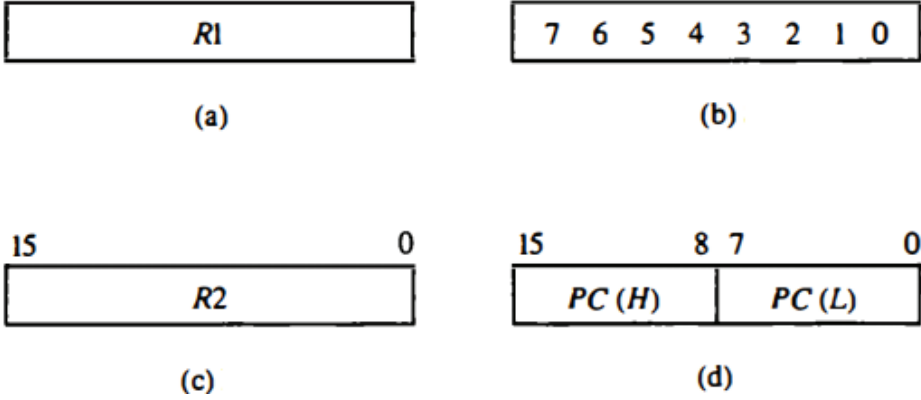
2. Kayıt Aktarım Dili (RTL)

Bir programlama dili, belirli bir hesaplama sürecini belirtmek için semboller yazmak için bir prosedürdür. Bir kayıt aktarım dili, bir dijital modülün kayıtları arasındaki mikro işlem dizilerini sembolik biçimde ifade etmek için bir sistemdir. Dijital bilgisayarların iç organizasyonunu özlü ve kesin bir şekilde açıklamak için uygun bir araçtır. Dijital sistemlerin tasarım sürecini kolaylaştırmak için de kullanılabilir.

2.1. Kayıt Aktarımı

Verilerin bir kayıttan diğerine nasıl aktarıldığını görmeden önce, bir kaydın yapısını ve çeşitli diyagramlarını göreceğiz. Kayıtlar, FLIP-FLOP teknolojisi ile VLSI Yongaları kullanılarak oluşturulan hızlı veri depolama cihazlarıdır. Basit bir 8 bitlik kayıttan, verileri tutacak 8 flip-flop olacaktır. Flip-flop tasarımı, üreticinin gereksinimlerine dayanmaktadır (Mano and Kime, 2000).

CPU'da birkaç kayıt vardır. Hafıza birimi için bir adresi tutan register MAR olarak adlandırılmaktadır. MAR'da saklanan belirli bir adresin verilerini depolamak için MDR kullanılmaktadır. Program sayaç kaydı veya yürütülecek bir sonraki talimatı belirtmek için PC kullanılmaktadır. IR, talimat kaydı ve R1 bir işlemci kaydıdır. n-bitlik bir yazmaçtaki tek tek flip-flop'lar 0'dan n-1'e kadar sırayla numaralandırılır. İşlevini belirtmek için bilgisayar kayıtlarını büyük harflerle belirtilmektedir. Şekil 2'de kayıtın farklı temsillerini gösteren diyagram sunulmuştur (Mano and Kime, 2000).

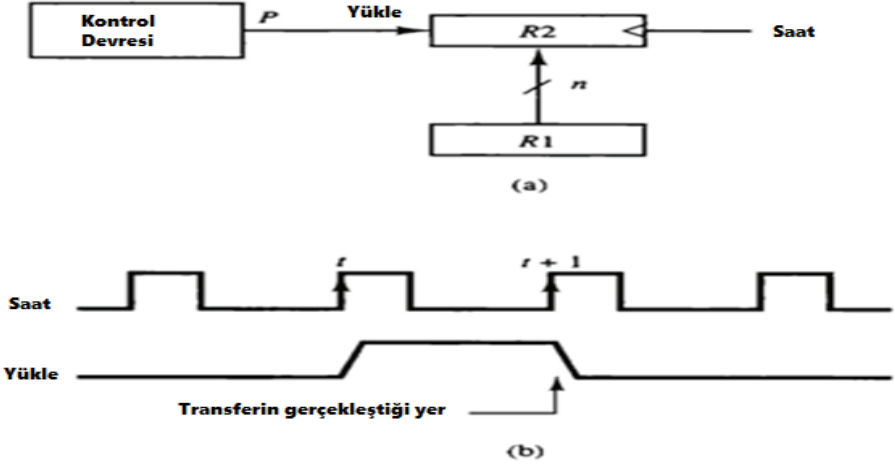


Şekil 2. (a) İçerdiği ad ile kayıt (b) İçerde gösterilen bit sayısı ile kayıt

(c) Ad ve gösterilen bit sayısı ile kayıt (d) Parçalara ayrılmış bitler ile kayıt

Örneğin if ($P=1$) $R2 \leftarrow R1$ ifadesi tipik bir saklayıcı aktarım dili satırıdır. Bunun anlamı P denetim girişi lojik 1 olduğunda R1 saklayıcısının içeriğini R2 saklayıcısına kopyala demektir. Genel olarak donanımsal birimlerde saklayıcılar önemli bir yere sahiptir; saklayıcı üzerindeki işlemler toplama, öteleme, yükleme vs. gibi işlemlerdir; üretilen sonuç, ya verinin yerini alır ya da başka bir saklayıcıya gönderilir (Mano and Kime, 2000).

Örnek uygulamada kontrol değişkeni saat ile senkronize edilir. Burada göz önünde bulundurulması gereken kayıt tipi, pozitif kenar tetikleyici flip flop'tur. Bu nedenle, veri depolama ve aktarım süreci yalnızca saatin pozitif ucunda başlayacaktır. Saatin pozitif kenarını aldıktan sonra, kontrol sinyali P aktiftir, yani $P=1$ ve ardından Register R2 Load girişini aktif bulur ve R1'den gelen veri girişleri paralel olarak R2'ye yüklenir. Veri aktarımından sonra P 0'a dönecektir, çünkü P 0'a geri dönmüyorsa her zaman 1 olacaktır ve saatin her pozitif kenarında R1'den R2'ye veri aktarımı gerçekleşecektir. Şekil 3'de örnek senaryonun şematik gösterimi sunulmuştur.



Şekil 3. (a) Blok diyagram (b) Zamanlama diyagramı

Tüm transferlerin bir saat kenarı geçişi sırasında gerçekleştiği varsayılır. Tek bir satıra yazılan tüm mikro işlemler aynı anda yürütülmelidir. Örneğin P: R1 ← R2, R3 ← R4 satırında P=1 olayı gerçekleştiğinde R2 içeriği R1'e ve aynı anda R4 saklayıcı içeriği R3 saklayıcısına aktarılır yani iki işlem paralel yapılır. Tablo 1'de kayıt aktarım gösteriminin temel sembolleri sunulmuştur (Mano,1993).

Tablo 1. Kayıt aktarım gösteriminin temel sembolleri

Semboller	Açıklama	Örnekler
Harfler	Bir kayıt belirtir	MAR, PC, IR, MDR, R1, R2
Parantez ()	Kaydın bir bölümü	R2(0 – 7)
Ok ← veya →	Veri transferini belirtir	R2 ← R1
Virgül ,	İki mikroişlemi ayırır	R2 ← R1, R3 ← R1

Örneğin, P: R1← R2 (0-5), R3 ← R3+1 satırında P=1 olayı gerçekleştiğinde R2 saklayıcısının 0 ile 5 bitleri arasındaki değerleri R1 saklayıcısının karşı gelen konumlarına aktarılır. Yani toplam 6 bit kopyalanır, aynı anda R3 saklayıcısının içeriği 1 arttırılır. Bu son işlem saklayıcının “arttır” kontrol girişine 1 lojik seviye gerilimi uygulanarak yapılır. Kopyalama işlemi ise bilginin gideceği saklayıcının “yükle” kontrol ucuna 1 lojik seviye gerilimi uygulanarak gerçekleştirilir (Mano,1993).

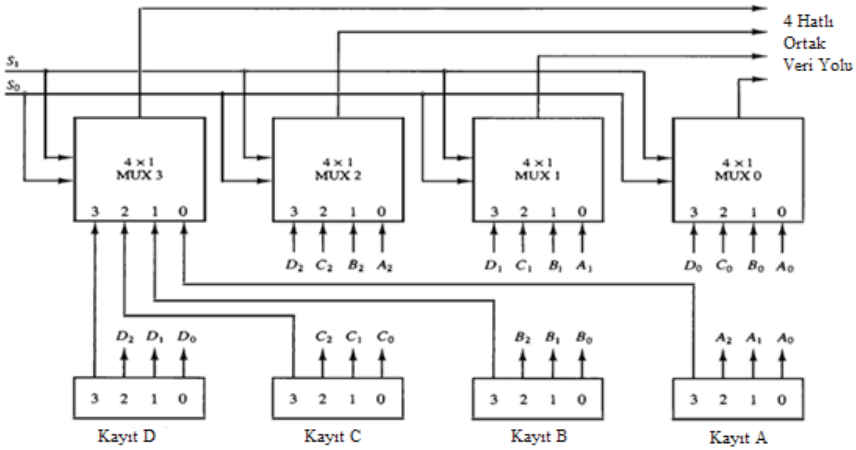
Açıklanan bu işlemler saklayıcı aktarım diliyle bir sayısal sistemin bütün mikro işlemleri yazılabilir. Yazılan bu koda bakarak sistemin kont-

rol devresi basit bir lojik devre ile gerçekleştirilebilir.

2.2. Veri Yolu ve Hafıza Aktarımları

Dijital bir bilgisayarda tüm cihazlar bir veri yolu kullanılarak birbirine bağlanır. Tüm cihazlar, bu veri yolu yollarını, verilerin değiş tokuş edileceği veri yolları olarak kullanacaktır. Bu nedenle, birden fazla cihazı olan bir sistem kuruluyorsa ve her kaydın kendi yol araçlarına sahip olması gerekiyorsa, çok sayıda veri yolu olacaktır. Bu iyi bir tasarım değildir, çünkü her cihaz için bir iletişim yolu sağlamak, veri yolunun çok uzun olduğu durumlarda bilgi alışverişi için geçen sürenin uzun olacağı veya veri yolu yönetiminin çok zor olacağı anlamına gelmektedir. Bu tür sorunlardan kaçınmak için ortak veri yolu yapısı kullanılmaktadır yani tüm kayıtlar arasında kabloları bağlamak yerine ortak bir veri yolu kullanılır (Kumar, 2021).

Bir veri yolu yapısı, bir kaydın her biti için bir tane olmak üzere bir dizi ortak hattın oluşur. Kontrol sinyalleri, her aktarım sırasında veri yolu tarafından hangi kaydın seçildiğini belirler. Ortak bir veri yolu oluşturmak için çoklayıcılar kullanılabilir. Çoklayıcılar, ikili bilgileri daha sonra veri yoluna yerleştirilen kaynak kaydı seçer ve seçim hatları, çoklayıcıların seçim girişlerine bağlanır ve bir kaydın bitlerini seçer. Şekil 4'de 4 kayıt için tasarlanmış veri yolu sistemi sunulmuştur.



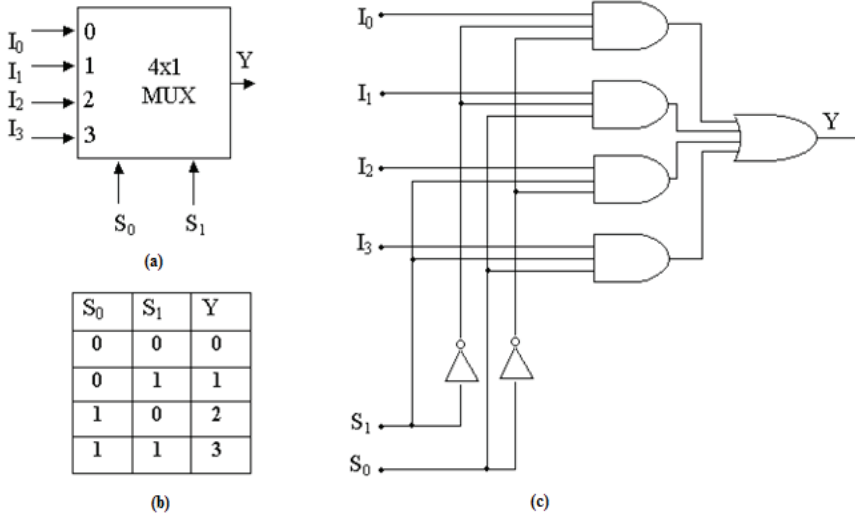
Şekil 4. Dört kayıt için veri yolu sistemi

Şekil 4'de 16 bit verinin 16 sinyali gönderilmek istendiği zaman 16 bit veri yolu hattına sahip bir sistem tasarlanır. Sistemde 16 kayıttan toplam 256 bit veri gönderilmektedir. Bu durumda çoklayıcı kullanılmaktadır. Genel olarak, bir veri yolu sistemi, bir n-hat ortak veri yolu üretmek için her biri n bitlik k kaydı çoğaltır. Bu, n çoklayıcı gerektirir – her bit için bir tane. Her bir çoklayıcının boyutu k x 1 olmalıdır. Gerekli seçme satırı

sayısı $\log k$ 'dir. Veri yolundan bir kayıt defterine bilgi aktarmak için, veri yolu hatları tüm hedef kayıtlarının girişlerine bağlanır ve ilgili yük kontrol hattı etkinleştirilmelidir. Her adımı $BUS \leftarrow C$, $R1 \leftarrow BUS$ olarak sıralamak yerine, veri yolu ima edildiğinden $R1 \leftarrow C$ kullanılmaktadır (Kumar, 2021).

Şekil 4'deki sistemde S_0 ve S_1 olarak adlandırılan 2 seçme sinyali ve 4 bit uzunluğunda 4 kayıt seti vardır. Bu şemada, birinci çoklayıcının ilgili tüm kayıtların ilk bitlerinden girdilere sahip olduğu görülmektedir. Aynı şekilde ikinci çoklayıcı, tüm kayıtların ikinci bitinden gelen tüm girdilere sahip olacaktır. Benzer şekilde, üçüncü ve dördüncü çoklayıcılar, ilgili kayıtlardan üçüncü bit ve dördüncü bit girişine sahip olacaktır (Kumar, 2021).

Şekil 4'deki sistemde iki seçme sinyali dört kombinasyon üretecektir. $(0,0)$, $(0,1)$, $(1,1)$, $(1,0)$ gibi. bu nedenle her seçim sinyali kombinasyonu için çoklayıcının her ilgili biti etkinleştirilecektir. Şekil 5'de Şekil 4'de tasarlanan sistemde 4×1 çoklayıcının nasıl kullanıldığı sunulmuştur.



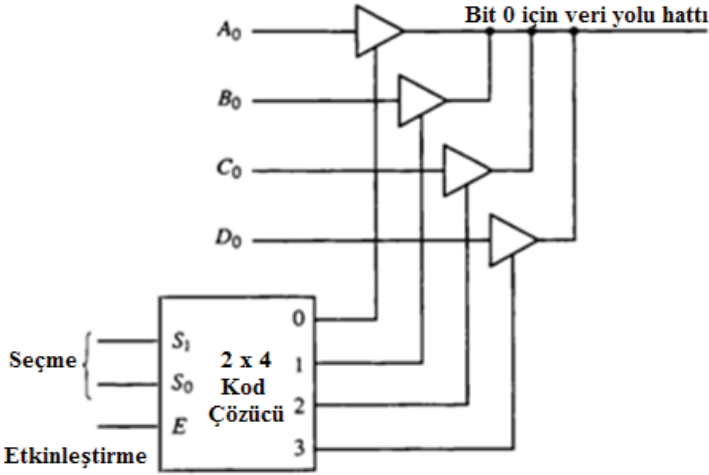
Şekil 5. 4×1 çoklayıcı (a) sembolü (b) fonksiyon tablosu (c) lojik devresi

Sistemde, $R1 \rightarrow R2$ 'den bir veri aktarımının gerçekleştiği ifade edildiğinde, bu doğal olarak $R1 \rightarrow BUS$ ve $BUS \rightarrow R2$ anlamına gelmektedir. Veri yolunun sistemde mevcut olduğu biliniyorsa, BUS değişkeni atlanabilir ve sadece $R1 \rightarrow R2$ yazabilir. Bu, çoklayıcı uygulayarak tek bir veri yolu kullanarak birden çok veri yolunun elde edilmesidir.

a) Üç Durum Kapısı

Veri yolu sistemini oluşturmak için çoklayıcı kullanmak yerine üç durumlu kapılar kullanılabilir. Üç durumlu bir kapı, üç durum

sergileyen bir dijital devredir. Durumlardan ikisi mantık 1 ve 0'a eşdeğer sinyallerdir, üçüncü durum, yüksek empedans durumudur bu, açık devre gibi davranır, yani çıkışın bağlantısı kesilir ve mantıksal bir önemi yoktur. Üç durumlu tampon geçidinin normal bir girişi ve çıkış durumunu belirleyen bir kontrol girişi vardır. Bu nedenle üç durum kapısının davranışı: Kontrol sinyali yüksek durumdaysa, cihaz sağlanan girişe göre 1 veya 0 üretir, kontrol sinyali düşük durumdaysa (== 0) o zaman cihaz yüksek empedans durumundadır. Üç durum «1», «0», «Yüksek Empedans» durumudur. Şekil 6'da bir veri yolu yapısı oluşturmak için nasıl kullanılacağı sunulmuştur.



Şekil 6. Üç durum kapılı veri yolu hattı

Şekil 6'da 2 x 4 kod çözücü kullanılmaktadır. Kod çözücü, giriş sinyallerine dayalı olarak çıkış sinyallerini üretecek bir cihazdır. Etkinleştirmenin yanı sıra seçme sinyallerini kullanarak verilerin kodunu doğal olarak çözmektedir. 2x 4 kod çözücünün doğruluk tablosu Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 2. 2x4 kod çözücü doğruluk tablosu

S0	S1	Bit 3	Bit 2	Bit 1	Bit 0
0	0	0	0	0	1
0	1	0	0	1	0
1	0	0	1	0	0
1	1	1	0	0	0

Doğruluk tablosuna göre, S0 ve S1 seçme sinyallerinin her ikisi de 0'a eşit olduğunda, Bit 0'ın 1 çıkışına sahip olduğunu görülmektedir. Bu

nedenle, Üç durumlu kapı 1 aktif olacak ve A0 sinyali, bit 0 için veri yolu hattına aktarılacaktır. Benzer şekilde S0 ve S1'in her ikisi de 1'e eşit olduğunda, Bit 3'ün 1 çıkışına sahip olduğu görülmektedir. Bu nedenle, üç durum kapısı 4 aktif olacak ve D0 sinyali, bit 0 için veri yolu hattına aktarılacaktır. Paralel veri aktarımı bu şekilde sağlanacaktır. Bu işlemler üç durum kapısının uygulanması sürecidir (Kumar, 2021).

Üç durum kapısı işlemlerine üç durumlu veri yolu arabellekleri denir, çünkü kontrol 1 ile çıkış normal girişe eşittir, kontrol 0 ile kapı yüksek empedans durumuna geçer. Bu, yükleme etkilerini tehlikeye atmadan ortak bir veri yolu hattı oluşturmak için çok sayıda üç durumlu kapı çıkışının kablolarla bağlanmasını sağlar. Dekoderler, herhangi bir zamanda birden fazla kontrol girişinin aktif olmamasını sağlamak için kullanılır. Her biri üç durumlu arabellek kullanan n bitlik dört kayıt için ortak bir veri yolu oluşturmak için, her birinde dört arabellek bulunan n devre gerekir. Dört kayıt arasında seçim yapmak için yalnızca bir kod çözücü gereklidir (Kumar, 2021).

b) Bellek Aktarımı

Bellek Veri Aktarımları okuma işlemi ve yazma işlemi olmak üzere iki türdür. Dolayısıyla bir okuma İşlemi, verilerin bellekten dış dünyaya aktarılması olarak tanımlanabilir. Aktarılmakta olan veriler bit kümesi biçiminde olacaktır. Hafıza kelimesi büyük harf "M" ile temsil edilecektir. Adres kaydı AR ile ve veri kaydını DR ile belirlenmektedir.

Örneğin: READ: DR \leftarrow M[AR]. Bu ifade, belirli AR \rightarrow Adres Kaydı'nda bulunan veri kelimesini hedef kaydı DR \rightarrow Veri Kaydı'na aktarmak için kullanılır.

Yazma işlemi, verinin dış dünyadan belleğe aktarılması olarak tanımlanabilir. Bu işlem aynı zamanda bit kümesi aktarımı olarak da yapılacaktır.

Örneğin: WRITE: M[AR] \leftarrow R1. Bu açıklamada, R1'de bulunan veriler AR \rightarrow Adres Kaydı tarafından temsil edilen Adrese aktarılacaktır. M[AR], belirli bir hafıza konumuna yazılacak verileri temsil eder.

3. Mikro İşlemler

Mikro işlem, kayıtların içinde bulunan ikili veriler üzerinde gerçekleştirilen işlem olarak tanımlanabilir. En yaygın olarak tanımlanan mikro işlemler dört tiptedir:

- Kayıt aktarım mikro işlem: Bir kayıttan diğer kayıta veri aktarımını gerçekleştirir.
- Aritmetik Mikro işlem: Kayıtlarda saklanan ikili veriler üzerinde "Toplama", "Çıkarma" işlemler gerçekleştirir.

- Mantık Mikro işlem: Kayıtlarda saklanan sayısal olmayan veriler üzerinde mantıksal AND, OR, NOT, Karşılaştırmalar gibi işlemleri gerçekleştirir.

- Kaydırma Mikro işlemler: Kayıtlarda saklanan veriler üzerinde sola kaydırma ve sağa kaydırma gibi kaydırma işlemlerini gerçekleştirir.

Önceki bölümde, verileri değiştirmeden kayıttaki veriyi başka bir kayıt defterine aktarmak için Kayıt aktarımlarım dilinin kullanıldığını ifade edilmiştir. Ancak bilgisayar sistemleri yalnızca verileri kopyalamak için değil, aynı zamanda verileri değiştirmek içinde tasarlanmıştır. Kayıt aktarım mikro işlemi, ikili bilgi kaynak kayıttan hedef kayıta geçtiğinde bilgi içeriğini değiştirmez. Diğer üç mikro işlem türü, aktarım sırasında bilgi içeriğini değiştirir (Kumar, 2021).

3.1. Aritmetik Mikro İşlemler

Temel aritmetik mikro işlemler toplama, çıkarma, artırma, azaltma ve kaydırma. Aşağıdaki sözdizimi, bir ekleme mikro işlem:

Örnek: $R3 \leftarrow R1 + R2$

Yukarıdaki sözdiziminde R1 ve R2 kaydının içeriği bazı cihazlar kullanılarak eklenir ve bu eklemeyen elde edilen sonuç R3 kaydında saklanır. Bir çıkarma komutunun gerçekleştirilmesi gerekiyorsa, çoğunlukla tamamlama ve toplama tekniğini kullanacaktır:

Örnek: $R3 \leftarrow R1 + R2' + 1$

Yukarıdaki sözdizimi, (R2, R2'nin 1'e tümleyeninin sembolüdür.) 1'in tümleyenine 1 eklemek, 2'nin tümleyenini üretir. R1'in içeriğini R2'nin 2'nin tümleyenine eklemek, çıkarma işlemine eşdeğerdir. Artırma ve eksiltme mikro işlemleri sırasıyla artı bir ve eksi bir işlemleri ile sembolize edilir. Bu mikro işlemler, kombinasyonel bir devre veya ikili bir yukarı-aşağı sayaç ile gerçekleştirilir. Tablo 3'de gerçekleştirilen farklı mikro işlemler gösterilmektedir.

Tablo3. Aritmetik mikro işlemler

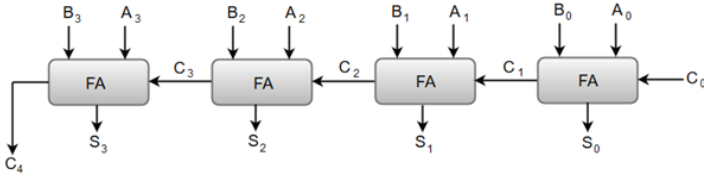
Sembolik Atama	Açıklama
$R3 \leftarrow R1 + R2$	R1 artı R2'nin içeriği R3'e aktarıldı
$R3 \leftarrow R1 - R2$	R1 eksi R2'nin içeriği R3'e aktarıldı
$R2 \leftarrow R2'$	R2'nin içeriğini tamamlayın (1'in tamamlayıcısı)
$R2 \leftarrow R2' + 1$	2'ler R2'nin içeriğini tamamlar
$R3 \leftarrow R1 + R2' + 1$	İkinci sayının 2'nin tümleyeni kullanılarak elde edilen çıkarma işlemi
$R1 \leftarrow R1 + 1$	1 artırma
$R1 \leftarrow R1 - 1$	1 azaltma

Çarpma ve bölme mikro işlemler olarak dahil edilmez. Mikro işlem, bir saat darbesi ile yürütülebilen bir işlemdir. Çarpma ve bölme, bir dizi toplama ve kaydırma mikro işlemleri (çıkarma ve kaydırma) ile gerçekleştirilir.

a) İkili Toplayıcı

İkili toplayıcı, herhangi bir uzunluktaki iki ikili sayının aritmetik toplamını üreten bir dijital devredir. Ekleme mikro işlemini donanımla uygulamak için, verileri tutan kayıtlara ve toplama işlemini gerçekleştiren dijital bileşene ihtiyacımız var. Kademeli olarak bağlanmış tam toplayıcı devreleri ile bir ikili toplama oluşturulur. Bir n bitlik ikili toplayıcı, n adet tam toplayıcı gerektirir. Her bir tam toplayıcının çıktısı taşıması, bir sonraki yüksek dereceli tam toplayıcının giriş taşımasına bağlanır.

4 bit binary adder:

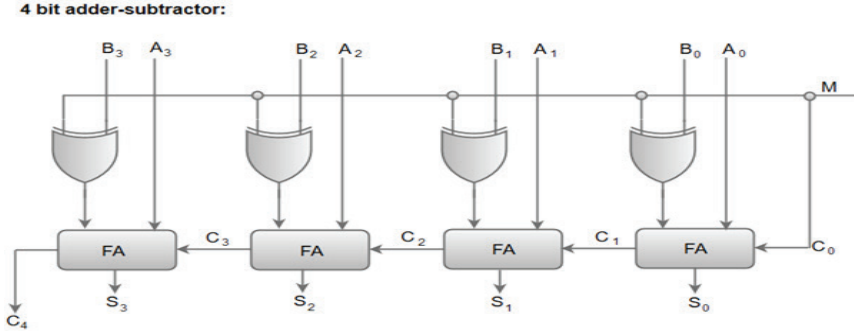


Şekil 7. 4 bit ikili toplayıcı

Şekil 7'de ilk tam toplayıcının başlangıçta bir C_0 taşıma sinyaline sahip olduğunu görülmektedir bundan sonra eklenecek verinin her bir biti devreye bit bit ekleyecektir. Bu iki bit eklenir ve herhangi bir taşıma oluşturulursa, bir sonraki tam toplayıcıya iletilir. Bu nedenle, bir n -bit toplayıcı n tam toplayıcı devrelerine sahip olacaktır.

b) İkili Toplayıcı-Çıkarıcı

İkili toplayıcı ve çıkarıcı, kontrol sinyaline dayalı olarak hem toplama hem de çıkarmanın yapılabildiği özel bir tür ikili toplayıcı devre uygulamasıdır. İkili sayılarda çıkarma işlemi en uygun şekilde tamamlayıcılar aracılığıyla yapılabilir. $A - B$ çıkarma işlemi, B 'nin 2 'nin tümleyeni alınarak ve A 'ya eklenerek yapılabilir. 2 'nin tümleyeni, 1 'in tümleyeni alınarak ve en az anlamlı bit çiftine bir eklenerek elde edilebilir. 1 'in tamamlayıcısı invertörlerle uygulanabilir ve giriş taşıma yoluyla toplama bir tane eklenir. Toplama ve çıkarma işlemleri, her bir tam toplayıcı ile bir XOR geçidi dahil edilerek tek bir ortak devrede birleştirilebilir.

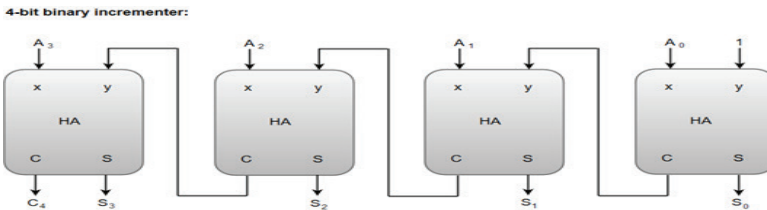


Şekil 8. 4 bit toplayıcı-çıkarcı

Şekil 8’de Yukarıdaki devrede kontrol sinyali $M=0$ ise devre bir toplayıcı devresi olur ve eğer sinyal $M=1$ ise devre 2’nin tümleyen toplamasını kullanarak çıkarmayı hesaplayacaktır. $M=0$ ise, devrede XOR geçitleri aynı giriş olarak çıkışı üretecektir. yani, B_0 sinyali XOR kapısı üzerinden aktarılırsa, diğer giriş 0 ise, XOR tarafından üretilen çıkış yalnızca B_0 sinyali olacaktır. Aynı şekilde, B_1 sinyali XOR sinyalinden geçiyorsa, üretilen çıktı yalnızca B_1 olacaktır. $M=0$ olduğundan, ilk taşıma olan C_0 0 olacağından tüm devre ikili toplayıcı olarak dönüştürülecektir. $M=1$ ise XOR çıktısı 1’in tümleyenini üretecektir, çünkü $M=1$ olduğundan taşıma C_0 da 1’e eşittir. O zaman orijinal hayır’a 2’nin tümleyenini eklersek, bu çıkarma işlemi olacaktır. Bu şekilde M değerine dayanarak hem toplama hem de çıkarma işlemini gerçekleştirebiliriz (Kumar, 2021).

c) İkili Arttırıcı

Artış mikro işlemi, kayıttaki bir sayıya bir ekler. Bu, ikili sayaç kullanılarak uygulanabilir ve sayım etkinleştirme her etkin olduğunda, sayım bir artırılır. Artış belirli bir kayıttan bağımsız olarak gerçekleştirilecekse, kademeli olarak bağlı yarım toplayıcıları kullanır. Bir n bitlik ikili arttırıcı, n adet yarım toplayıcı gerektirir.



Şekil 9. 4 bit ikili arttırıcı

Arttırıcı devrenin amacı, Şekil 9’da olduğu gibi orijinal verilere 1 eklemektir. Bunda ilk yarım toplayıcı 1 olarak bir girişe sahip olacak, ardından bit otomatik olarak mevcut konuma eklenecek ve ardından taşıma sonraki

bit konumuna artırılacaktır.

3.2. Mantık Mikro işlemler

Mantık işlemleri, kayıtlarda saklanan bit dizileri için ikili işlemleri belirtir ve her biti ayrı olarak ele alır. Mantıksal mikro işlemler için VEYA: \vee , VE: \wedge , XOR: \oplus sembolleri kullanılmaktadır.

Örnek: R1 ve R2'nin XOR'u P ile sembolize edilir: $R1 \leftarrow R1 \oplus R2$

Örnek: R1 = 1010 ve R2 = 1100

1010 \rightarrow R1 İçeriği

1100 \rightarrow R2 İçeriği

0110 \rightarrow P = 1'den sonra R1 içeriği

Not: (+) işaretinin iki farklı anlamı vardır: Mantıksal VEYA ve Toplama

+ bir mikro işlemde olduğunda, Toplama

+ bir kontrol işlevindeyken, VEYA

Örnek: $P + Q: R1 \leftarrow R2 + R3, R4 \leftarrow R5 \vee R6$

a) Mantık Mikro İşlemlerin Listesi

Şekil 10'da İki ikili değişken ile gerçekleştirilebilen 16 farklı mantık işlem gösterilmiştir.

x	y	F0	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1
1	0	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1
1	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	1
		Clear	AND	A \wedge B'	A	A' \wedge B	B	A xor B	OR	Nor	XNOR	B'	A \vee B'	A'	A' \vee B	NAND	Set 1

Şekil 10. İki Değişkenli 16 Fonksiyonun Doğruluk Tablosu

16 mantıksal mikro işlem, x değişkenini A kaydının ikili içeriğiyle ve y değişkenini B kaydının ikili içeriğiyle değiştirerek bu işlemlerden türetilir. Şekil 11'de bahse konu olan 16 mantık mikro işlem sunulmuştur.

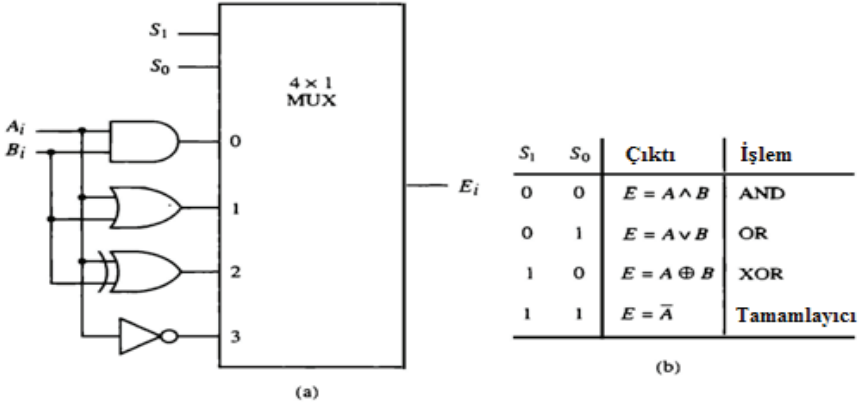
Boole İşlevi	Mikro İşlem
$F_0 = 0$	$F \leftarrow 0$
$F_1 = xy$	$F \leftarrow A \wedge B$
$F_2 = xy'$	$F \leftarrow A \wedge \overline{B}$
$F_3 = x$	$F \leftarrow A$
$F_4 = x'y$	$F \leftarrow \overline{A} \wedge B$
$F_5 = y$	$F \leftarrow B$
$F_6 = x \oplus y$	$F \leftarrow A \oplus B$
$F_7 = x + y$	$F \leftarrow A \vee B$
$F_8 = (x + y)'$	$F \leftarrow \overline{A \vee B}$
$F_9 = (x \oplus y)'$	$F \leftarrow \overline{A \oplus B}$
$F_{10} = y'$	$F \leftarrow \overline{B}$
$F_{11} = x + y'$	$F \leftarrow \overline{A} \vee \overline{B}$
$F_{12} = x'$	$F \leftarrow \overline{A}$
$F_{13} = x' + y$	$F \leftarrow \overline{A} \vee B$
$F_{14} = (xy)'$	$F \leftarrow \overline{A \wedge B}$
$F_{15} = 1$	$F \leftarrow \text{all 1's}$

Şekil 11. Lojik mikro işlemler

Mantıksal mikro işlemlerin donanım uygulamasında ise kayıtlardaki her bit veya bit çifti için mantık kapılarının eklenmesini gerektirir. 16 mikro işlemin tümü dört mantık kapısı kullanılarak elde edilebilmektedir. Mantıksal mikro işlemler, bit değerlerini değiştirmek, bir grup biti silmek veya bir kayıt defterine yeni bit değerleri eklemek için kullanılabilir.

b) Donanım Uygulaması

Mantıksal mikro işlemlerin donanım uygulaması, kayıtlardaki her bit veya bit çifti için mantık kapılarının eklenmesini gerektirir. 16 mikro işlemin tümü dört mantık kapısı kullanılarak elde edilebilir. Önceki bölümlerde ifade edilen mantık işlemlerinin donanım uygulaması, AND, OR, XOR, NOT kapıları gibi ilkel kapılara dayanmaktadır. Kombinasyonları kullanarak veya bir MUX yardımıyla seçme sinyalleri kullanarak elde edilen devre Şekil 12'de sunulmuştur.



Şekil 12. (a) Lojik diyagram, (b) Fonksiyon tablosu

Mantıksal mikro işlemler, bit değerlerini değiştirmek, bir grup biti silmek veya bir kayıt defterine yeni bit değerleri eklemek için kullanılabilir.

3.3. Kaydırma Mikro İşlemler

Seri veri aktarımı için kaydırma mikro işlemleri kullanılır. Ayrıca aritmetik, mantık ve diğer veri işleme işlemleriyle birlikte kullanılırlar. Mantıksal, dairesel ve aritmetik olmak üzere üç tür kayma işlemi vardır. Kaydırma mikro işlemleri için sembolik gösterimi Tablo 4'de sunulmuştur.

Tablo 4. Kaydırma mikro işlem sembolleri

Sembolik Atama	Açıklama
$R \leftarrow \text{shl } R$	Sola kaydır, kayıt R
$R \leftarrow \text{Shr } R$	Sağa kaydır, kayıt R
$R \leftarrow \text{cil } R$	Dairesel kaydırma, kayıt R'den sola
$R \leftarrow \text{cil } R$	Dairesel kaydırma, kayıt R'den sağa
$R \leftarrow \text{ashl } R$	Aritmetik kaydırma kaydırma sola R
$R \leftarrow \text{ashr } R$	Aritmetik kaydırma kaydırma sağa R

Mantıksal kaydırma, seri giriş yoluyla 0'ı aktaran kaydırmadır. shl ve shr sembolleri, bir konum kadar mantıksal sola kaydırma ve sağa kaydırma içindir.

$$R1 \leftarrow \text{shl } R1$$

$$R2 \leftarrow \text{shr } R2$$

Dairesel kaydırma, döndürme işlemi olarak da bilinir, kayıt bitlerini bilgi kaybı olmadan iki uç etrafında dolaştırır cil ve cir sembolleri sola ve sağa dairesel kaydırma içindir

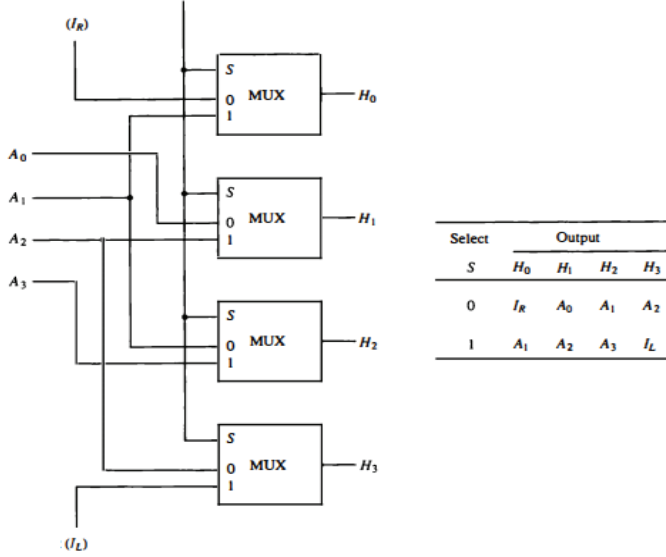
Aritmetik kaydırma, işaretli bir ikili sayıyı sola veya sağa kaydırır. Sola 2 ile çarpmakta, sağa 2 ile bölmektedir. Bit R_{n-1} en soldaki konumda işaret bitini tutar. R_{n-2} , sayının en anlamlı bitidir ve R_0 en az anlamlı bittir. Aritmetik kaydırmalar, Şekil 13'de gösterildiği gibi işaret bitini değiştirmeden bırakmalı ve sayıyı sağa kaydırmalıdır (Kumar, 2021).



Şekil 13. Aritmetik kaydırma işlemi

Aritmetik sola kaydırma, R_0 'a 0 ekler ve diğer tüm bitleri sola kaydırır. R_{n-1} 'in ilk biti kaybolur ve R_{n-2} 'den gelen bit ile değiştirilir. R_{n-1} 'deki bit, kaydırmadan sonra değerinde değişirse, bir işaret tersine çevrilmesi meydana gelir. Çarpma taşmaya neden olursa bu işlem meydana gelir.

Donanım uygulamalarında paralel yüke sahip çift yönlü bir kaydırma ünitesi kullanılabilir. Bu konfigürasyonda iki saat darbesi gereklidir: biri değeri yüklemek ve diğeri kaydırmak içindir. Çok sayıda kaydı olan bir işlemci biriminde, kaydırma işlemini birleşimsel devre ile uygulamak daha verimlidir. Kaydırılacak kaydın içeriği ilk önce ortak bir veri yoluna yerleştirilir ve çıkış kombinasyonel kaydırıcıya bağlanır, kaydırılan sayı daha sonra kayıt defterine geri yüklenir. Bu çoklayıcılarla oluşturulabilir.



Şekil 14. 4 bit kombinasyonel devre kaydırıcı

4 bitlik kaydırıcının A_0 'dan A_3 'e kadar dört veri girişi ve H_0 'dan H_3 'e kadar dört veri çıkışı vardır. Biri sola kaydırma (IL) ve üzerinde gezinme (IR) için iki seri giriş vardır. Seçim girişi $S = 0$ ise, girişlere sağa kaydırılır. $S = 1$, giriş verileri sola kaydırılır. n adet veri girişi ve çıkışı olan bir kaydırıcı, n adet çoklayıcı gerektirir. İki seri giriş, olası üç aktarabilmek için başka bir çoklayıcı kontrol edilebilir.

4.Sonuçlar

Donanım sistemleri, bir kayıt aktarım dilinin sahip olması gereken temel özellikleri belirler. Donanım sistemlerinde birçok işlem aynı anda gerçekleşir. Bu nedenle, paralelliği tanımlamanın doğal bir yoluna sahip olmak önemlidir. Donanım sistemlerin diğer bir özelliği, işlemlerin öz-yinelemeli olmayan doğası ve dikkate alınması gereken zamanlama sorunlarıdır (Barbacci, 1973). Makineler mantıksal olarak her biri bağımsız çalışan donanımsal birimlerden tasarlandığından, birimler arasındaki etkileşimleri hem alt işlemler hem de hiyerarşik ilişkiler ve simetrik ilişkiler olarak gereklidir.

Kayıtlar arasındaki mikro işlem aktarımlarını tanımlamak için kullanılan sembolik gösterimini kayıt aktarım dili olarak tanımladık. Kayıt transferi terimi, belirtilen bir mikro işlemi gerçekleştirebilen ve işlemin sonucunu aynı veya başka bir kayda aktarabilen donanım mantık devrelerinin mevcudiyeti anlamına gelir. Dil sözcüğü, bu terimi programlama dillerine uygulayan programcılardan ödünç alınmıştır. Bu programlama

dili, belirli bir hesaplama sürecini belirtmek için semboller yazmak için bir prosedürdür. Kayıtlarda saklanan veriler üzerinde yürütölen işlemlere mikro işlemler denir. Bir mikro işlem, bir veya daha fazla kayıtta saklanan bilgiler üzerinde gerçekleştirilen temel bir işlemdir.

RTL dili programlama diline benzer, çünkü her ikisi de kayıt atamalarını gerçekleştirir. Donanımın özel yapısı, bu amaç için birçok programlama dilleri kullanılabilse de, en azından özel bir gösterime sahip olmanın yararlı olabileceğini düşündürmektedir. Böyle bir gösterime duyulan temel ihtiyaç, bir sistem bir dilde diğerinden daha kolay tanımlanabilir ve bir gösterim, bilgi üretmek ve iletmek için resmi bir mekanizma sağlamasıdır. Ana motivasyon şudur: Algoritmalar, uygun kontrol yapılarının basit veya kolayca ifade edilebilir olduğu bir dilde tanımlanırsa, karmaşıklık azalır ve netlik belirgin derecede artar (Barbacci, 1973).

5.Kaynaklar

- Barbacci, M.R. (1973). A comparison of register transfer languages for describing computers and digital systems, School of Computer Science.
- Kumar, G.N. (2021). *Computer Organization Notes*, CSE, VITA.
- Mano, M.M. (1993). *Computer System*, (3. Baskı), Prentice Hall, New Jersey.
- Mano, M.M. and Kime, C.R. (2000). *Logic and Computer Design and Fundamentals*, Prentice Hall, New Jersey.
- Okutan, A. (2019). *Bilgisayar Mühendisliğine Giriş*, (7. Bas., Böl.12), İstanbul: Papatya Yayıncılık Eğitim
- Stallings, W. (2010). *Computer Organization And Architecture Designing For Performance*, (8th), Pearson Education, Inc., Upper Saddle River, New Jersey.

Bölüm 5

KRİSTALİN MERMER TANE BOYUTLARI ÖLÇEK ÇALIŞMASI VE AFRODİSİAS ANTİK KENTİ KRİSTALİN MERMERLERİ İLE KARŞILAŞTIRILMASI

Dr. Ramazan Hacimustafaoğlu¹

¹ Ramazan Hacimustafaoğlu, Dr., Dokuz Eylül Üniversitesi Torbalı Meslek Yüksekokulu, Doğal Yapı Taşları Teknolojisi Programı,

ORCID:0000-0002-2054-6559

Afrodiasias, Hierapolis ve Sagalassos antik kentlerinde kullanılan doğal taşların kökeni ve bunların petro-kimyasal ve fiziko-mekanik özelliklerinin incelenmesi, Batı Anadolu (Doktora tezinden Düzenlenmiştir.)

Yazar:RAMAZAN HACIMUSTAFAOĞLU

Danışman: PROF. DR. FUZULİ YAĞMURLU

Yer Bilgisi: Süleyman Demirel Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Jeoloji

Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Konu:Jeoloji Mühendisliği = Dizin:Afrodiasias = Hierapolis; Sagalassos

1.Giriş

Doğal taşların kayatomisinde en önemli parametrelerden biri kristal boyutudur. Bu özellik, mermer sektöründe önemli bir yer tutan kristalin mermerlerin tercih edilmesinde birinci derecede etkin unsundur. Kristalin mermerlerin fiziko-mekanik karakterlerini etkilemesinin yanısıra, kalite, kesme ve işleme süreci, fiyat, uygulama alanı seçimi, satış ve pazarlama gibi değerlendirme aşamalarını belirleyici faktördür.

Kristalin mermerlerin tane boyutları ile ilgili literatürde yapılmış çalışmalar olmasına rağmen, kristal boyutları ve aralıkları için referans alınacak standart bir sınıflama mevcut değildir. TS EN 12407 doğal taşlar deney metodları petrografik inceleme standardında makroskobik olarak tane büyüklüğü iri, orta, ince olarak belirtilmiş olsa da özellikle kristalin mermerlerin ince kesitleri üzerinden hangi metrik aralıklarda referans olarak kullanılabilir bir skala yoktur. Bu açıdan yapılan çalışmalarda kristalin mermerlerin tane boyutları için referans edilecek bir ölçü standardı kullanılmamaktadır. Aynı mermer veya benzer mermer türleri için verilen kristal boyutları farklı tane boyut aralıklarında ve tane boyut sınıflarında değerlendirilmektedir. Bu bağlamda yapılmış bazı çalışmalar: Çok ince kristal <50 µm, ince kristal 50-100 µm, orta kristal 100-1000 µm, iri kristal >1000 (Bozkurt,1989), ince kristal <1mm, orta kristal 1mm-5mm, iri kristal >5mm-1-2cm (Köktürk,1991), ince kristal 218 µm-1.289 mm Muğal şeker (Çelik vd.,1992), ince kristal 0,6-1.2 mm Yatağan-Kestane-cik-Kozağaç (Kuşçu,1992), ince-orta kristal 0.5-5mm Menderes masifi mermerleri (Kun vd. 1999),orta kristal Yatağan beyaz 0.8-2 mm (Bacakoğlu ve Çalapkulu,1999), orta kristal 22-769 µm Muğla mermerleri (Yavuz, 2002), 0.64-4.04 mm maksimum tane boyutu Aphrodisias mermerleri (Rockwell,1996 ve Lazzarini, 2002),orta kristal 172-424µm Göktepe beyaz/ Muğla, ince kristal 59-119µm Göktepe siyah (Yavuz,2011),ince kristal 0-1 mm Yatağan (Muğla beyaz) (Çelik, 2004), ince kristal 1-5 mm Uşak mermerleri (Çelik, 2012), sıfır kristal <100µm, Afyon beyaz, ince kristal 100-2000 µm Muğla-Milas mermeri (Milas Avrupa beyaz), orta kristal 2-5mm Mustafa Kemal beyazı, iri kristal >5mm Kırşehir beyazı (Kun, 2013) (Çizelge.3). Kristalin mermerlerde tane boyutu aralığı ve tane boyut sınıfını belirlemek ve standartlaştırmak için öncelikle makro özellikleri bakımından ince, orta ve iri taneli niteliğe referans olan Batı Anadolu'da bilinen kristalin mermer örnekleri belirlenmiştir. Seçilen örnekler, Afyon beyaz, Bursa Mustafa Kemal Paşa beyaz, Balıkesir Marmara beyaz-grili, Muğla Yatağan beyaz, Denizli Çal kabalar beyaz-füme, Aydın Karacasu beyaz, Uşak Karahallı beyaz-pembe ve Balıkesir Manyas beyaz mermerleridir. Karşılaştırma yapmak ve tane boyut aralığı ve sınıfını belirlemek için Aphrodisias antik kentinde kullanılan kristalin mermerleri örneklendirilmiştir (Şekil.1).

Polarizan mikroskop ile mermer örnekleri ince kesitlerinin detaylı pet-

rografik ve mineralojik analizleri yapılmıştır. Dokusal benzerlikler ve farklılıklar belirlenmiştir. Kristal tane boyut ölçümleri için bilgisayarlı görüntülü analiz metodu kullanılmıştır. İnce kesitlerin digital fotoğrafları programa aktarılarak tüm mermerlerin ortalama 500 boyut ölçüsü kullanılarak ortalama ve maksimum kristal boyutları belirlenmiştir. Araştırma sonucunda elde edilen temel bulgular; Seçilen referans mermerlerin ortalama tane boyutları (OTB- μm): Afyon beyaz 212.1, Bursa Mustafa Kemal Paşa beyaz 257.8, Balıkesir Marmara beyaz-gri 306.5, Muğla Yatağan beyaz 470.9, Denizli Çal Kabalar beyaz-füme 494, Aydın Karacasu beyaz mermer 530, Uşak Karahallı beyaz-pembe 572, Balıkesir Manyas beyaz 2150 μm ' dir. Maksimum tane boyutları ise 433 μm ile 1cm arasında değişmektedir (Çizelge 2). Mermerlerin makro ve ince kesit verileri karşılaştırıldığında Afyon beyazı ince kristalli, Manyas beyaz iri kristalli, diğer referans mermerler ise orta kristallidir. Afyon beyaz mermeri kristal boyut dağılımı equigranular (eş taneli), poligonol (kristal sınır geometrisi) ve euhedral (kristal şekli) kalsit kristallerin yaygın olarak gözlendiği doku karakterindedir. Diğer mermerlerin tamamında inequigranular (farklı boyut taneli), interlobate (sütürlü sınırlar) ve subhedral (yarı öz şekilli kristaller yaygın)) doku özelliği hakimdir. Aphrodisias kristalin mermerlerinin ortalama tane boyutları, 213.705 μm ile 575.38 μm arasında ve maksimum tane boyut ölçüleri ise 536.27 μm ile 1116.37 μm aralığında değişmektedir (Çizelge 7).



Şekil.1 Aphrodisias ve referans mermer örnekleri lokasyon haritası.

Sadece A10 mermer örneğinde tane boyut dağılımı seriate (ince orta iri boyutlu kristallerin biraradalığı) olarak gözlenirken diğer mermerlerde inequigranular özelliktedir. Kristal sınır geometrileri interlobate, kristal şekilleri ise subhedral>unhedral şeklinde olup, yarı özşekilli kalsit kristalleri daha yaygın gözlenmektedir. Aphrodisias kristalin mermerlerinin makro, minero-petrografik özellikleri ve ölçülen kristal boyutları birlikte değerlendirildiğinde, ince ve orta kristalli mermerlerdir. Referans kristalin mermerlerin tane boyutları ile karşılaştırıldığında, üç mermer türü ince kristalli Afyon beyaz ile yaklaşık aynı tane boyutundadır. Manyas beyazı kristal boyutunda Aphrodisias'da kullanılan mermer türü saptanmamıştır. Aphrodisiasdaki 5 mermer türü orta kristalli mermerler olup, referans mermerlerin 250-1000 µm arasında kristal boyutuna sahip türleri ile aynı aralıkta yer almaktadır. Araştırmanın ana bulgularının ortaya çıkardığı temel sonuçlar; Kristalin mermerleri özellikle tane boyutu ve minero-petrografik özellikleri bakımından birbirinden ayırma ve köken saptanmasında belirleyici parametrelerdir. Referans kristalin mermerlerin ölçülen tane boyut verileri kullanılarak, kristalin mermerler için standart bir tane boyut skalası oluşturmak mümkündür. Bu amaçla, kristal boyutu 250 µm'den küçük ince kristal, 250-1000 µm arasında orta ve 1000 µm'den büyük ise iri kristalli mermer şeklinde üç aşamalı kristalin mermerler için tane boyut skalası oluşturulmuştur (Tablo.4). Skalaya göre, Afyon beyaz ince kristalli, Manyas beyazı iri kristalli, Bursa Mustafa Kemal Paşa beyaz, Balıkesir Marmara beyaz-gri, Muğla Yatağan beyaz, Denizli Çal Kabalar beyaz-füme, Aydın Karacasu beyaz, Uşak Karahallı beyaz-pembe mermerleri orta kristalli mermerlerdir (Çizelge.5). Aphrodisias antik kentinde kullanılan kristalin mermerler önerilen skalaya göre, ince ve orta taneli olup, iri kristalli mermer türü bulunmamaktadır. A1, A2, A10 Aphrodisias mermer türleri kristal boyutu açısından referans mermerlerin Afyon beyaz örneği ile yaklaşık aynı tane boyuta sahip ince kristallidir. A3,A4,A6,A7,A9 ise iri kristalli Manyas beyazı hariç, diğer referans mermerleri ile aynı tane boyut aralığında yer alan orta kristalli mermer türleridir.

2. Metodoloji

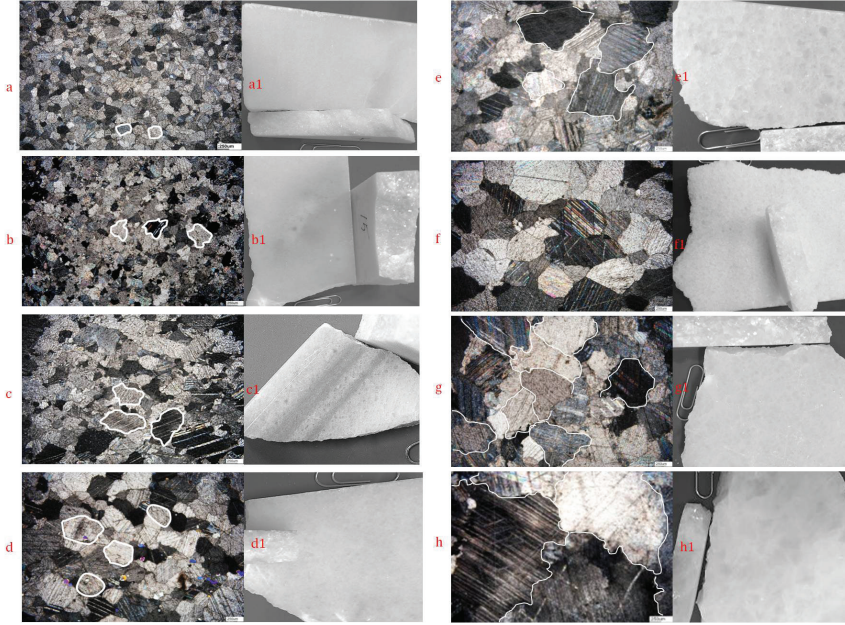
Afrodisias antik kentinde kullanılan mermerlerin ve Batı Anadolu bilenen özellikle monokromatik referans kristalin mermer türlerinin petrografik karakterlerini ve tane boyutları belirlemek için alınan her bir örnekten farklı yönlerde 4 adet ince kesit yapılmıştır. Olympus-Bx41TF polarizan mikroskop kullanılarak örneklerin detaylı petrografik analizleri yapılmıştır. Mikroskoba entegre digital fotoğraf makinesi ile ince kesitler fotoğflanmıştır. Tane boyut ölçümleri için TCA-300 mikroskop kamera entegreli software view 7 bilgisayarlı görüntülü analiz yöntemi kullanılmıştır. Mermer örneklerinden ortalama 500 tane boyut ölçümü yapılmıştır. Afrodisias ve referans kristalin mermerlerin ortalama ve maksimum tane boyutları

belirlenmiştir. Daha sonra referans mermerlerin, ortalama kristal boyutları kullanılarak ince, orta ve iri kristal olmak üzere sınıflandırılmış ve kristalin mermerler için tane boyut skalası oluşturulmuştur. Afrodisias mermerleri referans kristalin mermerler ile karşılaştırılarak, Afrodisias mermerlerinin kristal boyut sınıfı belirlenmiştir.

3.Bulgular

Referans Kristalin Mermerlerinin Petrografik Özellikleri

Petrografik analiz ve kristal boyut ölçümleri için seçilen, Afyon beyaz, Bursa Mustafa Kemal Paşa beyaz, Balıkesir Marmara beyaz-grili, Muğla Yatağan beyaz, Denizli Çal kabalar beyaz-füme, Aydın Karacasu beyaz, Uşak Karahallı beyaz-pembe ve Balıkesir Manyas beyaz ve Afrodisias antik kenti mermerleri, metamorfik köken gruba ait dominant minerali kalsit olan temelde monomineralik, az oranda aksesuar minerali olarak kuvarşın bulunduğu kristalin mermer cinsi doğal taşlardır. Ağırlıklı monokromatik beyaz renkli olan bu mermerlerin, bazı örneklerinde gri damarlar ve pembe renkli düzeyler gözlenmekte olup, polikromatik özelliktedir. Kristalin mermer örneklerinin makroskobik gözleminde, Afyon beyaz ince, Manyas beyaz iri, diğer mermerler ise orta kristalli olarak saptanmıştır. İnce kesit analizlerinde referans mermerler, granoblastik (GB) ve heteroblastik (HB) genel doku tipinde olup, bir örnek equigranular (eş tane boyut) ve diğer örnekler inequigranular (farklı tane boyutu) kristal boyut dağılımı göstermektedir. Kristal sınır geometrisi açısından poligonal ve interlobate olmak üzere iki tür belirlenmiştir. Referans kristalin mermerlerin beş tane örneği subhedral>anhedral karakterinde kristal şekli dağılımı gösterirken, üç tanesi euhedral>subhedral özelliğindedir. Ana bileşen olan kalsit kristalleri polisentetik ikizlenme ve deformasyon ikizleri göstermektedir. Bazı örneklerde de yönelme gözlenmektedir. 120 derecelik (triple point) tane sınırları bazı örneklerde yaygın ve net gözlenmekle birlikte, bazı örneklerde de yaygın sapmalar mevcuttur. Referans kristalin mermerlerin makro ve ince kesit görüntüleri (Şekil.2) Minero-petrografik özellikleri (Çizelge.1).



Şekil.2 Referans kristalin mermerlerin ince kesit mikrofotografaları ve doğal örnekleri.(ince kesitler $N+$ ve ölçek :250 μ m). Afyon beyaz (a,a1),Bursa Mustafa Kemal Paşa beyaz (b,b1),Balıkesir Marmara beyaz-gri (c-c1),Muğla Yatağan beyaz (d,d1), Denizli Çal beyaz-füme (e,e1), Aydın Karacasu beyaz(f,f1), Uşak Karahallı beyaz-pembe (h,h1), Balıkesir Manyas beyaz (g,g1).

Çizelge. 1 Batı Anadolu referans mermerlerin mikro petrografik özellikleri

Mermer	Krital boyut dağılımı	Kristal sınır geometrisi	Kristal şekli	Doku tipi	Doku: sıklıkla görülen özellikler
Afyon beyaz	Equigranular	poligonal	euhedral> subhedral	GB	Monomineralik, kalsitlerde polisentetik ikizlenme, 120° lik (triple points) açı yaygın, monokromatik, ince kristalli
Bursa Mustafa Kemal Paşa beyaz	Inequigranular	interlobate	subhedral> anhedral	HB	Monomineralik,polisentetik ikizlenme, kristallerde yönelme, deformasyon ikizleri, 120° lik (triple points) açıdan yaygın sapma monokromatik, orta kristal
Balıkesir Marmara beyaz-gri mermer	Inequigranular	interlobate	subhedral> anhedral	HB	Monomineralik,polisentetik ikizlenme, kalın lameller, kristallerde yönelme, deformasyon ikizleri, 120° lik (triple points) açılar az, kuvars minerali az, polikromatik (beyaz/gri renkli bantlar orta kristal

Muğla Yatağan beyaz	Ineugranular	poligonal	euhedral> subhedral	HB	Monomineralik, yaygın polisentetik ikizlenme, kristallerde yönelme yok, 120° lik (triple points) açılı yaygın, belirgin saçınmış kuvars minerali, monokromatik, orta kristal
Denizli Çal Kabalar beyaz- füme	Ineugranular	interlobate	subhedral> anhedral	HB	Monomineralik, yaygın polisentetik ikizlenme, kristallerde yönelme yok, 120° lik (triple points) açılı yaygın, belirgin saçınmış kuvars minerali, monokromatik, orta kristal
Aydın Karacasu beyaz	Ineugranular	poligonal	euhedral> subhedral	GB	Monomineralik, yaygın polisentetik ikizlenme, kristallerde yönelme yok, 120° lik (triple points) açılı baskın, monokromatik, orta kristal
Uşak Karahallı beyaz- pembe	Ineugranular	interlobate	subhedral> anhedral	HB	Monomineralik, polisentetik ikizlenme, kalın lameller, kristallerde yönelme, deformasyon ikizleri, 120° lik (triple points) açılı az, polikromatik (beyaz/pembe düzeyler, orta kristal
Balıkesir Manyas beyaz	Ineugranular	interlobate	subhedral> anhedral	HB	Monomineralik, yaygın polisentetik ikizlenme, kalın lameller, kristallerde yönelme, deformasyon ikizleri, 120° lik (triple points) açılı yaygın sapma, monokromatik, iri kristal

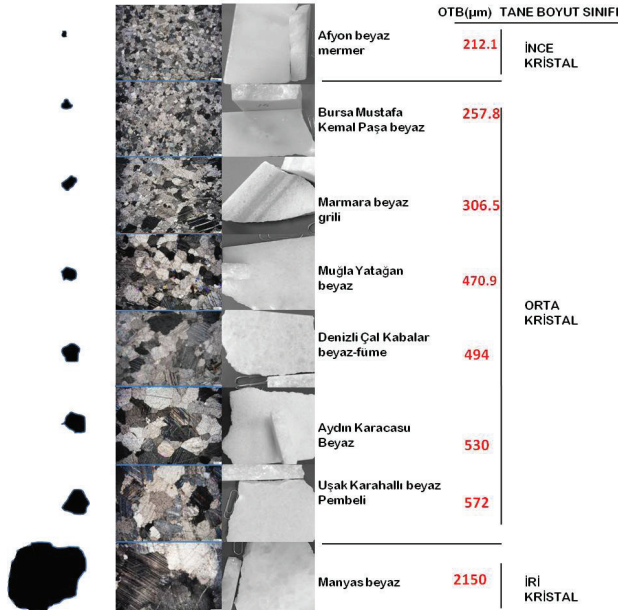
Referans Kristalin Mermerlerinin Kristal Boyutu Ve Sınıfı

Referans kristalin mermerlerin ortalama tane boyut ve maksimum tane boyut ölçüleri, her bir örnekten dört adet ince kesitin mikrofotograf görüntüleri kullanılarak, bilgisayarlı görüntülü analiz yöntemi ile belirlenmiştir. Tane boyutları için ortalama 500 ölçü değeri kullanılmıştır. Yapılan ölçümler sonucunda, Afyon beyaz mermerinin ortalama tane boyutu (OTB), 212.1 μm maksimum tane boyutu (MTB) ise 433 μm olarak örnekler içerisinde en ince kristal boyut ölçüsü olarak saptanmıştır. Ortalama tane boyutu 2150 μm ve maksimum tane boyutu ise 1 cm ölçülen Balıkesir Manyas beyaz mermeri en iri kristalli mermer cinsi olarak tespit edilmiştir. Batı Anadolu referans kristalin mermerlerinin tane boyut ölçüleri (Çizelge.2)'de verilmiştir.

Çizelge.2 Referans kristalin mermerlerin tane boyut ölçüleri.

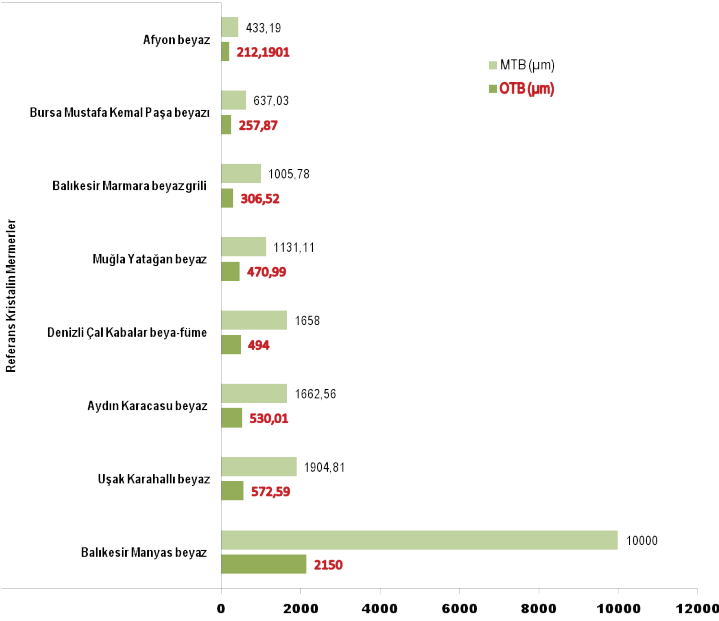
Referans mermer örnekleri	Tane boyutları	
	OTB μm	MTB μm
Afyon beyaz mermer	212.1	433
Bursa Mustafa Kemal Paşa beyaz mermer	257.8	637
Balıkesir Marmara beyaz-gri mermer	306.5	1005
Muğla Yatağan beyaz mermer	470.9	1131
Denizli Çal Kabalar beyaz-füme mermer	494	1658
Aydın Karacasu beyaz mermer	530	1662
Uşak Karahallı beyaz-pembe mermer	572	1904
Balıkesir Manyas beyaz mermer	2150	1cm

Kristalin mermerlerin makroskobik, mikroskobik ve ölçülen tane boyut verileri bir arada değerlendirilerek, mermerler için tane boyut değişim tablosu karşılaştırması (Şekil.3)'te verilmiştir. Referans mermerlerde ölçülen ortalama tane boyutu değerleri Afyon beyaz mermeri için ince kristal Manyas mermeri için iri kristal diğer örnekler için ise orta kristal şeklinde bir sınıflandırma belirlenmektedir. Mermer örneklerinin makro ve mikroskobik verileri kristal boyutu sınıflamasını destekleyici niteliktedir.



Şekil. 3 Referans kristalin mermerlerin makro-mikroskobik ve tane boyut karşılaştırması.

Referans Kristalin Mermerler Tane Boyutları



Şekil. 4 Referans kristalin mermerlerin kristal boyut karşılaştırma grafiği.

Değişik araştırmacılar tarafından kristalin mermerlerinin tane boyut sınıfı ve aralığı konusunda literatürde farklı değerlendirmeler mevcuttur (Çizelge.3). Metamorfik köken gruba ait aynı veya benzer mermer türleri için kristal boyut aralıkları ve kristal boyut sınıflandırmasında bir uyumluluk gözlenmemektedir. Aslında, kristalin mermerlerin tane boyut sınıfı ve aralık değerler için referans bir sınıflama mevcut değildir. TS EN 12407 Doğal Taşlar Deney Metodları Petrografik İnceleme Standardında (TS EN, 2002) tane boyutları için ince, orta ve iri taneli tanımlaması yapılmış olsa da, kristalin mermerler için hangi referans değerler ve hangi kristal boyut sınıfında yer alması noktasında bir standart belirtilmemiştir.

Çizelge.3 Kristalin mermer tane boyutları için sınıflama ve literatürdeki bazı değerler.

Kristal boyut sınıfı	Kristal boyut aralığı	Referans mermerler	Kaynak
Çok ince kristal	<50 µm	yok	Bozkurt,1989
0 kristal	<100 µm	Afyon beyaz	Kun,2013

İnce kristal	50-100 μm	yok	Bozkurt,1989
	59-119 μm	Göktepe siyah	Yavuz,2011
	0,6-1.2 mm	Yatağan-Kestanecik-Kozağaç	Kuşçu,1992
	218 μm -1.289 mm	Muğla Şeker	Çelik, M.Y vd.,2011
	0-1 mm ve <1mm	Yatağan (Muğla beyaz)	Çelik, M.Y., 2004
	<1mm	yok	Köktürk,1991
	1-5 mm	Uşak mermerleri	Çelik, M.Y., 2012
	100-2000 μm	Muğla-Milas mermeri(Milas Avr.beyaz)	Kun,2013
Orta kristal	0.5-5mm	Menderes masifi mermerleri (ince-orta)	Kun,Güngör,Erdoğan,1999
	100-1000 μm	yok	Bozkurt,1989
	0.8-2 mm	Yatağan	Bacakoğlu(Türkmen) ve Çalapkulu,1999
	2-5mm	Mustafa Kemal beyazı	Kun,2013
	1mm-5mm	yok	Köktürk,1991
	172-424 μm 175-375 μm	Göktepe beyaz/Muğla Göktepe gri	Yavuz,2011
	22-769 μm	Muğla mermerleri	Yavuz,2002
	0.64-4.04mm (MGS)	Afrodisis mermerleri	Rockwell,1996,Lazarini,2002
İri kristal	0.06-1.2mm	Yatağan (iri-Orta)	Uz ve Özdamar,1999
	>1000	yok	Bozkurt,1989
	>5mm	Kırşehir beyazı	Kun,2013
	>5mm-1-2cm	yok	Köktürk,1991

Kristalin mermerlerin tane boyut sınıfı ve boyut aralığı konusunda literatürdeki mevcut değerlendirmeler ve çalışma kapsamında referans kristalin mermerlerin petrografik incelemeleri ve tane boyut ölçümleri sonucunda elde edilen veriler dikkate alınarak bu konuda bir standart oluşturmaya yönelik tane boyut skalası önerilmiştir (Çizelge.4). Referans kristalin mermerler, önerilen skalaya göre tanımlanmıştır. Afyon beyaz mermerinin tane boyutu 100-250 μm aralığında yer aldığı için ince kristal, Manyas beyazı >1000 μm den büyük tane boyutuna sahip olduğu için iri kristal sınıfında belirlenmiştir. Diğer kristalin mermerlerin tane boyutları 250-1000 μm aralığında orta kristal sınıfında yer alır (Çizelge. 5).

Çizelge. 4 Kristalin mermerler için önerilen tane boyut skalası.

Kristal boyut aralığı (μm)	Kristal boyut sınıfı
100-250	İnce kristal
250-1000	Orta kristal
>1000	İri kristal

Çizelge.5 Önerilen tane boyut skalasına göre referans mermerlerin sınıflandırma tablosu

Ölçü referans mermerler	OTB μm	Kristal boyut aralığı (μm)	Kristal boyut sınıfı
Afyon beyaz mermeri	212.1	100-250	İnce kristal
Bursa Mustafa Kemal Paşa beyaz mermeri	257.8	250-1000	Orta kristal
Balıkesir Marmara beyaz-gri mermer	306.5		
Muğla Yatağan beyaz mermeri	470.9		
Denizli Çal Kabalar Beyaz-füme mermeri	494		
Aydın Karacasu beyaz mermeri	530		
Uşak Karahallı beyaz-pembe mermeri	572		
Balıkesir Manyas beyaz mermeri	2150	>1000	İri kristal

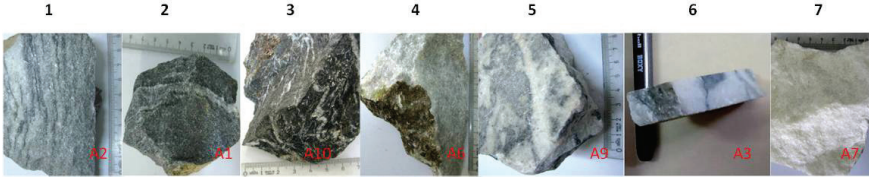
Aphrodisias Kristalin Mermerleri Petrografik Özellikleri

Afrodisias kentinde kullanılan mermerler metamorfik köken grup, kristalin mermerlerdir. Beyaz, beyaz gri, grimsi siyah renkli olan mermerler çoğunlukla polikromatiktir. Makro özelliklerinde şisti yapı gösteren türleri mevcut olup ince ve orta kristalli olarak gözlenmektedir. Temel özellikleri bakımından Afrodisias antik kentinde kullanılan mermerlerin sınıfları (Çizelge.6).

Çizelge.6 Afrodisias kristalin mermerlerinin sınıflandırılması

	Doğaltaş Köken Grubu	Doğaltaş Cinsi	Doğaltaş Türü
1	Metamorfik grup	Mermer	İnce kristalli açık gri- grimsi siyah banth şisti mermer
2	Metamorfik grup	Mermer	İnce kristalli grimsi –siyah kalsit damarlı mermer

3	Metamorfik grup	Mermer	İnce kristalli siyah- kalsit damarlı mermer
4	Metamorfik grup	Mermer	Orta kristalli açık gri mermer
5	Metamorfik grup	Mermer	Orta kristalli beyaz gri mermer
6	Metamorfik grup	Mermer	Orta kristalli beyaz –grimsi damarlı mermer
7	Metamorfik grup	Mermer	Orta kristalli beyaz mermer



Afrodiasias antik kenti mermerlerinin ince kesitleri üzerinde yapılan detaylı incelemelerde, genel doku tipi heteroblastik olarak gözlenmektedir. Mineral parajenezinde dominant olarak kalsit mineralinin olduğu mermerlerde, aksesuar olarak kuvars, daha az oranda muskovit, dolomit ve amfibol mineralleri gözlenmektedir. Inequigranular (farklı tane boyutu) ve seriate (her boyutta tane) biçiminde iki tip kristal boyut dağılımı gösteren mermerlerde, kristal sınır geometrisi tüm örneklerde interlobate (sutürlü kristal sınırları) şeklindedir. A10 mermer örneğinde seriate diğerlerinde ise inequigranular tip saptanmıştır. Tüm mermerlerin dokusunda kristallerin şekilleri subhedral>unhedral şeklinde olup yarı öz şekilli kalsit mineralleri daha yaygındır. Kristaller arasında 120⁰ lik açılar (triple point) çoğunlukla gözlenmemektedir. Polisentetik ikizlenme, deformasyon ikizleri, kristallerde yönlenme ve bozulmalar kalsit kristallerinde sıklıkla görülen özelliklerdir (Şekil.5), (Çizelge.7).



Şekil.5 Aphrodisias kristalin mermerlerin doğal örnekleri ve ince kesit mikrofotoğrafları.(ince kesitler N+ ve ölçek :250 µm). İnce kristalli açık grimsi siyah bantlı şisti mermer / A2 (a,a1), İnce kristalli grimsi –siyah kalsit damarlı mermer / A1 (b,b1), İnce kristalli siyah- kalsit damarlı mermer /A10 (c-c1), Orta kristalli açık gri mermer /A6 (d,d1), Orta kristalli beyaz gri mermer / A9 (e,e1), Orta kristalli beyaz –grimsi damarlı mermer /A3 (f,f1), Orta kristalli beyaz mermer /A7(g,g1).

Çizelge.7 Aphrodisias antik kenti kristalin mermerlerin minero-petrografik özellikleri

Mermer	Krital boyut dağılımı	Kristal sınır geometrisi	Kristal şekli	Doku tipi	Doku: sıklıkla görülen özellikler
A2	Inequigranular	interlobate	subhedral>anhedral	HB	Monomineralik, şisti yapı, grimsi-siyah renkli bantlar, kalsitlerde polisentetik ikizlenme, kristallerde yönelme,deformasyon ikizleri, 120° lik (triple points) açılar çok yaygın değil, kuvars, dolomit, amfibol az, polikromatik, ince kristal
A1	Inequigranular	interlobate	subhedral>anhedral	HB	Monomineralik, polisentetik ikizlenme, kristallerde yönelme, deformasyon ikizleri, 120° lik (triple points) açılardan yaygın sapma monokromatik, ince kristal

A10	Seriate	interlobate	subhedral> anhedral	HB	Polimineralik,polisentetik ikizlenme, kristallerde yönlenme, bozulma, deformasyon ikizleri, 120° lik (triple points) açılar çok az, saçınmış belirgin kuvars minerali, çok az mika(muskovit) polikromatik (siyah/beyaz renkli deforme kalsit damarları,ince kristal
A6	Inequigranular	interlobate	subhedral> anhedral	HB	Monomineralik, yaygın polisentetik ikizlenme, deformasyon ikizleri, kristallerde yönlenme,120° lik (triple points) açısı az, saçınmış az kuvars minerali,monokromatik, orta kristal
A9	Inequigranular	interlobate	subhedral> anhedral	HB	Monomineralik, polisentetik ikizlenme, deformasyon ikizleri, kristallerde yönlenme,120° lik (triple points) açısı az, saçınmış kuvars minerali,dolomitik zonlar, az mika, beyaz-gri,polikromatik, orta kristal
A3	Inequigranular	interlobate	subhedral> anhedral	HB	Monomineralik, polisentetik ikizlenme, kalın lameller, deformasyon ikizleri, kristallerde yönlenme ve bozulma,120° lik (triple points) açısı az, saçınmış az kuvars minerali,beyaz-grimsi damarlı, polikromatik, orta kristal
A7 -A4	Inequigranular	interlobate	subhedral> anhedral	HB	Monomineralik, polisentetik ikizlenme, kalın lameller, deformasyon ikizleri, kristallerde yönlenme ve bozulma,120° lik (triple points) açısı az, beyaz renkli monokromatik, orta kristal

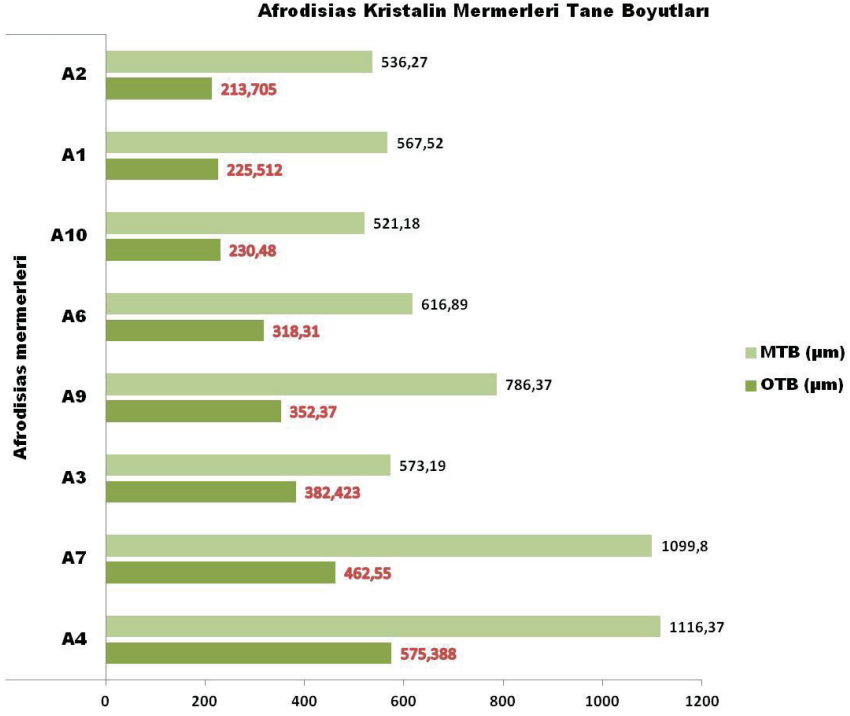
Aphrodisias Antik Kenti Mermerlerinin Tane Boyutları

Afrodisias kristalin mermerlerin ortalama tane boyutları 213.705 µm ile 575.38 µm arasında ve maksimum tane boyut ölçüleri ise 536.27 µm ile 1116.37 µm aralığında değişmektedir. Açık gri-grimsi siyah bantlı şisti mermer(A2), grimsi-siyah renkli beyaz kalsit damarlı mermer (A1), siyah renkli beyaz kalsit damarlı mermer (A10) Afrodisias mermer türleri tablo 4'te önerilen ortalama tane boyutları skalasına göre ince taneli mermerlerdir. Açık gri renkli mermer (A6), beyaz gri mermer (A9), beyaz grimsi damarlı mermer (A3) ve Beyaz renkli mermerler (A4-A7) Çizelge.4' te önerilen skalaya göre orta kristalli mermerlerdir. Afrodisias kristalin mermerlerinin tane boyut ölçüleri (Çizelge.8)'de verilmiştir.

Çizelge.8 Afrodisias kristalin mermerlerin ortalama ve maksimum kristal boyutları.

Mermer	Kristal boyut ölçüleri (µm)	
	OTB	MTB
A2	213,705	536,27
A1	225,512	567,52
A10	230,48	521,18
A6	318,31	616,89
A9	352,37	786,37
A3	382,42	1075,19
A7	462,55	1099,8
A4	575,38	1116,37

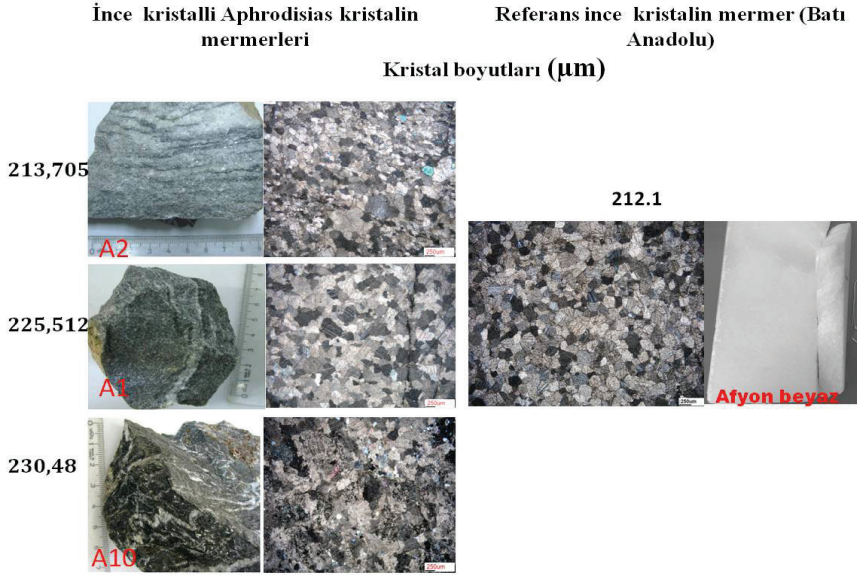
Afrodiasias kristalin mermerlerinin ortalama ve maksimum tane boyutlarının karşılaştırma grafiği Şekil.6’da verilmiştir.



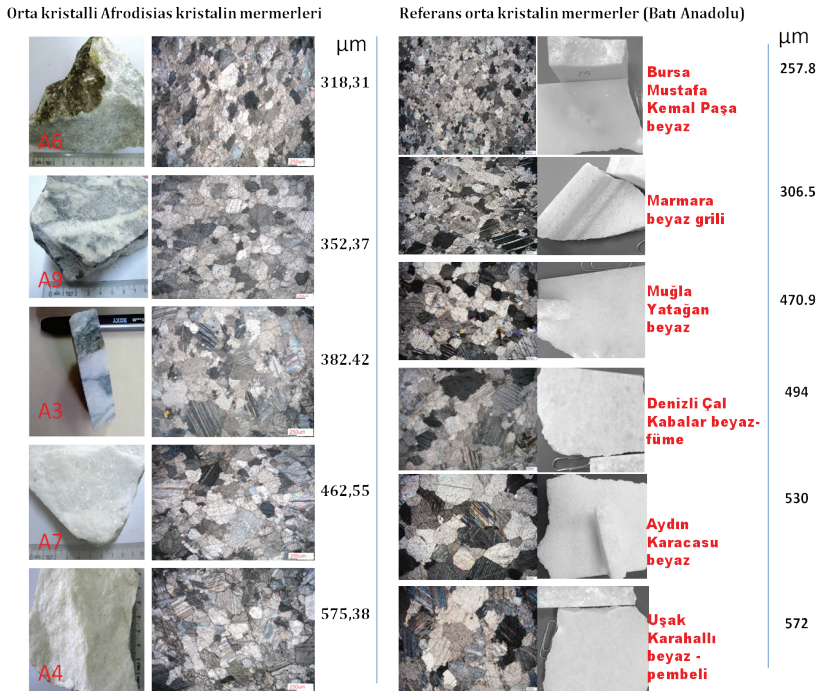
Şekil.6 Afrodiasias kristalin mermerlerin Ortalama tane boyutu ve maksimum tane boyutu karşılaştırma grafiği.

Afrodiasias Ve Referans Mermerler Tane Boyut Karşılaştırması

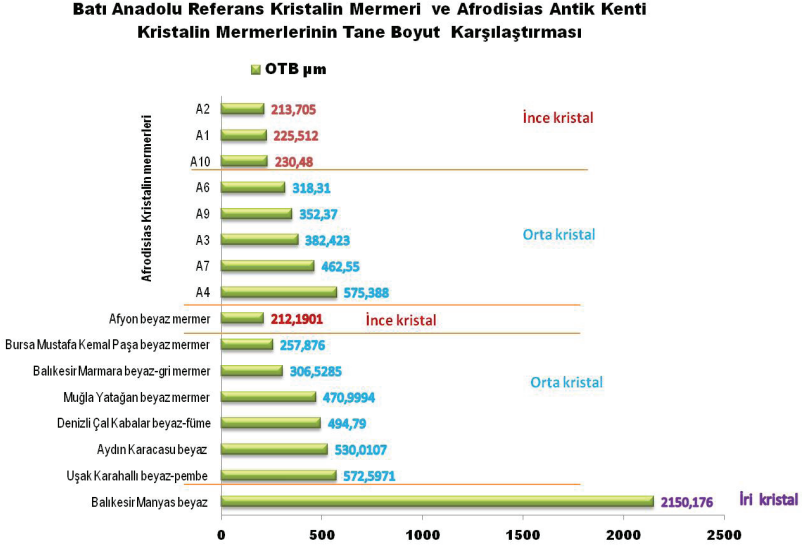
Referans kristalin mermerler ve Afrodiasias antik kenti mermerlerinin ortalama tane boyut ölçümlerinden elde edilen veriler karşılaştırıldığında, kristalli Afyon beyaz mermerinin ortalama tane boyutu (212.1 µm), ince kristalli Afrodiasias antik kentinde kullanılan A1(225.705 µm), A2 (213.705 µm) ve A10 (230.48 µm) kristalin mermerleri ile yaklaşık aynı tane boyutuna sahip olduğu belirlenmiştir. Kristal boyutu açısından mermer örnekleri makroskobik ve mikroskobik olarak uyumluluk gösterdiği belirlenmiştir (Şekil.7-8-9).



Şekil.7 İnce kristalli Afrodisias ve referans Afyon beyaz mermerinin OTB karşılaştırılması.



Şekil.8 Orta kristalli Afrodisias ve referans mermerlerin ortalama tane boyut karşılaştırılması.



Şekil.9 Afrodiasias ve referans kristalin mermerlerin ortalama tane boyutu (OTB) karşılaştırma grafiği.

4.Sonuç

Yaygın olarak kullanılan kristalin mermerlerin tane boyutları, mine-ro-petrografik karakterleri, mermerleri birbirinden ayırt etmede belirleyici olduğu gibi, sektörel anlamda kalite ve kullanım alanlarını belirleyen başlıca parametrelerdir. İncelenen bu tür mermerler, dominant monomineraliktir. Temel ve yaygın minerali karbonat bileşimli kalsitten oluşmuştur. Literatürde, aynı kristalin mermerler veya benzerleri için tane boyutları ve aralıkları, bazen ince, orta veya iri kristal olarak değerlendirilmiştir (Çizelge.3). Referans olarak kullanılacak ortak, standart bir ölçü skalası mevcut değildir. Aynı zamanda kristalin mermerler için TS EN 12407 Doğal Taşlar Deney Metodları Petrografik İnceleme Standardında da ortaklaştırıcı bir ölçek verilmemiştir. Bu çalışmada, Batı Anadolu'da bilenen (Şekil.1) kristalin mermerler kullanılarak tane boyut sınıflaması için bir skala önerilmiştir (Çizelge.4). Tane boyut skalasına göre, Afyon beyaz ince kristal, Bursa Mustafa Kemal Paşa beyaz, Balıkesir Marmara beyaz-grilli, Muğla Yatağan beyaz, Denizli Çal kabalar beyaz-füme, Aydın Karacasu beyaz, Uşak Karahallı beyaz-pembe orta kristal ve Balıkesir Manyas beyaz iri kristal olarak sınıflandırılmıştır (Çizelge.5). Tane boyut skalasına göre, Aphrodisias antik kentinde kullanılan 3 mermer türünün (A2,A1,A10) kristal boyutları ince ve referans mermerlerden Afyon beyaz tane boyutunda olduğu saptanmıştır (şekil.7). 5 mermer türünün (A3,A4,A6,A7,A9) ise orta kristalli olup, referans mermerlerden Bursa, Marmara, Muğla, Denizli, Aydın, Uşak kristalin mermerleri ile aynı tane boyut sınıfında yer aldığı

belirtilmiştir. Tane boyut skalasına göre Aphrodisias antik kentinde Man-
yas beyaz boyutunda iri kristalli mermer türü kullanılmamıştır (şekil.8).
Kristal boyut tanımlaması yapılan Aphrodisias antik kenti mermerleri için
petrografik özellikleri dikkate alınarak, köken grup, doğaltaş cinsi ve do-
đaltař türü şeklinde sınıflandırma yapılmıştır (izelge.6). Batı Anadolu ve
Aphrodisias antik kentinde kullanılan kristalin mermerleri içerisinde sek-
trel anlamda en yüksek satış fiyat aralığı olan ve daha çok tercih edilen
Afyon Beyaz mermeridir. Afyon beyaz mermeri, diğer örneklerden farklı
olarak, eş kristal boyutlu, poligonal tane sınır geometrisi göstermesi ve 250
µm den daha küçük taneli (ince kristalli) olması belirleyici bir faktör
olarak saptanmıştır.

5.Kaynaklar

- Bozkurt, R., 1989. Mermer ve Elmas tel kesme ile Ocak işletmeciliği, A.Ü Mühendislik-Mimarlık Fakültesi yayını no:98, Eskişehir.
- Bacakoğlu (Türkmen), F. ve Çalapkulu, F., 1999. Muğla Yöresi Mermerleri. 52. Türkiye Jeoloji Kurultayı Bildiriler Kitabı, s. 39-46, Ankara.
- Çelik, M.Y., Kırılıveren, S.,2012.Çamlıbel-Ulubey (Uşak) Beyaz Mermerinin Jeolojik ve Fiziko-Mekanik Özelliklerinin Araştırılması, Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi, cilt,8, sayı, 1, s.44-53.
- Çelik, M.Y., 2004. Muğla Beyaz Mermerinin Tane Boyut Dağılımının Görüntü Analiz Yöntemi ile Ölçülmesi, 5. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu, s.222-232
- Çelik, M.Y, Yeşilkaya, L., Ersoy, M., Turgut, T., 2011. Karbonat Kökenli Doğal taşlarda Tane Boyu ile Knoop Sertlik Değeri Arasındaki İlişkinin İncelenmesi, Maden. Derg. Cilt 50, Sayı 2, s. 35-46.
- Hacımustafaoğlu, R., 2019. Afrodiasias, Hierapolis ve Sagalosos Antik Kentlerinde Kullanılan Doğal Taşların Kökeni ve Bunların Petro-Kimyasal ve Fiziko-Mekanik Özelliklerinin İncelenmesi, Batı Anadolu, SDÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, tez.gov.tr, Tez No: 556935
- Köktürk, U., 1991. Endüstriyel Hammaddeler, DEÜ Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, İzmir, 259 s.
- Kun, N., Güngör, T. ve Erdoğan, B., 1999. Menderes Masifindeki Mermer Yataklarının Stratigrafik Konumları ve Özellikleri. 1. Batı Anadolu Hammadde Kaynakları Sempozyumu, s. 47-53, İzmir.
- Kun, N., 2013. Mermer Jeolojisi ve Teknolojisi, Akare Matbaacılık, İzmir, 222 s.
- Kuşçu, M. 1992. Kestanecik ve Kozagaç (Yatağan- Muğla) Mermer Yataklarının Jeolojik ve Ekonomik Özellikleri. Jeoloji Mühendisliği, s. 41,23-36.
- Lazzarini, L., Ponti. G., Martinez, M.P., Rockwell, P., Turi, B., 2002. Historical, technical, Petrographic and Isotopic Features of Aphrodisian Marble. (ASMOSIA 5) Association for The Study of Marble and Other Stones in Antiquity, s.163-168
- Rockwell, P., 1996. The Marble Quarries : a Preliminary Survey. Journal of Roman Archaeology, supplement no:20, Aphrodisias Papers 3:105-26.
- TS EN 12407/Ocak, 2002. Doğal Taşlar Deney Metodları Petrografik İnceleme.
- Uz, B. ve Özdamar, Ş. 1999. Yatağan (Muğla) Mermerleri Jeolojik – Petrografik – Kimyasal Etüt ve Değerlendirilmesi. Türkiye’de Mermer Yapı ve Dekorasyon Dergisi, Sayı: 62-63, s. 42-52.
- Yavuz, A.B., Türk, N., Koca, M.Y., 2002. Muğla Yöresi Mermerlerinin Mineralojik, Kimyasal Fiziksel ve Mekanik Özellikleri,Jeoloji mühendisleri Dergisi, 26, s.1-18

Yavuz, A.B., Elçi, H., 2011. Göktepe (Muğla) Mermerlerinin Jeolojisi Malzeme Özellikleri ve Antik roma Döneminde Kullanım Alanlarının Belirlenmesi. TÜBİTAK, Proje no: 107Y030, s.58-62

Bölüm 6

SAĞLIKTA DİJİTALLEŞME VE AKILLI TEKNOLOJİ UYGULAMALARIYLA TÜRKİYE PERSPEKTİFİ

Sezin GÜLERYÜZ¹

¹ Bartın Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, Bartın, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-9858-7115), sezin-guleryuz@gmail.com

1. Giriş

Sağlık hizmetleri tüm bireylerin yaşamını devam ettirebilmesi için gerekli ve önemli ihtiyaçlardan biridir. Küreselleşen dünyada, ülkelerin gelişmişlik düzeylerinin artmasıyla tehlikeli ve öldürücü kabul edilen birçok hastalığın, geliştirilen aşı teknolojileri ve koruyucu sağlık hizmetleriyle görülme sıklığı azalmakta, verdiği zararlar minimum düzeyde tutulmaya çalışılmaktadır. Önceleri kızamık, kolera, veba gibi bulaşıcı hastalıklara sıklıkla rastlanırken artık diyabet, hipertansiyon ve kronik rahatsızlıklar tüm dünyayı etkilemektedir. Çağımızın hastalıklarında özellikle kronik olanlarda, hasta ile sağlık sunucuları arasında takip, hastalığın ilerleme hızı, laboratuvar değerlerinin seyri, tedavi ve tüm süreçlerde veri oldukça önemlidir. Fiziksel yöntemlerle toplanan veriye ulaşmada ve takip etmede yaşanan zorluklar geleneksel sağlık sistemini dijital dönüşüme zorlayan önemli etmenlerden biridir. Günümüzde karşılaşılan bu ve benzeri sorunlar dijital teknolojiler yardımıyla örneğin hasta kayıt sistemleri, elektronik hasta dosyalarının takibi, raporlama vb. sistemler yardımıyla çözülmektedir.

Bilgi ve iletişim teknolojilerindeki gelişmeler, dijital taşınabilir ve giyilebilir teknolojiler, makineler arası iletişim, nesnelerin interneti (IoT), bulut bilişim ve yapay zekâ, ileri robotik uygulamalar geliştikçe dijitalleşme kavramı daha da ön plana çıkmaktadır. Bu değişimler, birçok alanda gelişmelere neden olurken sağlık alanında da önemli, değiştirici ve dönüştürücü etkiye sebep olmuştur. Sağlık sektöründe kullanılan akıllı teknolojiler, hem sektörün yapılanmasında hem de hizmetlerin sunum şekli açısından sektöre yenilik getirmekte, erken tanı, teşhis, tedavi ve takip formatlarını önemli ölçüde etkileyerek yeni olanaklar oluşmasını sağlamaktadır. Randevu, takip gibi işlemler dijitalleşerek bulut bilişim sayesinde verilerin tutulması kolaylaşmıştır. Veriler bu sayede kolay ve ucuz saklanabilmekte, saklanan verilerin analiziyle kurumlar, sağlık hizmetlerinde dijital teknolojilerden faydalalarak süreçlerin dijitalleşmesini sağlamaktadır (Akalin ve Veranyurt, 2020). İlâveten, rehabilitasyon ve sağlığın korunması süreçlerinde de sağlık uzmanlarına yeni yöntemlerle yardımcı olarak maliyetleri azaltıcı yönde etki etmektedirler.

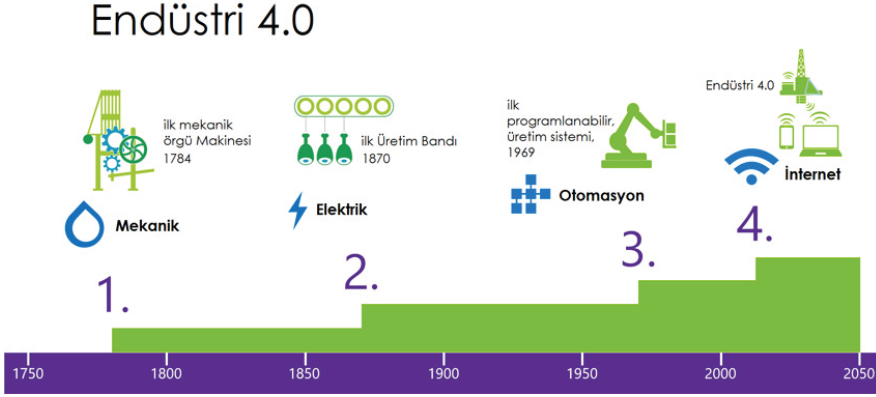
Dijital dönüşüm sadece teknolojinin etkin kullanımı değil, kurumlarda çalışanların sistemi etkin kullanır hale gelmesi ve o sistemin kurum için faydalı olabilecek şekilde dönüşümün yönetilebilmesiyle mümkündür (Kosif, 2019). Böylece, ele alınan dijital süreçlerle ve bütünleşik yaklaşımlar, sağlıkta yenilikçi bir vizyon oluşturulmuş hastalara daha iyi, daha katma değerli, daha az maliyetli hizmet sunarken verimliliği artırmıştır.

Çalışma beş bölümden oluşmaktadır. Giriş bölümüyle genel bilgiler verilmesinin ardından ikinci bölümünde dijitalleşme kavramı tanımlana-

rak, tarihi ve dünyadaki ve Türkiye'deki eğilimleri incelenmiştir. Üçüncü bölümde sağlık kurumlarının dijital dönüşüm sürecinde izlediği yol haritası ve Türkiye uygulamaları ele alınmıştır. Dördüncü bölümde sağlık hizmetlerinde kullanılan akıllı teknolojiler açıklanmıştır. Son bölümünde ise ele alınan kavramlar değerlendirilerek sağlık sektörünün dijitalleşmesine yönelik çıkarımlar sunulmaktadır.

2. Dijitalleşme ve Dijital Dönüşüm Kavramları

İnsan nüfusunda büyük artış sağlayan ve medeniyetin üzerinde yükseleceği temeli atan olay insanlık tarihinde ilk büyük dönüm noktası olan yiyecek üretimine geçiştir (McNeill, 2008). Yerleşik yaşama geçen insanların gerçekleştirdiği ilk sosyal devrim tarımdır. Avcılık ve toplayıcılıkla yaşamlarını sürdüren toplulukların yerleşik hayata geçip çiftçilik ve hayvancılık yapmasıyla tarım toplumu oluşur ve neredeyse 10 bin yıl sonra ikinci önemli gelişme sanayi devrimi başlar (Bulut, 2017). Buharlı makinelerin icadı, tekstil ve demir üretimi ve yaygınlaşmasıyla sanayi devrimi, üretimde köklü değişikliklere yol açmış ve insanların yaşam biçimlerini değiştirmiştir. 19. Yüzyılın ikinci yarısında elektrik kullanımı ve kitle üretimiyle Endüstri 2.0 yaşanmaya başlanmıştır. 2. Dünya savaşı sürecinde yaşanan nükleer alandaki ve savunma sanayindeki gelişmeler Endüstri 3.0'ı tetiklemiştir. Sonrasında, elektronik ve bilgi teknolojileri alanındaki gelişmeler ve bunların sanayiye entegre edilmesiyle ise üçüncü aşama olan Endüstri 3.0 başlamıştır. Son olarak 2011 yılına gelindiğinde, ilk kez Almanya'nın Hannover kentinde teknoloji fuarında kullanılan Endüstri 4.0 kavramı ile yeni bir dönemin başlangıcı ilan edilmiştir. Bu yeni süreç sanayileşmenin dördüncü aşamasıdır ve yaygın ve mobil internet ağı, otonom sistemler, sensörler, nesnelerin interneti ile karakterize edilmektedir (Özsoylu, 2020). Bugün ve yakın geleceği kapsayan süreçte, siber fiziksel sistemler ve dinamik veri işlemeyle değer zincirlerinin uçtan uca bağlanması sağlanmaktadır. Endüstrileşmenin evreleri ve Endüstri 4.0'a giden süreç Şekil 1 ile gösterilmektedir.



Şekil 1: Sanayi Devrimleri Endüstri 4.0'a giden süreç (WEF, 2021)

Dijitalleşme ve dijital dönüşüm kavramları son yılların trend konularındandır ve literatürde farklı tanımları bulunmaktadır. Çalışmalarda Endüstri 4.0, Dijital Dönüşüm, Dijitalleşen Endüstri, Dijitalleşme gibi birbirine çok benzer kavramlar birlikte veya aynı anlamı karşılamak için kullanılmaktadır. Latince *digitus* «parmak, özellikle işaret parmağı» sözcüğünden türetilen dijital kavramı enformasyon sistemlerinin ana ögesini oluşturan sayısallaştırmayı ifade etmektedir. Analog verilerin sayısallaştırılmasıyla (digitization) verilerin bilgisayar tarafından işlenebilen, saklanabilen ve yönetilebilen hale gelmesidir. İşletmelerde dijital verilerin yönetilip, bilgisayarların kullanılmasıyla dijitalleşme (digitization) süreci başlamıştır. Dijitalleşmeyle iş süreçlerinin otomasyonu yazılım sistemlerinin kullanılmasıyla ortaya çıkmış sonrasında internet ve diğer çeşitli dijital teknolojiler sayesinde işletmelerde iş model değişimine yol açmıştır. Hızla gelişen ve bütünleşen dijital teknolojilerle dördüncü sanayi devrimine geçilmiş, işletmelerin dijitalleşme, tüm iş süreçleri, iş modelleri ve örgütsel yapılarını kapsayan dijital dönüşüm (digital transformation) süreci başlamıştır (Klein, 2020).

Dijitalleşme, bilgi üreten, işleyen, paylaşan ve aktaran dijital teknolojilerin büyük ölçüde benimsenmesiyle tetiklenen dönüşümleri ifade eder (Katz, 2017). Başka bir kaynakta ise, “analog materyalin bilgisayarda depolanması amacıyla sayısal formata dönüştürülmesi işlemi” olarak tanımlanmaktadır (Karakaş, Rukancı, & Anameriç, 2009). Dijitalleşme, entegre olmayan bir bilgi teknolojisi altyapısına sahip olmak yerine, dijitalleşmiş kaynakları işletmeye değer katacak yeni gelir, büyüme ve operasyonel sonuçlara dönüştürme sürecidir (Yuksel & Şener, 2017). Yirminci yüzyılın ortalarında bilgisayarın icadıyla ortaya çıkan dijital dönüşümün ilk belirtileri, internet, kişisel bilgisayar ve mobil telefonların icadı ve yaygınlaş-

masıyla hızlanmıştır. Birey, kurum ve de sistemlerin her zaman her yerde etkileşimine imkân sağlayan bütün bu dijital gelişmeler, küresel refahı artırırken, yine birey, kurum ve ekonomik sistemlerin, bu hızlı gelişimine ayak uydurmasına zaman tanımayarak, hızını her geçen gün artırmaktadır (Pakdemirli, 2019).

Dijitalleşme; telekomünikasyon ağları (mobil veya sabit geniş bant ağlar), bilgisayar teknolojileri (bilgisayarlar, dizüstü bilgisayarlar, kablo-suz cihazlar, tabletler), yazılım mühendisliği (işletim sistemleri, makine öğrenimi ve yapay zeka) ve bunların kullanımından kaynaklanan yayılma etkileri (uygulama geliştirme için ortak platformlar, devlet hizmetlerinin elektronik sunumu, elektronik ticaret, sosyal ağlar ve forumlarda, bloglarda ve portallarda çevrimiçi bilgilerin mevcudiyeti) gibi birden fazla teknolojinin evrimine dayanmaktadır (Katz, 2017). Bu evrimin etki alanı sanayi, sağlık, eğitim, tarım, perakende, finans ve ulaşım sektörleri örnek verilebilir.

Dijital dönüşüm, dünya tarihindeki en önemli değişim süreçlerinden biridir ve bu kapsamlı süreçten geçerken değişimin dışında kalmak gelişmiş ülkeler için mümkün değildir (Uslu, 2020).

3. Sağlık Kurumlarının Dijital Dönüşüm Süreci ve İzlediği Yol Haritası - Türkiye Perspektifi

Sağlık sektörü endüstriyel dönüşümler ele alındığında diğer sektörler göre değişim ve gelişim bakımından daha düşük bir ivmeyle ilerlemekteydi. Ar-Ge çalışmalarıyla birlikte tıp alanında da yeni teknolojiler uygulanması ve yeni tedavi yöntemleri keşfedilmesiyle dijital dönüşüme hızlı bir şekilde adapte olmuştur (Akalin ve Veranyurt, 2020).

Kaliteli sağlık hizmeti almak her bireyin hakkıdır. Ayrıca ülkelerin gelişmişlik düzeyleri açısından sağlıklı bireylerden oluşan toplum meydana gelmesinin kritik bir unsur olduğu kabul edilmektedir. Bu bağlamda, sağlık sisteminin iyileştirilmesi için ayrılan kaynakların etkin ve verimli kullanılması ve yeni teknolojilerin sisteme adapte edilmesi iyi organize edilmiş dinamik bir sistemle olur. Sağlık hizmeti veren kurumların hizmet sunumlarında yeni nesil dijital teknolojileri kullanmaları hizmet alanlarını genişletme, hasta memnuniyetini artırma, çalışan verimliliği artırma, maliyeti azaltma ve tıbbi karar verme süreçlerini iyileştirme gibi avantajları bulunmaktadır. Bu sebeple Sağlık Bakanlığı (SB) ulaşılabilir ve sürdürülebilir sağlık hizmeti sunmak için hedefler koymakta ve bunları dijital dönüşüm açısından uygulamaya koymaktadır (Altuntaş, 2019).

Sağlıkta dijital dönüşüm ele alındığında, ülkemizde sağlıkta bilişim sistemleri uygulamaları ilk olarak 1960 yılında Hacettepe Üniversitesi'nde başlamış ancak verimli bir şekilde çalışmamıştır. Sonrasında 1985

yılında Yüksek İhtisas Hastanesi'nde verilerin dijital ortama aktarılmasıyla “Hastane Veritabanı Uygulaması” kullanılmaya başlanmış, Sağlık Bakanlığı Bilgi İşlem Daire Başkanlığı kurulmasıyla Sağlık Bakanlığı'na bağlı kurumların elektronik ortamlarda verilerinin kaydedilmesi amaçlanmıştır. Hastaneler bilgi akışının yoğun bir biçimde kullanıldığı multi disiplinler dinamik yapılarıdır. Temel amacı insan bedenini ve ruhunu iyileştirecek sağlık hizmeti vermek olan bu kuruluşların, mümkün olduğunca az hatayla ve tam bir kordinasyonla çalışması hedeflenmektedir. Farklı disiplinlerin birarada tam bir entegrasyonu söz konusu iken analog yöntemler ve yavaş bilgi akışı dijital süreci olumsuz yönde etkilemektedir. Bu sebeple dijital dönüşüm süreçleri oluşturulmuş ve farklı sistemlerle entegre edilerek ilk kez dijital dönüşüm politikaları çerçevesinde “Hastane Bilgi Yönetim Sistemleri” kullanılmaya başlanmıştır.

Türkiye’de sağlık sisteminin dijitalleşmesiyle ilgili önemli dönüm noktalarından biri ise 2002 Acil Eylem Planının son maddesinde ele alınan “Sağlıkta Dönüşüm Programı” olarak adlandırılan ve Sağlık Bakanlığı'nın hedefleri arasında yer alan programdır. Sonrasında 2012 yılında “Dijital hastane” projesiyle HIMSS (Healthcare Information and Management Systems Society) bilgi ve teknoloji yolu ile “daha iyi sağlık” konusuna odaklanmıştır. Ana amacı, dünyadaki hastanelerin süreçlerini iyileştirmek ve hastaların daha iyi hizmet almasını sağlamak olan bu kurum, geliştirdiği yöntem ve standardizasyon mekanizmasıyla EMRAM (Elektronik Medikal Sağlık Kaydı Adaptasyon Modeli) ile hastanelerin dijital olma seviyeleri uluslararası düzeyde derecelendirmektedir. Oluşturulan modelle hastaneler 1 ile 7 arasında seviyelendirilerek dijital süreçleri belgelendirilmektedir. Sağlık Bakanlığı 2013 yılında kamu hastanelerinin EMRAM modeliyle değerlendirilmesini kararlaştırmıştır. Şuan Türkiye’de Seviye 7 (Tam donanımlı dijitalleşme sürecini tamamlamış kurum) 5 adet, Seviye 6 (Dijitalleşmenin ilk adımında olan hastane) 69 hastane mevcuttur (Sağlık Bakanlığı, 2021). Sonuç olarak, EMRAM derecelendirmesiyle Türkiye’deki hastanelerin dijitalleşmesi hızla devam etmekte, derecelendirmeye giren 6. ve 7. Derecedeki hastaneler uluslararası akreditasyon belgesi almaya hak kazanmaktadır. Böylece, uluslararası standartı yakalayan hastanelerin HIMSS tarafından ödüllendirildiği, hastanelerin bilinirliği ve marka değerinin arttığı görülmektedir.

Sağlıkta dijitalleşmede hastanelerin dışında süreçlerin iyileştirilmesi, internete taşınması, verilerin güvenli ve ortak paylaşımı sağlık bulutu oluşturulmuştur. Bulut bilişim, bilgi işlem hizmetlerinin (sunucu, depolama, veri tabanı, ağ, yazılım, analiz ve makine zekası dahil) internet üzerinden sağlanarak daha hızlı yenilik, esnek kaynaklar ve ekonomik ölçeklendirme sunulması anlamına gelir (KPMG, 2021). Oluşturulan sağlık bulutunda, e-Nabız, Elektronik Belge Yönetim Sistemi (EBYS), Tele-tıp

gibi uygulamalar bulunmaktadır. Ülkemizde kullanılan uygulamalardan bazıları aşağıda kısaca özetlenmiştir.

- Kişisel Sağlık Hizmeti (e-nabız)
- Aile Hekimi Bilgi Sistemi (AHBS)
- Karar Destek Sistemi (KDS)
- Merkezi Hekim Randevu Sistemi (MHRS)
- Medula

Kişisel Sağlık Hizmeti (e-Nabız): Sağlık uzmanlarının ve vatandaşların yurtiçinde farklı veri merkezlerinde toplanan sağlık verilerine web tabanlı teknolojiler ve mobil cihazlar üzerinden ulaşabilecekleri ve bir uygulamadır. Bireyler bu uygulamayla tahliller, reçeteler, muayene bilgilerini de içeren tüm sağlık bilgilerini tek bir platformdan yönetme, istediğinde erişebilme ve başkalarıyla paylaşma imkanına sahip olmaktadır. Aynı zamanda, doktorlar farklı merkezlerde yapılmış tedavi ve tetkiklerin verilerine erişebilir. Böylece hekimler hastalarıyla ilgili tam ve doğru verilere erişebilmekte, gereksiz tahlilin önüne geçmekte ve hasta doktor ilişkisi kuvvetlenmektedir (e-Nabız, 2021).

Aile Hekimi Bilgi Sistemi (AHBS): Aile hekimine bağlı bireye uygulanan birinci basamak sağlık hizmetleriyle ilgili veriler, merkezi bir veritabanına aktarılır ve uygulamayla verinin takibi kolaylaşır. Uygulamanın aile hekimleri tarafından kullanımı mecburidir ve hasta ile ilgili daha sonraki basamaklardaki alınacak kararlarda yol göstericidir (Altuntaş, 2019; Bal, vd., 2012).

Karar Destek Sistemi (KDS): Karar verme sürecinde en doğru kararın verilebilmesi için pek çok model ve uygulamayı entegre eden sistem Karar Destek Sistemi olarak adlandırılır. SB KDS'yi tüm veri üreten sistemlerin entegre bir şekilde yönetiminde kullanmaktadır. SB'nin kullanmış olduğu KDS "e-Sağlık" uygulaması ile bütünleşik çalışmakta ve farklı seviyelerde raporlar sunabilmektedir (E-Rapor, 2021).

Merkezi Hekim Randevu Sistemi (MHRS): Uygulama, bireylerin Alo 182'yi arayarak, internet veya mobil uygulama üzerinden, ülke genelindeki SB'ye bağlı tüm hastanelerden randevu alabilmeyi sağlayan, aynı zamanda Ağız Dış Sağlığı Merkezleri ve Aile Sağlığı Merkezlerinin kapasitesinin etkin bir şekilde kullanılabilmesi için oluşturulmuş sistemdir. MHRS e-Nabız ve e-Devlet ile entegre bir şekilde çalışmaktadır (MHRS, 2021).

Medula: Medula, medikal ve ulak kelimelerinin birleşiminden türetilmiş Sosyal Güvenlik Kurumu (SGK) tarafından gerçekleştirilmiş bir e-sağlık projesine verilen addır. Medula sistemi özel sağlık kurumlarında

sağlık hizmetlerinin bedelinin SGK üzerinden devletten tahsis edilmesi amacıyla kurulmuştur. 5510 sayılı kanuna göre bütün sağlık kuruluşlarında kullanılması zorunludur. Tüm hastanelerde faturalama, sevk ve rapor gibi işlemlerde kullanılmaktadır (Altuntaş, 2019).

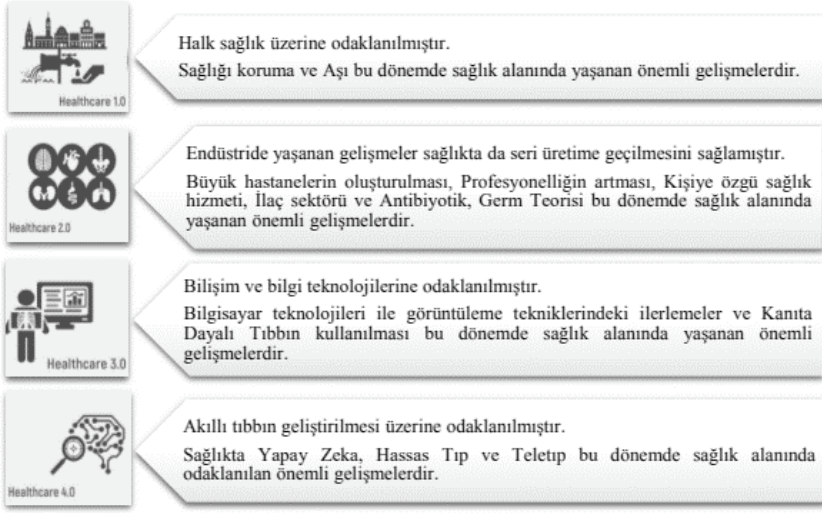
Yukarıda listelenen uygulamalar Türkiye’de sağlıkta dijital değişime örnek verilmiş uygulamalardır. Ayrıca SB’nin kullandığı Sporcu Sağlığı Bilgi Sistemi ve Ulusal Sağlık Veri Sözlüğü’de sıklıkla kullanılmaktadır. Uygulamaların geliştirilmesi SB teşviki ile yapılmakta olup, dijital dönüşüm sürecinde devlet destekli projeler halen devam etmektedir (Akalin ve Veranyurt, 2020).

4. Sağlık Hizmetlerinde Kullanılan Dijital Dönüşüm Teknolojileri

Bilgi ve iletişim teknolojilerinin hastaları iyileştirmede yararlanılması, hizmetin hızlı, ulaşılabilir ve kolay olması için tüm olanaklarda kullanımını e-sağlık olarak tanımlanır ve dijital dönüşümün önemli adımlarındandır. Dijital dönüşümün yapıtaşı olan dokuz ana teknoloji mevcuttur (Kosif, 2020).

- Büyük veri
- Akıllı Robotlar
- Simülasyon
- Yatay ve dikey yazılım entegrasyonu
- Nesnelerin interneti
- Siber Güvenlik
- Bulut Teknolojileri
- Artırılmış Gerçeklik

Dijital dönüşümün yapıtaşlarından sağlık sektörlerinde sık kullanılan teknolojiler aşağıdaki alt başlıklarda tanımlanmış, sağlık alanındaki önemli gelişmeler ve tarihsel süreci ise Şekil 2’ de gösterilmiştir.



Şekil 2. Sağlıkta tarih boyunca odaklanılan konular (Koştı vd., 2021)

4.1. Giyilebilir Teknolojiler

Giyilebilir teknolojiler kumaşa ya da giyilebilir aksesuarlara yerleştirilen mikro elektronik mekanik algılayıcı reseptör sistemleri içeren aparatlarla bireylerin verilerini toplayan, kaydeden ve sunan uygulamalardır (Uslu, 2020).

Dijital cihazlarla doktorlar hastalarını takip edebilir alışkanlıklarını vücut verilerine ulaşarak tavsiyelerde bulunabilir. Sağlık durumunu izleme, tanı ve tedavi süreçlerinde oldukça faydalıdır. Örneğin; ortopedik cerrahi sonrasında iyileşen hastalarda rehabilitasyon süreçlerini giyilebilir akıllı cihazlarla takip edilebilir. Hastanın adımlarını egzersiz yapıp yapmadığı kontrol edilebilir. Ayrıca toplanan verilerle çok sık karşılaşılan hastalıklarda önleyici tedaviler etkinlikler yapılabilir. Özetle hem klinik (nabız, oksijenlenme, kan glukoz düzeyi ölçme) hem de davranışsal (adım sayısı, su içme verileri) veri elde etme için kullanılırlar.

Covid-19 pandemi sürecinde insanlar hastaneye gitmekten çekinirken, gelişebilecek herhangi bir anormal durumda bu anomaliteyi tespit edecek cihaz arayaşına girmişlerdir. Sıklıkla kullanılan termometre, ekg, kanın oksijenlenmesini gösteren cihaz vb. aletlerle pandemide etkin bir şekilde kullanılmışlardır. Bu talebi gören Apple vb. şirketler vital ölçümler yapan dijital saatler üreterek bu teknolojiyi kullanıcılara sunmuşlardır.

Saat, bileklik, gözlük, lens, e-tekstil ürünleri, yüzük, işitme cihazı, akıllı kumaşlar vb. ürünler giyilebilir teknolojiler olarak insanlar tarafın-

dan kullanılmaktadır. Yakın gelecekte gerekli yasal düzenleme ve teknik altyapıyla bu teknolojinin tıpta daha yaygın kullanılacağı öngörülmektedir (Uslu, 2020).

4.2. Sanal Gerçeklik, Artırılmış Gerçeklik Teknolojileri

“Sanal Gerçeklik (Virtual Reality)” tanım olarak bir ekrandaki sanal dünyanın gerçek görünümü, gerçek duyulması ve gerçek hissedilip gerçekçi tepkiler verilmesidir. “Artırılmış Gerçeklik (Advanced Reality) teknolojisi”; günümüz yaşantısındaki olaylar ile bağlantılı olan, verileri ve görüntülerin günümüz yaşantısıyla görüntüler üzerine eklenebilen, gerçekte olan ve sanal dünyanın nesnelere üzerinden aynı ortamda aynı anda algılanmasını sağlayan bir nevi ortam olarak adlandırılabilir (Milgram ve Tisino, 1994).

Sanal gerçeklik teknolojisi birçok alanda kendine yer edinmeye başlamıştır özellikle sağlıkta bütünlük uygulamalar ve yeni teknolojilerin kullanılmasıyla hem eğitimde hem de pratikte sağlık çalışanlarına yardımcı olmaktadır. Plastik ve rekonstrüktif cerrahide cerrahi planlama, navigasyon ve eğitimde yoğun olarak kullanılmaktadır. Ameliyat esnasında sanal gerçeklik ve artırılmış gerçekliğin birlikte kullanımı ameliyat sonuçlarının daha gerçekçi bir biçimde öngörülmesine olanak sağlamaktadır. Bunun sonucunda büyük komplikasyonların oluşumu önlenabilir hastaların iyileşmesi ve aldıkları hizmet kalitesinin artması sağlanabilir (Çakırel, 2021).

Artırılmış gerçeklik teknolojisi tıp alanında eğitim ve hastalık teşhisinde kullanılmaktadır. Özellikle elde edilen verilerin bilgisayar desteği ile işlenmesi ve yardımcı uygulamalarla desteklenmesine olanak sağlar. İnce kesit görüntüleme ile insan vücudu 3 boyutlu olarak dijital ortama verilmekte böylece cerrahi müdahaleler uzaktan da gerçekleştirilebilmektedir. Kolonoskop, endoskop ve sistoskop gibi aletler artırılmış gerçeklik uygulamalarından yararlanılarak oluşturulmuştur (Uslu, 2020).

4.3. Tele Sağlık (Tele Tıp)

Teletıp Sistemi, sağlık hizmetleri ve bilgilerinin mekânlar arası sunulabilmesi için bilgi teknolojilerinin kullanılması olarak tanımlanmıştır. Dünya Sağlık Örgütü'nün yapmış olduğu tanımda tele-tıp kavramını; mekânlar arası uzaklığın sağlıkta kritik sıkıntılar doğuracağı yerlerde başta teşhis ve tedavi olmak üzere, sağlık çalışanlarının sürekli eğitimi, toplumda sağlığın gelişimini etkileyecek herhangi bir konuda, gerekli bilgilerin doğru aktarılmasında bilişim ve iletişim teknolojilerinin kullanılmasıdır şeklinde tanımlamıştır (Uslu, 2020).

Örneğin, radyolojik tetkiklere ait görüntülere web ortamında erişilmesine, bu görüntülerin raporlanabilmesine, radyologlar arası telekon-

sültasyon yapılabilmesine, tıbbi görüntü ve raporların kalite açısından değerlendirilebilmesine ve e-Nabız uygulaması üzerinden hastalara ile paylaşılabilmesine olanak sağlayan bir sistemdir. Bu sistem sayesinde tekrar tekrar görüntü çekilemesine gerek kalmadan tüm hastaneler erişim sağlayabilmektedir. Böylece hastalık tanı ve tedavi süreleri azaltılmaktadır.

4.4. 3D Yazıcılar

3D yazı teknolojisi dijital ortamdaki 3 boyutlu bir şeklin gerçek ortamda birer bir gerçeğe çok yakın haline dönüşme teknolojisidir. Sağlıkta implant ve protez oluşturmak için sıklıkla kullanılmaktadır. Duyu problemi yaşayan bireyler için kulak tasarımı, kemiklerin kopyalanması, fetüsün 3 boyutlu görünümü, diş hekimliğinde kullanılan köprü dolgu oluşturulması, organ nakli bekleyen hastalar için yeni organ oluşturma, uzuvlarını kaybeden bireyler için yeni uzuvlar oluşturma, hastalara özel ilaç gibi uygulamalarda 3D yazıcılar kullanılmaktadır.

4.5. Yapay Zeka Uygulamaları

Artan veri kullanılabilirliği, geliştirilmiş bilgi işlem gücü ve teknolojik ilerlemeler makine öğreniminde, yapay zeka sistemlerinin kullanılmasına yol açmıştır. Yapay zekadan, karar verme de dahil olmak üzere çeşitli uygulamalarda (örn. hastalık teşhisi, otomatik cerrahi, hasta izleme, doğum öncesi dönemde fetüs izleme aşaması), translayonel tıbbi araştırma (ilaç keşfindeki gelişmeler, genetik varyant açıklaması) ve temel biyomedikal araştırmalarla ilgili görevler (örneğin, otomatik veri toplama, gen işlevi açıklaması ve literatür madenciliği) yararlanılmaktadır (Satre, 2021).

Yapılan bir araştırmaya göre, iyi ve kötü huylu cilt lezyonlarını değerlendirmek üzere iki grup belirlenmiş. Birinci grupta 58 farklı dermatolog diğer grupta ise yüzbin görsel kullanılarak eğitilen yapay zekaya ile araştırma gerçekleştirilmiştir. Yapılan teste göre dermatologlar %86,6 oranda doğru tanı sunmuşken, yapay zeka %95 oranında hastalığı doğru teşhis ettiği görülmüştür.

5. Sonuçlar

Teknoloji sağlık sektörünü şekillendirmekte çeşitli biçimlerde değiştirmektedir. Yapay zeka, büyük veri, modern robotik ve çeşitli yazılımlar sağlık sektörüne hızlı bir biçimde adapte olup değiştirirken, sağlıkta tam anlamıyla bir dijital dönüşümün sağlandığı söylenemez. Ülkemizdeki ve dünya genelinde hastanelerin bir çoğu büyük veri ve nesnelerin interneti tabanlı teknolojileri henüz tam anlamıyla kullanamamaktadır. Sağlık kuruluşlarında ve diğer sağlıkla ilgili uygulamalarda veriler tam anlamıyla otomatik toplanıp, sınıflandırılıp analiz edildiğinde, sağlık hizmetlerinin etkili sunumu ve dijital dönüşümün hızı artacaktır.

Türkiye için dijital dönüşüm tercih değil zorunluluktur. Tufts Üniversitesi tarafından 2021 yılında yayınlanan Dijital Dönüşüm Endeksi Raporu'na göre 90 ülkenin analiz edildiği dijital dönüşüm açısından değerlendirilen ülkeler arasında Türkiye 50. Sırada yer almaktadır. Aynı araştırmanın dijital güven kategorisinde ise 50 ülke arasında 42. olarak sıralamaya girmiştir. Bu endekse göre yapılan değerlendirmelerde Türkiye henüz düşük dijitalleşme düzeyine sahip ancak gelişime açık ülkeler kategorisinde yerini almıştır. Sonuç olarak, Türkiye teknolojik ve inovatif hamlelerle sağlık uygulamalarını dijitalleştirerek diğer ülkelerle yarışında öne çıkan ülkeler kategorisine girebilir. Bunu da bilgi teknolojilerini ve dijital dönüşü optimum düzeyde kullanmakla elde edebilir.

Kaynakça

- Akalın, B. & Veranyurt, Ü. (2020). Sağlıkta Dijitalleşme ve Yapay Zekâ. *SDÜ Sağlık Yönetimi Dergisi*, (2), 2, 131-141.
- Altuntaş, E. Y. (2019). Sağlık Hizmetleri Uygulamalarında Dijital Dönüşüm. Eğitim Yayınevi.
- Bal, C.G., Ada, S. & Çelik, A., (2012), Bilişim Sistemleri Başarı Modeli ve Aile Hekimliği Bilişim Sistemleri. *Yönetim ve Ekonomi: Celal Bayar Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi*, 19(1), 35-46.
- Bulut, E. (2017). Endüstri 4.0 ve inovasyon Göstergeleri Kapsamında Türkiye Analizi. *ASSAM* (7), 50-72.
- Dijital Dönüşüm Endeksi Raporu (2021). https://sites.tufts.edu/digitalplanet/files/2021/countrydashboards/Digital_Intelligence_Dashboard_TR.pdf, (Erişim Tarihi: 29.12.2021).
- E-Nabız, (2021), E-Nabız Hakkında. <https://enabiz.gov.tr/Yardim/Index> (Erişim Tarihi: 29.12.2021).
- E-rapor. (2021). E-rapor. <https://Erapor.Saglik.Gov.Tr/Portal>. (Erişim Tarihi: 29.12.2021).
- Karakaş, S., Rukancı, F., & Anameriç, H. (2009). Belge Yönetimi ve Arşiv Terimleri Sözlüğü. Ankara: Devlet Arşivleri Genel Müdürlüğü.
- Katz, R. L. (2017). Social and economic impact of digital transformation on the economy. *International Telecommunications Union*, 1-41.
- Klein, M. (2020). İşletmelerin Dijital Dönüşüm Senaryoları-Kavramsal Bir Model Önerisi. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 19(74), 997-1019.
- Kosif, F. K. (2019), Kurumların Dijital Dönüşüm Süreçlerinin İncelenmesi: Bir Sağlık Kurumu İçin Öneri. İstanbul Üniversitesi, Fen Bilimleri enstitüsü, Enformatik Anabilim Dalı, Enformatik programı, Yüksek lisans Tezi, İstanbul.
- Koştı, H., Burmaoğlu, G., & Kıdak, S. (2021). Sağlık 4.0: Sanayide Öngörülen Gelişimin Sağlık Sektörüne Yansımaları. *Hacettepe Sağlık İdaresi Dergisi*, 24, 3.
- KPMG, (2021), Dijitalleşme yolunda Türkiye 2021. <https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/tr/pdf/2021/04/dijitallesme-yolunda-turkiye-raporu-2021.pdf> (Erişim Tarihi: 29.12.2021).
- McNeill, W. H. (2008). Dünya Tarihi (13 b.). (A. Şenel, Çev.) Ankara: İmge Kitabevi Yayınları.
- Milgram, P. , Kishino, F. (1994). A taxonomy of mixed reality visual displays, *IEICE Transactions on Information Systems*, 77 (12), 1321-1329.
- MHRS (2021). Merkezi Hekim Randevu Sistemi. (Erişim tarihi: 20.12.2021).

- Özsoylu, A.F. (2020). Endüstri 4.0 Tedarik Zinciri Yönetimi İnsan Kaynakları Pazarlama Türkiye Nasıl Hazırlanıyor. Akademisyen Kitapevi.
- Pakdemirli, B. (2019). Dijital Dönüşüm ve Ekonomik Büyüme. *Adıyaman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 32., 665-694.
- Sağlık Bakanlığı, (2021) Dijital Hastane Genel Bilgiler. <https://dijitalhastane.saglik.gov.tr> (Erişim Tarihi: 29.12.2021).
- Sætra, H.S.& Fosch-Villaronga, E. (2021) Healthcare Digitalisation and the Changing Nature of Work and Society,*Healthcare*, 9, 1007.
- Uslu, F. (2020).Covid-19 Pandemi Sonrası Dijitalleşme Eğilimlerinin Sosyal ve Beşeri Bilimlere Yansımaları, Nobel yayıncılık.
- WEF 2021. World Economic Forum: <https://reports.weforum.org/digitaltransformation/understanding-the-impact-of-digitalization-on-society/> (Erişim Tarihi: 20.12.2021).
- Yuksel, A. N., & Şener, E. (2017). The reflections of digitalization at organizational level: industry 4.0 in Turkey. *Journal of Business Economics and Finance*, 291-300.

Bölüm 7

LOJİSTİK FAALİYETLERDE DİJİTAL DÖNÜŞÜM VE AKILLI TEKNOLOJİLER

Sezin Güleryüz¹

Derin DÖNMEZ TOPÇUOĞLU²

1 Bartın Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, Bartın, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-9858-7115), sezin-guleryuz@gmail.com

2 Bartın Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bilgi ve Lojistik Yönetimi Bölümü, Bartın, Türkiye, (ORCID: 0000-0002-6366-3392), derindonmeztopc-uoglu@gmail.com

1. Giriş

Bilgi ve iletişim teknolojilerindeki gelişmeler, nesnelerin interneti (IoT), yapay zekâ, bulut bilişim sistemleri, büyük veri, artırılmış gerçeklik, siber fiziksel sistemler gibi teknolojilerde yaşanan değişim ve gelişimler dijital dönüşüm kavramını oluşturmuştur. 21. yüzyılda dijitalleşme alanında yaşanan değişim ve gelişimler, birçok alanda büyük değişimlere neden olurken, lojistik sektörü de bu gelişmelerden etkilenmiştir. Endüstri 4.0'ın lojistiği etkilemesi, dolayısıyla lojistik sektörünün de bu gelişmelerle birlikte verimli alanlarının çoğalmasını sağlamaktadır.

Endüstri 4.0 teknolojilerinin lojistik iş süreçlerinde kullanılması lojistikte değiştirici ve dönüştürücü etkiye sebep olmuştur. Akıllı robot ve yapay zekanın özellikle stok yönetiminde etkin kullanımı; firmalara hız ve takip konularında destek sağlarken, işlemlerdeki hata oranlarını azaltmakta dolayısıyla firmanın verimliliğini artırmaktadır. Lojistik faaliyetler açısından nesnelerin interneti, küresel tedarik zincirini meydana getiren bağlantı noktaları arasındaki bilgi alışverişini kolaylaştırarak blok zincirleme ve veri havuzlarının kullanımı noktasında daha yüksek bilgi elde etmeye yardımcı olur. Böylece ağır etkin bir biçimde yönetilmesinde, güçlenmesinde ve büyümesinde dijitalleşme araç olarak kullanılmaktadır.

Covid-19 pandemi süreciyle birlikte lojistiğin hayati önemi bir kez daha anlaşılmıştır. Tedarik zinciri süreçleri ve yeni teknolojiler, bu süreçlerdeki bilginin dijitalleşmesiyle şirketler kendilerine en fazla yarar sağlayacak şekilde entegre bir sistem oluşturmaya çalışmaktadırlar. Dijitalleşmeyle birlikte planlama ve uygulama, lojistikte izlenebilirlik, yeni satın alma modelleri, akıllı depolama, e-ticaret ve akıllı lojistikle şirketler rekabet avantajı sağlayacak, hız, etkinlik, esneklik, tasarruf, performans artışı, kaynakların verimli kullanımı gibi kazanımlar ortaya çıkacaktır (Çakırel, 2021).

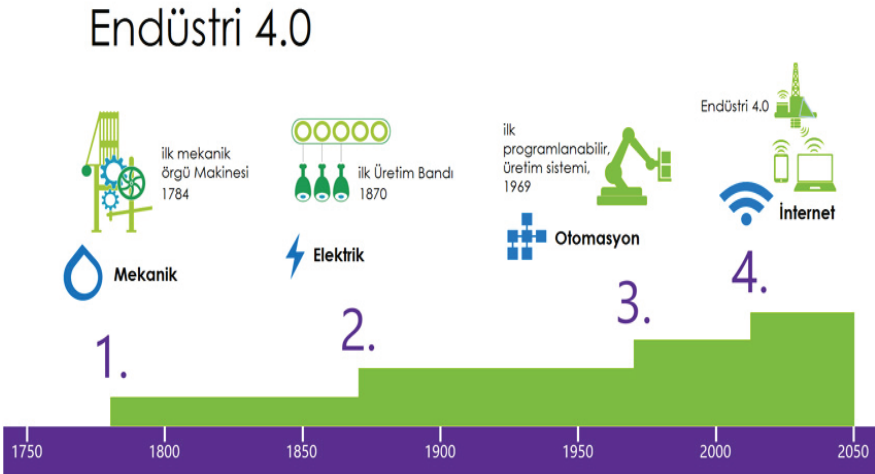
Çalışma dört bölümü kapsamaktadır. Giriş bölümünden sonra ikinci bölüm olan kavramsal çerçevenin ilk alt başlığında dijitalleşme kavramı tanımlanmış, dijitalleşmenin tarihi ve dünyadaki ve Türkiye'deki trendleri incelenmiş, dijitalleşmenin önemi ile lojistik alanı üzerindeki etkileri anlatılmıştır. Kavramsal çerçevenin ikinci başlığında ise lojistik kavramı ve lojistik faaliyetlerinin tanımı ve lojistik sektörünün teknoloji kullanımına yönelik çeşitli veriler incelenmiştir. Çalışmanın üçüncü bölümünde lojistik faaliyetlerde dijitalleşme konusu ele alınmıştır. Sonuç bölümünde ise analizlerin sonuçları değerlendirilmiş lojistik sektörünün dijitalleşmesine yönelik görüşler sunulmuştur.

2. Kavramsal Çerçeve

2.1. Dijitalleşme ve Dijital Dönüşüm

Yiyecek üretimine geçiş, insanlık tarihinde ilk büyük dönüm noktası olan, insan nüfusundaki büyük artışla ve uygarlığın üzerinde yükseleceği temeli atan olaydır (McNeill, 2008). Tarihteki ilk devrim tarımdır. Yerleşik yaşama geçişle birlikte insanların hayata geçirdiği ilk toplumsal devrim olan tarım toplumunun oluşmasının ardından sanayi devrimi gerçekleşmiştir (Bulut, 2017). Toffler'ise medeniyeti üç parçaya ayırmıştır; tarım toplumunu Birinci Dalga, sanayi toplumunu İkinci Dalga, şimdi başlayan toplumu da Üçüncü Dalga olarak tanımlamaktadır (Toffler, 2008).

Birinci endüstri devrimi, imalat sistemlerinin su ve buhar gücünden yararlanarak mekanik hale getirilmesi, İkinci endüstri devrimi elektrik gücünün imalatta kullanılmasıyla seri üretime geçilmesi, otomasyon olarak isimlendirilen üçüncü endüstri devrimi ise, imalat sistemlerinde elektronik ve bilişim teknolojilerinden elde edilen kazanımların kullanılması olarak ortaya çıktı (Nuroğlu, 2021). Endüstri 4.0'ın diğer devrimlerden farkı, üretim yönteminden daha çok teknolojinin getirdiği yenilikleri üretim süreçlerine bütünleştiren uygulamalar sağlamasıdır (Gönen & Rasgen, 2019). Yapay zekâ, üç boyutu yazıcılar, robotik teknoloji alanlarındaki gelişmeler sayesinde iktisadi değeri olan tüm nesnelerin internet bağlantısı aracılığıyla diğer nesnelere iletilişim ve etkileşime geçebildiği akıllı imalat dönemi, Endüstri 4.0 olarak adlandırılmaktadır (Aksoy, 2017). Endüstrileşmenin evreleri ise Şekil-1'de gösterilmiştir.



Şekil 1: Sanayi Devrimleri (WEF, 2021)

Bilgi toplumuna geçişle birlikte politik ve kültürel örgütlenmeler ve de ekonomi değişirken, bilgisayarlar hayatımızda daha yoğun bir yer kap-

lamakta, iletişim ve dolaşımında her geçen gün daha da artan enformasyonla, dünyanın her yerinden bilgi alma olanağını insanlara sağladığı önemle belirtilmektedir (Aktaş, 2007). Dijitalleşme ve dijital dönüşüm kavramları son yıllarda çok rastlanan kavramlardır. Latince *digitus* «parmak, özellikle işaret parmağı» sözcüğünden türetilen dijital kavramı enformasyon sistemlerinin ana ögesini oluşturan sayısallaştırmayı ifade etmektedir. Analog verilerin sayısallaştırılmasıyla (digitization) verilerin bilgisayar tarafından işlenebilen, saklanabilen ve yönetilebilen hale gelmesidir. İşletmelerde dijital verilerin yönetilip, bilgisayarların kullanılmasıyla dijitalleşme (digitization) süreci başlamıştır. Dijitalleşmeyle iş süreçlerinin otomasyonu yazılım sistemlerinin kullanılmasıyla ortaya çıkmış sonrasında internet ve diğer çeşitli dijital teknolojiler sayesinde işletmelerde iş model değişimine yol açmıştır. Hızla gelişen ve bütünleşen dijital teknolojilerle dördüncü sanayi devrimine geçilmiş, işletmelerin dijitalleşme, tüm iş süreçleri, iş modelleri ve örgütsel yapılarını kapsayan dijital dönüşüm (digital transformation) süreci başlamıştır (Klein, 2020). Dijital teknolojilerin büyük ölçüde benimsenmesi ile tetiklenen dönüşümleri ifade eden dijitalleşme, bilgi üretmekte, üretilen bilgiyi işlemekte, paylaşmakta ve aktarmaktadır (Katz, 2017). Dijitalleşme, uyum sağlayamayan bir bilgi teknolojisi altyapısına sahip olmak yerine, dijitalleşmiş kaynakları şirkete değer katacak yeni girdiler, gelişmeler ve operasyonel sonuçlara dönüştürme evresidir (Yüksel & Şener, 2017). Yirminci yüzyılın ortalarında bilgisayarın icadıyla ortaya çıkan dijital dönüşümün ilk belirtileri, internet, kişisel bilgisayar ve mobil telefonların icadı ve yaygınlaşmasıyla hızlanmıştır. Birey, kurum ve de sistemlerin her zaman her yerde etkileşimine imkân sağlayan bütün bu dijital gelişmeler, küresel refahı artırırken, yine birey, kurum ve ekonomik sistemlerin, bu hızlı gelişimine ayak uydurmasına zaman tanımayarak, hızını her geçen gün artırmaktadır (Pakdemirli, 2019).

Dijitalleşme; telekomünikasyon ağları (sabit ya da mobil geniş bant ağlar), bilgisayar teknolojileri, yazılım mühendisliği (işletim sistemleri, yapay zeka, makine öğrenimi) ve bu teknolojilerin kullanımından kaynaklanan yayılma tesirleri (devlet hizmetlerinin elektronik sunumu, uygulama geliştirme için ortak alanlar, elektronik ticaret, forumlarda ve sosyal ağlarda, portallarda, bloglarda ve çevrimiçi bilgilerin varlığı) gibi birden fazla teknolojinin evrimine dayanmaktadır (Katz, 2017). Dijital dönüşüm fabrikada ürün imalatında robotların kullanılmasıyla üretim sürecini değiştirirken, sosyal medyayı etkili kullanan bir işletmede, pazarlama sürecini değiştirerek dijital dönüşüm yaşamaktadır. İşletmeler içinse önemli olan tüm dijital dönüşüm yaklaşımlarını dikkate alan, işletmenin süreçlerine entegre eden bir dijital dönüşüm stratejisi belirlemektir. Bu stratejiyi belirlerken de tüm dijital dönüşüm senaryolarını ve işletmede nasıl bir dönüşüme yol açacağını tayin etmek gereklidir (Klein, 2020). İşletmelerde dijital dönüşüm

evreleri Şekil-2’de özetlenmiştir.



Şekil 2: İşletmelerde Dijitalleşme Evreleri (Klein, 2020)

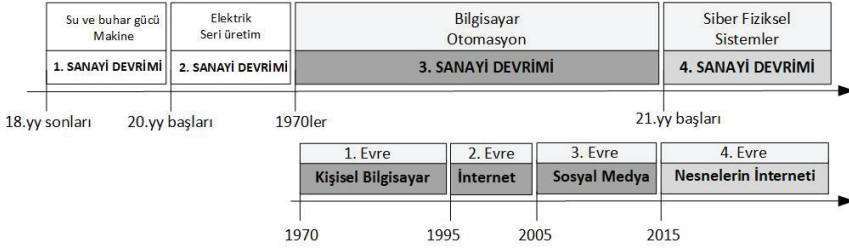
İşletmelerin tüm işlevlerini etkileyen, işletme faaliyetlerinde iş süreçlerini değiştiren, tarih boyunca gerçekleşen sanayi devrimlerinin sonucunda, bilginin sayısı artmış ve yararlı bilgiye ulaşmaksa güçleşmiştir (Gönen & Rasgen, 2019). Kurumdaki tüm bilgi ve tecrübelerinin dijital ortama aktarılması ve değişen dünyada yeni olanak ve aynı zamanda yeni sorunlarla yönetebilmesi bir kurumun dijitalleşmesidir (Şeker, 2014). Dijitalleşme dijital işletmeye yol açar, dijital dönüşüm dijital iş ve dijitalleşme gerektirir (i-scoop.eu, 2021).

Dijitalleşme global ölçekte şimdilik tamamen yaygınlaşmasa da sosyal hayatımızı giderek etkisi altına alarak bireyleri dijitalleşmeye zorlamaktadır. Örneğin bireyler kamu hizmetinden yararlanmak istiyorlarsa hiç değilse bir mobil telefona sahip olmalıdır. Buna ek olarak her bireyin elektronik posta hesabının olması hemen hemen zorunlu bir hal almıştır. Bunlara sahip olmayan bireyler, e-devlet uygulamalarına erişememektedir. Bireylerin verileri dijital olarak sisteme kaydedilip depolanırken, sonrasında da bu kaynaktan kullanılır (Olgun, 2020).

Dijitalleşme, lojistik ve elektrik endüstrilerinde 2016 ile 2025 yılları arasında dünya genelinde 6 milyona kadar iş yaratabilme potansiyeline sahiptir. Diğer birçok alanda da otomasyon insanların yerine geçecektir. Hem kazananların hem de kaybedenlerin dijital dönüşümden kaynaklandığı düşünüldüğünde, büyük bir prim, işletmelerin kısa vadede çalışanları geliştirme ve makine çağı için yeni nesil yetenekleri şekillendirme becerisine bağlıdır (WFE, 2021). Tüm dünyada hızla artan ihtiyaç; bilişim kabiliyeti yüksek, akıllı makine üreten ve bu makineleri kullanıp yöneten ve bu teknolojiye çıkan verileri çözümlenebilen işgücüdür. Bu durumun önemini bilen Türkiye de Dijital Türkiye Yol Haritasında insan faktörünü en üst bileşen olarak belirlemiştir. Dijital dünyanın gereksinim duyduğu

işgücünü yetiştirmek, bunun altyapısını oluşturmak, diğer yandan var olan işgücünün yetkinliklerinin geliştirilmesinin sağlanması Türkiye'nin nitelikli işgücünün yetiştirilmesinde izleyeceği yollardır (Nuroğlu, 2008).

İşletmelerin dijital dönüşümü bu süreçte önem arz etmektedir, işletmelerin dijital dönüşümü ise Şekil-3'te özetlenmiştir.



Şekil 3: İşletmelerin Dijital Dönüşüm Evreleri (Klein, 2020)

2.2. Lojistik Kavramı ve Lojistik Faaliyetler

Lojistik, çözümü zor olan operasyonların detaylandırılarak düzenlenmesi ve uygulanması olarak tanımlanmaktadır. Oxford sözlük bu tanımdan yola çıkarak lojistik faaliyetlerini ise ‘ürünlerin müşterilere ulaşmasını sağlayan ticari bir faaliyet’ olarak tanımlamaktadır. Lojistik, Cambridge tanımına göre ise ‘bir şeyin faal olarak düzenlenmesi ve tertibi’ anlamına gelmektedir (Cambridge Dictionary, 2021). 1905 yılında ilk kez askeri bir kelime olarak tanımlanan lojistik kavramı, orduların hareketi, ihtiyaçlarının elde edilmesi, personel ve ürünlerin taşınması, bakımı ve yenilenmesi olarak tanımlanmaktadır (Kobu, 2003).

Çeşitli yeni tanımlamaları yapılan lojistik kavramının günümüzde kapsamı oldukça genişlemektedir. Tüm dünyada 7/24 ürünlerin ve hizmetlerin doğru yere ve doğru zamanda ulaştırılmasını sağlayan lojistik, bütünleştiren ve birleştiren bir işlemdir. Pazarlama, üretim, finansman, satış, bilişim ile ilgili operasyonları birbirine bağlarken, bunların kesilmeden yürütülebilmesi için gerekli olan tüm operasyonların optimizasyonunu sağlamaktadır (Nebol, 2016). Tedarik zinciri bir müşteriyi tatmin etmeyi hedefleyen, birbirini izleyen olayların bütününe entegre eder. Bu olaylar ise taşıma, tedarik, dağıtım, depolama, üretim ve atık yönetimi olarak özetlenebilir. Tedarik zincirinde tüm malzemelerin hareketinden sorumlu bir fonksiyon olan lojistik (Başkol, 2010) ürünün üretildiği yerden alınıp, uygun depolarda saklanması, stoklanması, ürünün talep edildiği şekilde ve mekânda teslimi ve tüm bu işlemlerin en hızlı, planlı ve etkin bir biçimde

yapılmasıdır (Çevik & Kaya, 2010) 1960'lı yıllarda dünyada hızlı değişimler yaşanmış ve bunun sonucunda artan rekabet, müşterilerin gereksinimlerini karşılamak üzere, hammadde ve malzemenin, ürünlerin, stokların veya bilginin çıkış noktasından son müşteriye kadar varana dek, verimli ve maliyetleri minimize edilmiş bir biçimde ulaşabilmesi gereksinimini ortaya çıkarmıştır (İgeme, 2005) Bir başka tanıma göre lojistik; tüketicilerin arzu ve gereksinimlerine uygun bir biçimde, ürünün çıkış noktasından tüketim noktasına kadar, bilginin, hammadde, yarı mamul ve mamulün, etkili ve verimli biçimde akış ve de depolanmasının sağlanması olarak belirtilmiştir (Küçük, 2011). Lojistik; tüketici isteklerini karşılamak üzere, mal, hizmet ve bilgilerin, çıkış noktalarından tüketim noktasına kadar fiziksel ilerleyişinin planlanması, yürütülmesi ve de denetimi etkinliklerini içeren bir sistemdir (Kotler & Armstrong, 2004).

Lojistik, ilk zamanlarda yalnızca ürünün nakliye ve depolama hizmetini sağlarken, zaman ilerledikçe gerekli tesislerin yerleşiminin sağlanması ile, sipariş akışı, imalat planlama, stok yönetimi, istem tahmini, ambalajlama, malzeme elleçleme, satın alma, satış sonrası destek, müşteri hizmetleri, yeşil ve tersine lojistik gibi faaliyetleri kapsarken ve gün geçtikçe kapsamı genişlemekte olan bir kavramdır (Çakırlar, 2009). Tedarik Zinciri Yönetimi Konseyi'nin tanımına göre lojistik, “müşterilerin gereksinimlerini karşılamak üzere her türlü ürün, hizmet ve bilgi akışının, hammaddenin başlangıç noktasından, ürünün tüketildiği son noktaya kadar olan tedarik zinciri içindeki hareketinin, etkin ve verimli bir biçimde akış ve depolanmasının sağlanması, kontrol altına alınması ve planlanması sürecidir”. Var olan bütün lojistik uygulamaları kapsayan tanım olarak lojistik ise bütün bu tanımlardan yararlanarak, medeniyetin varoluşuyla eş anlamlı olarak görülen (sadece imalat/üretim sektöründe değil) bütün etkinliklerin gereksinimini karşılamak hedefi ile tasarlanarak icra edilen ve desteklenen işlemin gereksinimlerinin belirlenmesiyle başlamakta, ürün ve hizmetlerin gereksinimlerinin giderilmesiyle sona ermekte olan işlemler bütünü olarak tanımlanabilir (Keskin, 2018).

Gün geçtikçe lojistik faaliyetlerin işletmeler açısından önemi artarken, lojistik faaliyetler işletmelerin faaliyetlerine değer katmaktadır. (Bilginer, Kayabaşı & Sezici, 2008). Lojistik faaliyetler, depolama, nakliye, paketleme, stok yönetimi, satın alma, sipariş planlama ve müşteri hizmetlerini kapsamı içine almaktadır (Dinçel & Günbaş, 2016). Bir diğer kaynağa göre de lojistik yönetimi faaliyetleri, taşıma, stok yönetimi, depolama, elleçleme, paketleme, sipariş işleme, enformasyon yönetimi ve satın almayı içermektedir (Gülen, 2011).

Sipariş planlama: Lojistik yönetiminin en önemli unsurlarından olan doğru bilgi akışı ile doğru bilginin aktarılması sağlanmaktadır ve aktarılan doğru bilgi sipariş işleme çok önemli bir yer tutmaktadır. Günümüzde

müşterilerin siparişlerinin hem daha hızlı hem daha az maliyetli olmasındaki temel faktör müşteri siparişlerinin internet bağlantısı ile alınmasıdır.

Sipariş işlemlerinde önem verilmesi gereken unsurlardan biri de çalışanların sürece hâkim olması ve çalışanların bu konudaki eğitimleridir (Gülen, 2011). Sipariş işleme, sipariş iletişiminin sağlanması ve gelişmesini sağlama, sipariş verme şeklinin belirlenmesi, siparişin giriş faaliyetlerini yürütme, siparişi izleme ve son olarak siparişin tamamlanmasını gerçekleştirme evrelerinde oluşmaktadır (Taşkın & Emel, 2009).

Depolama: Lojistik faaliyetlerde iki önemli amaç vardır, bunlardan birincisi toplam maliyetleri minimize etmek, ikincisi tüketici memnuniyetinin artırmaktır. Bu nedenle depolama fonksiyonu ile lojistik hedefler arasında kuvvetli bir ilişki vardır (Öz, 2020). Depolama, firmaların, müşteri taleplerini, istenilen seviyede karşılayabilmek için ürünlerini hazır bir biçimde bulundurmalarını sağlamaktadır (Kamışlı, 2020). Malzeme ve ürünleri üretiminden satışına kadar, uygun koşullar altında korunmasını sağlayan depolamanın temel hedefi ise zaman faydası ve arz ve talebin dengelenmesini sağlamaktır (Kayabaşı, 2010).

Stok Yönetimi: Bir firma tarafından gelecekteki yararlanmalar için elde bulundurulmuş tüm ham madde, malzeme ve ürünlere stok denilmektedir (Kamışlı, 2020). Stok yönetimi ise potansiyel müşteri gereksinimleri yani satış tahminleri ve gerçekleşen müşteri siparişlerinden yola çıkmakta, hangi ürünün ne miktarda ve ne zaman olması, müşterilere sevk edilmek için stoklara alım koordinesi, planı, yürütülmesi ve kontrolünün sağlanması işlemlerini kapsamaktadır. Ürünler firmanın imal ettiği malzemeler olabileceği gibi, bir başka imalatçıdan alınan ve satılacak olan malzemeler de olabilmektedir (Nebol, 2016).

Paketleme: Tüm tedarik zinciri aşamalarında yer alan paketleme, stok yönetiminde, depolama faaliyetlerinde, taşıma planlarının yapılmasında, bakım faaliyetlerinin uygulanmasında etkin olan lojistik faaliyetidir (Keskin, 2018). Son yıllarda önem kazanan bir lojistik faaliyet alanı olan paketleme faaliyetinde; ürünlerin çıkış noktasından müşteriye gelinceye kadar, tüm evrelerde güvenli bir biçimde zarar görmeden taşınması en önemli amaçtır. Ürünlerin korunması, taşınması, reklamı gibi işlevleri yerine getirmekte olan paketleme ayrıca çevre bilinci de dikkate almaktadır (Dinçel & Günbaş, 2016).

Nakliye: Ürünlerin doğru zamanda ve olması gerektiği yerde olması, tüketici açısından ürünlerin değerini belirleyen etkidir, dolayısıyla zamanında karşılanmayan istekler, ilgili ürünün tüm değerini yok edebilmekte, bu nedenle nakliye yani taşımacılık oldukça önemli hale gelmektedir. Ürünlerin, malzemelerin olması gereken zamanda iletilmesiyle zaman faydası, yine ürün veya hizmetin üretildiği yerden gereksinim duyulan

mekâna iletilmesiyle mekân faydası sağlanmış olmaktadır (Bakan & Şekeli, 2017). Ham madde, yarı mamul ve mamullerin tedarik zincirinde bir sonraki aşamaya geçebilmesi, malzemelerin bir sonraki işlemin yapılacağı yere getirilmesiyle sağlanmakta, dolayısıyla malzemelerin bu şekilde fiziksel olarak yerinin değiştirilerek konumlandırılması işlemi taşımadır (Nebol, 2016).

Satın Alma: İşletmenin üretiminin hedeflenen kalitede ve hızda gerçekleştirilebilmesi için, satın alma faaliyeti oldukça önemlidir (Özdemir, 2017). Satın alma faaliyetleri, gereksinim duyulan malzemelerin, ürünlerin sağlanması olarak tanımlanmakta, siparişin alınmasıyla, siparişin tedarikinden oluşmaktadır. Satın alma sürecine yalnızca malzemelerin ödemesinin yapılarak elde edilmesi olarak bakılmamalıdır. Faaliyetin aynı zamanda, tanımlama yapılması, tekliflerin değerlendirilmesi, kararın verilmesi, iletişim kurulması ve sözleşmenin yapılması gibi işlemleri de içerdiği göz ardı edilmemelidir (Dinçel & Günbaş, 2016).

Müşteri Hizmetleri: Lojistik yönetimde müşteri hizmetlerinin hedefi; ilk seferde her şeyi doğru yapmaktır. Tüm sistemde, lojistik performans, kalite anlayışıyla birlikte artırılması amaçlanmakta iken, tüketici, pazarlama stratejisi, süreç ve de malzemelerin iyi bir biçimde tanımlanmaları gerekmektedir (Tutar, Tutar & Yetişen, 2009).

3. Lojistik Faaliyetlerde Dijitalleşme

İlgili alanyazını incelendiğinde Endüstri 4.0 üzerine yazılmış pek çok çalışma olduğu görülmektedir. Bu çalışmaları kavramsal ve kuramsal çalışmalar (Lasi, Fettke, Feld & Hoffman, 2014; Devezas, Leitao & Saygulov, 2017; Guban & Kovacs, 2017), sektörel çalışmalar (Thames & Schaefer, 2017; Bongomin ve diğerleri, 2020; Sa, Ferreira, Dieguez, Sa, & Silva, 2020) ve ülke örnekleri üzerinden yapılan çalışmalar (Imran, Hameed, & Haque 2018; Popkova, Ragulina & Bogoviz, 2019; Ünlü & Atik, 2018; Siau, Xi & Zou, 2019; Brixner vd., 2020) olarak temelde üçe ayırabiliriz. Her üç başlık altında da literatür incelendiğinde daha pek çok çalışmaya rastlamak mümkündür. Özellikle sektörel çalışmalar incelendiğinde endüstri 4.0 özetinde hemen hemen her sektörle ilgili yapılmış çalışmalara rastlamak mümkündür. Paralel şekilde lojistik sektörü özelinde de pek çok çalışma yapılmıştır. Örneğin (Tang ve Veelenturf, 2019) yaptıkları çalışmada Endüstri 4.0'ın lojistik sektöründe dronlar ve teslimat robotlarının kullanılması ile (1) hızı artırdığını; depolama ve geri alma robotlarının kullanılmasıyla (2) güvenilirliğin arttığını; akıllı sensörler vasıtasıyla envanter izleme ve yenileme sistemlerinin kullanımı sonucu (3) düşük işletme maliyetleri sağladığını; blok zinciri (blockchain) teknolojinin kullanıldığı konteynır taşımacılığı ile de (4) verimliliğin arttığını tespit etmişlerdir. Paralel şekilde Barreto ve arkadaşları (Barreto, Amaral, Pereira, 2017) da Endüstri 4.0'ın lojistik sektörüne

etkilerini incelemişler Endüstri 4.0'ın lojistik sektörünü daha akıllı hale getirdiğini öne sürmüşlerdir. Ayrıca yazarlar Lojistik 4.0 kavramsallaştırmasını kullanarak yaşanan son endüstri devriminin lojistik alanında siber fiziksel sistemlerin kullanılmasıyla kaynakların daha iyi planlanabileceğini, depo yönetim sistemlerini dönüştüreceğini, tedarik zincirinin bir parçası olan taşıma yönetim sistemlerini dönüştüreceğini, akıllı taşıma sistemleri ve bilgi güvenliğinin artırılarak lojistik sektörünün daha etkin, etkili ve verimli hale geleceğini tartışmaktadırlar. Bukova ve arkadaşları da (Bukova, vd., 2018) lojistik 4.0 kavramını kullanmakta endüstri 4.0'ın dünya genelinde tedarik zincirini dönüştürdüğünü iddia etmektedir. Türkçe alanyazınında da Endüstri 4.0 ile birlikte lojistik 4.0 kavramının kullanılmaya başladığı görülmektedir (Saatçioğlu, Kök, & Özispa, 2018; Özdemir & Özgüner, 2018; Şekkeli & Bakan, 2018; İyigün & Görçün, 2019).

4. Sonuçlar

Lojistik sektörü Birinci Endüstri Devrimi ile hız kazanmıştır. İlerleyen süreçte de hızla gelişmeye devam ederken, Endüstri 4.0 ile dördüncü aşamasına gelen değişimler silsilesi ile lojistik, hayatımıza daha fazla dokunmakta ve hayat standartlarımızı destekleyen bir aşamaya gelmektedir.

Sektörün maliyet modellerini değiştiren ve mevcut iş modellerini sorgulayan yeni teknolojiler, değişen gereksinimleri karşılayabilmek adına lojistik şirketlerinin varlık verimliliği, dijital uygunluk, maliyet verimliliği, yenilikçiliğe daha fazla yönelmesi gerekmektedir. Lojistik şirketlerinin bir ön şartı; müşterilerinin artan ve değişen beklentilerini karşılarken, kârını maksimize etmek ve büyüme sağlayabilmek için dijital zindeliktir. Piyasadaki değişimleri izleyebilmek ve bu değişimlere hazır olabilmek için lojistik şirketleri büyük müşterileriyle yakın ilişkiler kurmalarındırlar. Ayrıca bu şirketler hedefledikleri pazarları yakından izlemeli ve kendi geleceklerini şekillendirmelidirler (Gökırmak, 2019).

Endüstri 4.0 ile birlikte gelişen, simülasyon, endüstriyel internet, bulut, nesnelerin interneti, gelişmiş robotik siber güvenlik, büyük veri, güçlendirilmiş gerçeklik, katma değer üretimi ve veri analitiği gibi teknoloji-deki gelişmeler lojistik alanı adına büyük önem arz etmektedir.

Tufts Üniversitesi tarafından 2021 yılında yayınlanan Dijital Dönüşüm Endeksi Raporu'na göre 90 ülkenin analiz edildiği dijital dönüşüm açısından değerlendirilen ülkeler arasında Türkiye 50. Sırada yer almaktadır. Aynı araştırmanın dijital güven kategorisinde ise 50 ülke arasında 42. olarak sıralamaya girmiştir. Bu endekse göre yapılan değerlendirmelerde Türkiye henüz düşük dijitalleşme düzeyine sahip ancak gelişime açık ülkeler kategorisinde yerini almıştır. Sonuç olarak, Türkiye teknolojik ve inovatif hamlelerle lojistik uygulamalarını akıllı ve bağlantılı bir biçimde dijitalleştirerek öne çıkan ülkeler kategorisine girebilir (DDER, 2021).

Kaynakça

- Aksoy, S. (2017). Değişen teknolojiler ve Endüstri 4.0: Endüstri 4.0'ı anlamaya dair bir giriş. *Sosyal Araştırmalar Vakfı Dergisi*(4), 34-44.
- Aktaş, C. (2007). Enformasyon toplumu bağlamında Türkiye. *Selçuk Üniversitesi İletişim Fakültesi Akademik Dergisi*, 4(4), 181-193.
- Bakan, İ., & Şekkeli, Z. (2017). *Lojistik Yönetimi*. İstanbul: Beta Basım Yayım Dağıtım A.Ş.
- Başkol, M. (2010). Lojistik ve Lojistik Yönetimi. *Bartın Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*, 1(2), 47-64.
- Bilginer, N., Kayabaşı, A., & Sezici, E. (2008, Aralık). Lojistik Faaliyetlerin Süreçsel Etkinliğine Etki Eden Faktörlerin Değerlendirilmesi Üzerine Ampirik Bir Çalışma. *Dumlupınar Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*(22), 277-295.
- Barreto, L., Amaral, A., & Pereira, T. (2017). Industry 4.0 Implication in Logistics: An Overview. *Procedia Manufacturing*, 13, 1245-1252.
- Bongomin , O., Yemane, A., Kembabazi, B., Malanda, C., Mwape, M., Mpofo, N., & Tigalana, D. (2020). Industry 4.0 Disruption and Its Neologisms in Major Industrial Sectors: A State of the Art. *Journal of Engineering*, 1-45.
- Brixner, C., Isaak, P., Mochi, S., Ozono, M., Suarez, D., & Yoguel, G. (2020). Back to the Future- Is Industry 4.0 a New Techno-organizational Paradigm? Implications for Latin American Countries. *Economies of Innovation and New Technology*, 1-15.
- Bukova, B., Brumercikova, E., Cerna, L., & Drozdziel, P. (2018). The Position of Industry in the Worldwide Logistics Chains. *LOGI-Scientific Journal on Transport and Logistics*, 9(1), 18-23.
- Bulut, E. (2017). Endüstri 4.0 ve İnovasyon Göstergeleri Kapsamında Türkiye Analizi. *ASSAM Uluslararası Hakemli Dergi (ASSAM - UHAD) ASSAM International Refereed Journal*(7), 50-72.
- Cambridge Dictionary. (2021, Ocak). <https://dictionary.cambridge.org/> adresinden alındı.
- Çakırlar, H. (2009). İşletmelerin Lojistik Faaliyetlerinde Dış Kaynak Kullanımı: Trakya Bölgesinde Faaliyet Gösteren İşletmeler Üzerinde Bir İnceleme. *Yüksek Lisans Tezi*. Edirne.
- Çakırel, Y. (2021). *Dijital Dönüşümün Sektörel Analizleri*, Nobel Akademik Yayıncılık.
- Çevik, S., & Kaya, S. (2010, Kasım). Türkiye'nin Lojistik Potansiyeli ve İzmir'in Lojistik Faaliyetleri Açısından Durum (SWOT) Analizi. *İzmir Ticaret Odası*, s. 22-28.

- Dijital Dönüşüm Endeksi Raporu - DDER (2021). https://sites.tufts.edu/digitalplanet/files/2021/countrydashboards/Digital_Intelligence_Dashboard_TR.pdf adresinden alındı.
- Devezas , T., Leitao, J., & Saygulov, A. (2017). *Industry 4.0- Entrepreneurship and Structurak Change in the New Digital Landscape*. Springer.
- Dinçel, S., & Günbaş, Y. (2016). *Lojistik Yönetimi ve Girişimcilik*. İstanbul: Hyperlink.
- Gönen, S., & Raşgen, M. (2019). Endüstri 4.0 ve muhasebenin dijital dönüşümü. *Manas Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 8(3), 2898-2917.
- Gökırmak, H. (2019). Lojistik Sektöründe Dijital Dönüşüm ve İstanbul Otobüs A.Ş. Akıllı Ulaşım Sistemleri Uygulaması. *Bilgi Ekonomisi Ve Yönetimi Dergisi*, 14(1), 73-87.
- Guban, M., & Kovacs, G. (2017). Industry 4.0 Conception. *Acta Technica Corviniensis- Bulletin of Engineering*, 111-114.
- Gülen, K. G. (2011). *Lojistik Sektöründe Durum Analizi ve Rekabetçi Stratejiler*. İstanbul: İstanbul Ticaret Odası.
- İgeme. (2005). *İhracatta Pratik Bilgiler*. İgeme.
- Imran, M., Hameed, W., & Haque, A. (2018). Influence of Industry 4*-0 on the Production and Service Sectors in pakistan: Evidence from Textile and Logistics Industries. *Social Sciences*, 7(12), 1-21.
- İyigün, İ., & Görçün, Ö. (2019). Endüstri 4.0: Lojistik ve Tedarik Zinciri Yönetiminde Teknoloji Kullanımı Eğilimleri. *EKEV Akademi Dergisi(ICOAEF Özel Sayısı)*, 119-134.
- i-scoop.eu*. (2021, Mayıs). <https://www.i-scoop.eu/digital-transformation/digitization-digitalization-digital-transformation-disruption/> adresinden alındı
- Katz, R. L. (2017). Social and economic impact of digital transformation on the economy. *International Telecommunications Union*, 1-41.
- Kayabaşı, A. (2010). *Rekabet Gücü Perspektifinde Lojistik Faaliyetlerde PErformans Geliştime*. İstanbul: İstanbul Ticaret Odası.
- Keskin, M. H. (2018). *Tedarik Zinciri Yönetimi (Geçmiş, Değişimi, Bugünü, Geleceği)* (7 b.). Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tc. Ltd. Şti.
- Klein, M. (2020). İşletmelerin Dijital Dönüşüm Senaryoları-Kavramsal Bir Model Önerisi. *Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi*, 19(74), 997-1019.
- Kobu, B. (2003). *Üretim Yönetimi*. İstanbul: Avcıol Basım Yayın.
- Kotler, P., & Armstrong, G. (2004). *Principles of Marketing*. New Jersey: Prentice-Hall.
- Küçük, O. (2011). *Lojistik İlkeleri Yönetimi*. Ankara: Seçkin Yayınları.

- Lasi, H., Fettke, P., Feld, T., & Hoffman, M. (2014). Industry 4.0. *BISE-CAT-CHWORD*, 239-242.
- McNeill, W. H. (2008). *Dünya Tarihi* (13 b.). (A. Şenel, Çev.) Ankara: İmge Kitabevi Yayınları.
- Nuroğlu, E. (2021, Mayıs 14). *İlan edilen devrim: Endüstri 4.0*. Anadolu Ajansı: <https://www.aa.com.tr/tr/analiz-haber/ilan-edilen-devrim-endustri-40/1068480> adresinden alındı.
- Nebol, E. (2016). *Tedarik Zinciri ve Lojistik Yönetimi*. Ankara: Nobel Akademik Yayıncılık.
- Olgun, C. K. (2020). Dijital Kültürün Yükselişine Doğru: Riskler ve Fırsatlar. *Adıyaman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*(35), 185-218.
- Öz, M. (2020). *Lojistik Faaliyetlerde Dış Kaynak Kullanımı ve Pazarlama Tabanlı Yetenekler Üzerine Etkisi*. Konya: Eğitim Yayınevi.
- Özdemir, A. (2017). Lojistiğin Temel Kavramları. M. Naççakan, & F. Er (Dü) içinde, *Lojistik İlkeleri* (s. 3-18). Eskişehir: Anadolu Üniversitesi.
- Özdemir, A., & Özgüner, M. (2018). Endüstri 4.0 ve Lojistik Sektörüne Etkileri: Lojistik 4.0. *İşletme ve İktisat Çalışmaları Dergisi*, 6(4), 39-47.
- Pakdemirli, B. (2019). Dijital Dönüşüm ve Ekonomik Büyüme. *Adıyaman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 32., 665-694.
- Popkova, E., Ragulina, J., & Bogoviz, A. (2019). *Industry 4.0İ Industrial Revolution of the 21st Century*. Springer.
- Saatçioğlu, Ö., Kök, G., & Özispa, N. (2018). Endüstri 4.0 ve Lojistik Sektörüne Yansımalarının Örnek Olay Kapsamında Değerlendirilmesi. *Süleyman Demirel Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi*(Endüstri 4.0 ve Örgütsel Değişim Özel Sayısı), 1675-1696.
- Sa, J., Ferreira, L. P., Dieguez, T., Sa, J. C., & Silva, F. J. (2020). Role of the Industry 4.0 in the Wine Production and Enotourism Sectors. *International Conference on Tourism, Technology and Systems*, (s. 171-180).
- Siau, K., Xi, Y., & Zou, C. (2019). Industry 4.0: Challenges and Opportunities in Different Countries. *Business Technology & Digital Transformation Strategie, Data Analytics & Digital Technologies Cutter Business Technology Journal*.
- Şeker, Ş. E. (2014). Dijitalleşme. *YBS Ansiklopedi*, 1(1), 6-8.
- Şekkeli, H., & Bakan, İ. (2018). Endüstri 4.0'ın Etkisiyle Lojistik 4.0. *Journal of Life Economics*, 5(2), 17-36.
- Taşkın, Ç., & Emel, G. (2009). *İşletme Lojistiği-Rotalamada Sayısal Modeller ve Çözümlü Örnekler*. Bursa: Alfa Akademi Basım Yayım Dağıtım Ltd. Şti.
- Tang, C. S., & Veelenturf, L. P. (2019). The Strategic Role of Logistics in the Industry 4.0 Era. *Transportation Research Part E*, 129, 1-11.

- Toffler, A. (2008). Üçüncü dalga: bir fütürist ekonomi analizi klasığı (1 b.). (S. Yeniçeri, Çev.) İstanbul: Koridor Yayıncılık.
- Thames, L., & Schaefer, D. (2017). *Cybersecurity for Industry 4.0: Analysis for Design and Manufacturing*. Springer
- Tutar, E., Tutar, F., & Yetişen, H. (2009, Aralık). Türkiye’de Lojistik Sektörünün Gelişmişlik Düzeyinin Seçilmiş AB Ülkeleri (Romanya Ve Macaristan) İle Karşılaştırmalı Bir Analizi. *11(17)*, s. 190-216.
- Ünlü, F., & Atik, H. (2018). Türkiye’de İşletmelerin Endüstri 4.0’a Geçiş Performansı: Avrupa Birliği Ülkeleri ile Karşılaştırmalı Ampirik Analiz. *Ankara Avrupa Çalışmaları Dergisi*, *17(2)*, 431-463.
- WEF 2021. World Economic Forum: <https://reports.weforum.org/digitaltransformation/understanding-the-impact-of-digitalization-on-society/> (Erişim Tarihi: 20.12.2021).