

**2. Türk Dünyası
Uluslararası
Mühendislik Zirvesi**
Türkistan Kazakistan

Geleceği Şekillendiren Güç:
Mühendislik



MÜHENDİSLER DERNEĞİ

Mayıs 2025
Sayı: 04

**Mühendisler Derneği Adına
İmtiyaz Sahibi ve Genel Yayın
Yönetmeni**
Yaşar YEKABAĞCI

Sorumlu Yazı İşleri Müdürü
Dr. Zekeriya Oral YAĞDIRAN

Tasarım
Fatih TAHA
Merve TURGUT

Yayın Kurulu
Prof.Dr. Mustafa İLBAŞ
Prof.Dr. İnan GÜLER
Prof.Dr. Ertuğrul KARAÇUHA
Prof.Dr. Mustafa ALKAN
Prof.Dr. Şeref SAĞIROĞLU
Prof.Dr. Yüksel KAPLAN
Prof.Dr. Hacı Mehmet ŞAHİN
Doç.Dr. Mustafa ULAŞ
Elektronik Müh. Mustafa AKYÜZ
Elektronik Müh. Ahmet Aşır GÜÇLÜ
Elk.-Elektronik Müh. Cevat AKTEPE
Çevre Yük Müh. Hasan Onur TEMEL
İnşaat Yük. Müh. Yaşar AYDOĞDU

Hukuk Danışmanı
Av. Mehmet BİYIKLI

Basım Tarihi: 29.04.2025

Basım Yeri
Dinçler Matbaacılık San. Tic. Ltd. Şti.
Bayındır 1 Sk. 6/12 Adilhan İş Mrkz.
Kızılay / ANKARA
e-mail: info@dinclermatbaacilik.com

Bu dergideki yazılarda ifade edilen görüşler, Mühendis Medya dergisinin resmi görüşlerini yansıtmaz. Yazılarda yer alan bilgi, iddialar ve yorumların doğruluğundan tamamen yazar sorumludur. Mühendis Medya dergisi, yazılardaki herhangi bir içerikten ötürü sorumluluk kabul etmez. Dergimiz yerel süreli ve ücretsizdir. Üç ayda bir yayınlanır.

İçindekiler

02

Başlarken...
Yaşar YEKEBAĞCI

04

Geleceği Şekillendiren Güç:
Mühendislik ve Teknolojinin Yükselişi
Dr. Osman COŞKUN

06

İnsanlığı Dönüştüren Güç: Mühendislik
Bilim / **Doç. Dr. Mustafa ULAŞ**

10

Esnek Üretim Sisteminde Mobil Endüstriyel
Robotların Faaliyet Planlaması
Prof. Dr. Cavanşir Firudin oğlu Məmmədov

25

Çimento Endüstrisinde Karbon
Salınımının Azaltılması
Öğr. Gör. Bilge ARSLAN

31

Siber Vatanın Sürdürülebilirlik Paradigması
Doç.Dr. Muharrem Tuncay GENÇOĞLU

34

Mikroişlemci Isı Pompasının Geliştirilmesi
Prof. Dr. Murat KUNELBAYEV

41

Doğanın Mimarisi: Gaudí'den Oxman'a
Biyomimikri
Banu BAŞER

47

Güncel Haberler
Hasan Onur TEMEL

72

2. Türk Dünyası Uluslararası Mühendislik
Zirvesi 2025 Bilim ve Teknolojide
Yenilikler Konferansı

74

Ahmet Yesevi Üniversitesi

77

Bağlantılı Araç Teknolojisi
Dr. Yasin GENÇ

81

Excel'de Pivot Tablolarla Çalışmak
Yaşar AYDOĞDU

Mühendis Medya dergimiz yeni sayısıyla yayında

Mühendis Medya dergimiz ile Mimar, Mühendis ve Şehir Plancılarının sesi olmaya devam ediyoruz. Mesleğimizin itibarını yükseltene kadar durmak yok, çalışmaya devam.

Mühendisler, ülkemizin kalkınmasında en kritik rollerden birini üstlenirken, ne yazık ki hak ettikleri değeri görmüyorlar. Her yeni düzenlemede mühendislerin haklarının teslim edilmesini beklerken, tam tersine hak kayıplarıyla karşı karşıya kalmaları büyük bir üzüntü kaynağıdır. Üstelik diğer meslek grupları için tekil düzenlemeler yapılırken, mühendisler sürekli göz ardı ediliyor.

Bir mühendisin yetişmesi yıllar alıyor ve ülkemize maliyeti oldukça yüksek. Buna karşın, mühendislerin özlük hakları, vasıfsız bir çalışanın haklarından bile düşük seviyede bırakılıyor. Bu durum, yalnızca mühendisleri değil, aynı zamanda ülkemizin teknolojik ilerlemesini ve kalkınmasını da olumsuz etkiliyor.

Kamu mühendisleri, her geçen gün daha da büyük bir umutsuzluğa itiliyor. Diğer meslek grupları için uygulanması planlanan iyileştirmelerden mühendislerin dışlanması, herkesi derin bir hayal kırıklığına sürüklüyor.

**Yetkililere çağrımız nettir;
Mühendisler artık görmezden
gelinmesin!**

Bu ülkenin geleceği mühendislerin emeğiyle şekilleniyor ve hak ettikleri değeri görmeleri artık bir zorunluluktur.



Şunu unutmamak gerekir: Mühendisler kalkınmanın temel anahtarıdır.

Mühendislerin yetişmesi büyük bir emeğin ürünü, bu kaynak heba edilmelidir. Bir mühendis yetiştirmek kolay değildir. Hem aileler hem de devlet, mühendislik eğitimi için büyük bir maddi ve manevi yatırım yapmaktadır. Ancak bu kaynağın boşa gitmemesi için mühendislerin istihdam sorunlarının çözülmesi gerekmektedir. Ne yazık ki, bugün birçok üniversiteden mezun olan mühendisler ciddi işsizlik sorunlarıyla karşı karşıya kalmaktadır.

Mühendislik fakültelerinin sayısının artmasıyla birlikte, birçok üniversite kaliteli öğrenci bulmakta zorlanmakta ve

düşük başarı seviyesine sahip öğrenciler mühendislik eğitime kabul edilmektedir. Temel eğitimi yetersiz olan öğrenciler, mühendislik eğitiminde eksik kalmakta ve bu durum mesleğin itibarını zedelemektedir. Aynı zamanda, mühendis sayısındaki kontrolsüz artış, mesleğin değerinin azalmasına neden olmaktadır.

Bu sorunun çözümü için üniversitelerde mühendislik fakültelerinin kontenjanları azaltılmalı ve mühendislik programlarına kabul edilen öğrencilerin başarı sıralamaları yukarı çekilmelidir. Böylece, mühendislik mesleğinin kalitesi korunacak ve mühendislerin iş gücü piyasasında hak ettikleri değeri görmeleri sağlanacaktır.

Bu sayımızın temasını "Geleceği Şekillendiren Güç: Mühendislik" olarak belirledik. Mühendisler, geleceği inşa eden en büyük güçtür. Bu sayımızda, mühendisliğin dünyayı nasıl şekillendirdiğinin altını bir kez daha çiziyoruz. Geleceğin teknolojileri, altyapıları ve yenilikleri, mühendislerin emeği ve vizyonu ile hayat buluyor.

Bu sayımızda, Mayıs ayında düzenleyeceğimiz 2. Türk Dünyası Uluslararası Mühendislik Zirvesi'nin de müjdesini veriyoruz. "Bilim ve Teknolojide Yenilikler" temasıyla gerçekleştireceğimiz bu zirveye, Türk dünyasının dört bir yanından mühendisler ve akademisyenler katılacak. İlk ülkemizde yapılan bu önemli zirveyi geleneksel hale getirerek, Türk dünyasındaki mühendislerin sesi olmayı hedefliyoruz.

Bu kapsamda, zirvenin gelecekte de Türk Cumhuriyetleri'nde düzenlenmesini planlıyor, mühendislik mesleğinin ortak değerlerini ve gelişimini desteklemeye devam ediyoruz. Hoca Ahmet Yesevi Üniversitesi, Kazakistan'da düzenleyeceğimiz bu önemli zirvede ev sahibi olarak yer alacak ve mühendislik dünyasının geleceğine önemli katkı sağlayacaktır.

Mühendislik Meslek Kanunu, mesleğimizin geleceği açısından son derece kritik bir öneme sahiptir. Bu kanunun yasallaşması için çabalarımızı kararlılıkla sürdüreceğiz.

Bu düzenlemede adil ve deneyime dayalı bir ücret sistemi, mali sorumluluk sigortası ve tazminatı, üniversite kontenjanlarının makul seviyeye çekilmesi ve başarı sıralamasının yükseltilmesi, kazanılmış özlük haklarının korunması ve emeklilikte ücret artışını içeren düzenlemelerin yer alması bizim için büyük önem taşıyor.

Mühendislerin emeği, bilgi birikimi ve alın teri görmezden gelinemez. Mesleğimizin hak ettiği itibarı kazanması ve mühendislerin daha iyi çalışma koşullarına sahip olması için mücadelemiz devam edecek. Bu mücadelemizde desteğiniz ve yardımlarınız mesleğimiz açısından çok büyük önem arz etmektedir.

Mühendisler, geleceği şekillendiren gücün kendisidir.

Saygılarımla,

Yaşar YEKEBAĞCI
Mühendisler Derneği
Genel Başkanı

Geleceği Şekillendiren Güç: Mühendislik ve Teknolojinin Yükselişi

Dr. Osman COŞKUN

Cumhurbaşkanlığı Bilim, Teknoloji ve Yenilik Politikaları Kurulu Üyesi

İnsanlık tarihi, bilginin üretildiği, geliştirildiği ve dönüştürüldüğü bir süreçtir. Bu süreçte mühendislik, toplumların kalkınmasını sağlayan en önemli itici güçlerden biri olmuştur. Geçmişten günümüze medeniyetlerin inşasında kritik bir rol oynayan mühendislik, bugün ise geleceği şekillendiren temel dinamiklerden biri olarak öne çıkmaktadır. Bilim ve teknolojiye ilerlemelerle birlikte, mühendislik disiplinleri yalnızca mevcut ihtiyaçlara cevap vermekle kalmayıp, insanlığın sınırlarını da yeniden tanımlamaktadır.

Teknolojinin Gücü: Mühendisliğin Yeni Ufukları

Mühendislik, doğayı anlama ve onu insanlığın yararına dönüştürme sanatıdır. Bugün, yapay zekâdan biyomü-

hendisliğe, kuantum bilişimden uzay teknolojilerine kadar birçok alanda devrim niteliğinde gelişmeler yaşanmaktadır. Özellikle Endüstri 4.0 ile birlikte otonom sistemler, büyük veri analitiği ve nesnelerin interneti (IoT) gibi teknolojiler, üretim süreçlerinden günlük yaşama kadar geniş bir yelpazede etkisini hissettirmektedir.

Yapay zekâ ve makine öğrenimi, mühendislik süreçlerini daha verimli hale getirerek problem çözme yetisini benzersiz bir seviyeye taşımaktadır. Örneğin, sağlık sektöründe yapay zekâ destekli teşhis sistemleri, hastalıkların daha erken tespit edilmesini sağlarken, ulaşım alanında otonom araçlar trafik güvenliğini artırmaktadır. Benzer şekilde, yenilene-

bilir enerji teknolojileri, sürdürülebilir bir gelecek için yeni nesil enerji kaynaklarının kullanımını yaygınlaştırmaktadır.

Mühendislik ve İnsanlık: Sorumluluk ve Etik Yaklaşım

Mühendisliğin yükselişi, beraberinde büyük bir sorumluluk da getirmektedir. Yeni teknolojiler geliştirilirken, bu teknolojilerin toplumsal etkileri göz önünde bulundurulmalıdır. Etik mühendislik anlayışı, insan hakları, çevresel sürdürülebilirlik ve veri güvenliği gibi konuların öncelikli hale gelmesini zorunlu kılmaktadır.

Bu noktada, mühendislerin sadece teknik uzmanlıkla değil, aynı zamanda etik sorumluluk bilinciyle hareket etmeleri büyük önem taşımaktadır. Örneğin, yapay zekâ tabanlı sistemlerin adil ve tarafsız çalışmasını sağlamak, biyoteknolojik gelişmelerin insan doğasını etik sınırlar içinde değiştirmesini gözetmek ve çevresel etkileri minimize eden mühendislik çözümleri geliştirmek, geleceğin mühendislerine düşen en büyük görevlerden bazılarıdır.

Yenilikçi ve Vizyoner Bir Yaklaşım

Geleceği şekillendiren mühendislik, yalnızca mevcut sorunları çözmekle kalmaz, aynı zamanda yeni fırsatlar yaratır. Bu süreçte disiplinler arası iş birlikleri büyük önem taşımaktadır. Mühendislik ile sosyal bilimler, tıp, ekonomi ve sanat gibi alanlar arasındaki etkileşim, daha bütüncül ve sürdürülebilir çözümler üretmeye olanak tanımaktadır.

Özellikle girişimcilik ekosisteminde mühendislik ve inovasyon arasındaki ilişki, yeni teknolojilerin hızla ticarileşmesini sağlamaktadır. Start-up kültürü, yenilikçi mühendislik çözümlerinin global ölçekte yayılmasına öncülük etmekte ve yeni nesil mühendislerin teknoloji liderleri

olarak sahneye çıkmasını mümkün kılmaktadır.

Sonuç: Geleceği İnşa Eden Güç

Mühendislik, insanlık tarihinin en köklü ve dönüştürücü güçlerinden biridir. Bilimsel merak ve teknolojik yeniliklerin birleşimiyle, mühendisler yalnızca bugünün değil, yarının dünyasını da şekillendirmektedir. Dijital devrim, yapay zekâ, sürdürülebilir enerji çözümleri ve biyoteknoloji gibi alanlarda atılacak adımlar, insanlığın refah seviyesini artırırken, doğayla daha uyumlu bir yaşam modeli oluşturma için anahtar olacaktır.

Geleceği inşa eden bu büyük gücün farkında olarak, etik, sorumlu ve yenilikçi bir mühendislik anlayışı benimsemek, sürdürülebilir ve adil bir dünya için vazgeçilmez bir gerekliliktir. Mühendislik, yalnızca bir meslek değil, insanlığın ortak geleceğini tasarlayan bir vizyonun taşıyıcısıdır. Bu vizyon doğrultusunda, mühendislerin ve bilim insanlarının ortaya koyacağı her yeni buluş, geleceğin dünyasını daha yaşanabilir, daha akıllı ve daha sürdürülebilir kılacaktır.

Kaynakça:

- 1.Schwab, Klaus. The Fourth Industrial Revolution. World Economic Forum, 2016.
- 2.Kurzweil, Ray. The Singularity is Near: When Humans Transcend Biology. Viking, 2005.
- 3.IEEE Global Initiative on Ethics of Autonomous and Intelligent Systems. Ethically Aligned Design, First Edition, 2019.
- 4.National Academy of Engineering (NAE). The Engineer of 2020: Visions of Engineering in the New Century. The National Academies Press, 2004.
- 5.Bessant, John & Tidd, Joe. Innovation and Entrepreneurship. Wiley, 2015.
- 6.Vallor, Shannon. Technology and the Virtues: A Philosophical Guide to a Future Worth Wanting. Oxford University Press, 2016.
- 7.Susskind, Richard & Susskind, Daniel. The Future of the Professions: How Technology Will Transform the Work of Human Experts. Oxford University Press, 2015.

İnsanlığı Dönüştüren Güç: Mühendislik Bilimi

İnsanlık tarihi boyunca gelişmenin ve ilerlemenin ardında genellikle bir keşif, bir icat ya da dönüştürücü bir kırılma anı yer almıştır. Ancak bu gelişmeleri mümkün kılan mühendislik temelleri çoğu zaman göz ardı edilmektedir. Medeniyetin evriminde yalnızca savaşlar, siyasi devrimler ya da kültürel dönüşümler değil; aynı zamanda sistemli düşünce, hesaplama gücü ve teknik beceri ile biçimlendirilmiş mühendislik uygulamaları da belirleyici rol oynamaktadır. Mühendislik, insanın doğa karşısındaki konumunu yalnızca fiziksel değil, zihinsel olarak da yeniden tanımlayan; doğayı dönüştürme kapasitesini rasyonel ilkelere dayandıran bir üretim biçimi olarak değerlendirilebilir. Bu çerçevede mühendislik, insanlığın karşılaştığı temel sorunlara çözüm üretmekle kalmayıp, yaşamın her alanında kalıcı etkiler yaratan sessiz bir devrim niteliği taşımaktadır.

Bugün dünyanın herhangi bir yerinde bir düğmeye basılarak ışığın yanması, yalnızca elektriğin keşfiyle değil; elektrik enerjisinin üretilmesi, iletilmesi, dağıtılması ve sürdürülebilir şekilde yönetilmesini mümkün kılan mühendislik sistemleri sayesinde gerçekleştirilebilmektedir. Sanayi Devrimi'nden itibaren enerji kaynaklarının yönetimi, üretim teknolojilerinin otomasyonu ve ulaşım altyapılarının yeniden kurgulanması, insan yaşamının ölçeğini ve sınırlarını belirgin biçimde dönüştürmüştür. Elektrikli motorlardan demiryolu hatlarına, barajlardan gökdenlere kadar uzanan her bir yapı, mühendisliğin problem çözme yaklaşımının somut bir yansımasıdır. Yirminci yüzyılın ortalarından itibaren hız kazanan dijitalleşme süreci ise elektronik ve bilgisayar mühendisliğinin ortak bilgi birikimiyle şekillenmiş; veri işleme, iletişim ve karar alma mekanizmalarının niteliğini kökten

değiştirmiştir. Özellikle internetin küresel bir altyapı haline gelmesi, yalnızca bilgiye erişim biçimini değil; bilginin üretilmesi, sınıflandırılması ve paylaşılması süreçlerini de yeniden tanımlamıştır. Bugün sosyal medya üzerinde gerçekleştirilen bir içerik aktarımı ya da yüksek hacimli bir yapay zekâ modelinin eğitilmesi, arka planda çalışan karmaşık algoritmaların ve mühendislik altyapısının bütünleşik yapısı sayesinde mümkün hale gelmektedir.

Yirmi birinci yüzyılın ilk çeyreği, mühendisliğin yalnızca mevcut sorunlara çözüm üretme işleviyle değil; aynı zamanda henüz ortaya çıkmamış ihtiyaçları öngörme ve bu ihtiyaçlara cevap verecek yapıları inşa etme yetkinliğiyle şekillenmeye başladığı bir dönem olarak tanımlanabilir. Bugün karşı karşıya kalınan küresel ölçekli zorluklar, geleneksel mühendislik pratiklerinin sınırlarını aşan çok katmanlı yaklaşımlar gerektirmektedir. Bu çerçevede, belirli mühendislik alanları giderek stratejik bir öncelik kazanmakta, geleceğin teknolojik ve toplumsal dönüşümünün temel yapıtaşları olarak konumlanmaktadır.

Yapay zekâ mühendisliği bu alanların başında gelmektedir. Verinin giderek daha büyük hacimlerde üretildiği ve karar alma süreçlerinin otomasyona devredildiği bir çağda, yalnızca algoritma geliştirmekle sınırlı olmayan; sistem güvenliği, etik denetim ve hesap verebilirlik gibi ilkeleri de merkezine alan bir yapay zekâ mühendisliği pratiği önem kazanmaktadır. Bu disiplin, sağlık alanında hastalıkların teşhisinden finansal risk analizine, ulaşım optimizasyonundan savunma stratejilerine kadar çok geniş bir yelpazede uygulama alanı bulmakta; insan karar mekanizmalarını destekleyen değil, yer yer ikame eden bir yapıya evrilmektedir. Bu durum, mühendislik mesleğine

yeni bir etik sorumluluk boyutu eklemek ve yalnızca teknik yeterlilik değil, aynı zamanda sosyal öngörü de gerektirmektedir.

Bir diğer yükselen alan olan robotik ve mekatronik mühendisliği, fiziksel çevre ile dijital sistemlerin etkileşimini yeniden tanımlamakta; üretim hatlarından ameliyathanelere, tarım alanlarından uzay görevlerine kadar birçok sektörde insan gücünün yerini alabilecek otonom sistemlerin gelişimine öncülük etmektedir. Bu alandaki gelişmeler, sadece mekanik yapıların değil, aynı zamanda algılama, öğrenme ve çevresel değişkenlere adapte olma kapasitesine sahip sistemlerin geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Nitekim geleceğin robot sistemleri, sabit işlevsellikten ziyade, bağlama duyarlı ve sürekli öğrenebilen yapıların örüntüsü olacaktır. Bu da klasik mühendislik





çizgisinin ötesine geçen bir düşünsel dönüşümü zorunlu kılmaktadır.

Biyomühendislik ve biyoinformatik ise yalnızca teknolojik değil, aynı zamanda yaşam biliminin sınırlarını yeniden tanımlayan bir perspektif sunmaktadır. Genetik düzeyde müdahale edilebilen sistemler, canlı organizmaların mühendislik prensipleriyle yeniden yapılandırılmasına imkân tanımaktadır. Hücresel düzeyde işleyen üretim süreçleri, biyolojik sensörler ve bireyselleştirilmiş tedavi sistemleri, gelecekte sağlık ve tarım başta olmak üzere birçok sektörde paradigma değişimine yol açacaktır. Bu gelişmeler, mühendisliği yalnızca makine ve devre tasarımıyla sınırlayan anlayışın çok ötesine geçmekte; biyolojik sistemlerin de mühendislik konusu haline gelebileceğini ortaya koymaktadır.

Tüm bu alanlar, yalnızca teknik bilgiyle değil, aynı zamanda etik, çevresel ve sosyal duyarlılıklarla birlikte kurgulanması gereken bir mühendislik anlayışının habercisidir. Geleceğin mühendisleri, tek

bir alanın sınırları içinde kalmayan; farklı disiplinler arasında köprü kurabilen, insan merkezli tasarımı odağa alan ve çözüm üretmenin ötesinde doğru soruları sorabilen bireyler olmak zorundadır. Bu bağlamda mühendislik, yalnızca bir meslek değil, giderek daha fazla bir dünya görüşü halini almaktadır.

Günümüz mühendisliği yalnızca yeni teknolojilerin geliştirilmesiyle sınırlı bir etkinlik alanı olmaktan çıkmakta; insan yaşamının temel değerleriyle doğrudan ilişki kuran çok boyutlu bir sorumluluk alanına dönüşmektedir. Herhangi bir teknik tasarım, artık yalnızca işlevselliğiyle değil; yarattığı sosyal etkiler, doğaya olan müdahale düzeyi ve bireyler üzerindeki psikolojik ve kültürel yansımalarıyla birlikte değerlendirilmek zorundadır. Bu durum, mühendislik mesleğini yalnızca problem çözen değil, aynı zamanda sorumluluk üstlenen, geleceği kurgularken geçmişin ve bugünün deneyimlerinden etik sonuçlar çıkarabilen bir anlayışla yeniden tanımlamaktadır.

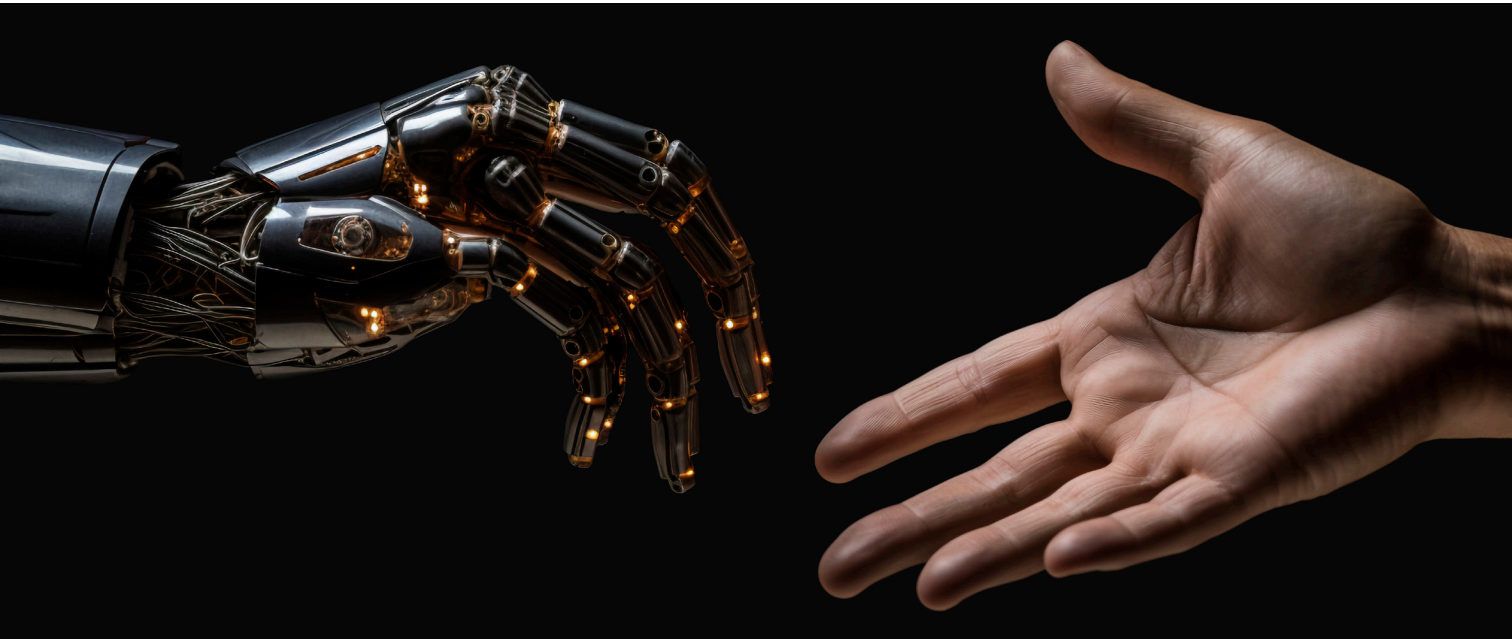
Yapay zekâ ve robotik sistemlerin insan karar alma süreçlerine entegre edilmesi, mühendislik pratiğini yalnızca teknik bir faaliyet olmaktan çıkararak, değer temelli bir denge arayışının merkezine yerleştirmiştir. Artık bir mühendislik ürününün başarısı, sadece teknik doğruluğu ya da verimliliğiyle değil; hangi verilerle beslendiği, hangi toplumsal yapıları etkilediği ve kimin yararına çalıştığı gibi çok katmanlı sorular üzerinden değerlendirilmektedir. Bu bağlamda mühendis, yalnızca fiziksel sistemleri inşa eden değil; aynı zamanda toplumsal güvenin ve etik sorumluluğun taşıyıcısı olan bir aktöre dönüşmektedir. Yapay zekâ gibi dönüştürücü teknolojiler, yalnızca bir teknolojik sıçrama değil; mühendisliğin insanlıkla kurduğu ilişkiyi yeniden tarif eden köklü bir dönüşümün işaretidir. Bilginin üretimi, karar süreçlerinin otomasyonu, sosyal yapının dijitalleşme etkisiyle yeniden biçimlenmesi gibi alanlarda mühendislik uygulamaları, bireylerin ve toplumların geleceğini belirleyecek ölçekte bir güce ulaşmıştır. Bu durum, mühendislik mesleğini salt bilgi üretiminin ötesine

taşıyarak, insan onurunu, adaleti ve kapsayıcılığı önceleyen bir etik çerçeveye yeniden düşünmeyi zorunlu kılmaktadır. Dolayısıyla mühendislik, yalnızca sorun çözen bir meslek değil; aynı zamanda toplumsal bilinçle yönlendirilmesi gereken bir dönüşüm aracıdır. Bu dönüşümün sağlıklı biçimde gerçekleşmesi ise, teknik yetkinliğin insani sorumlulukla bütünleştiği, çok disiplinli ve eleştirel bir mühendislik anlayışının yerleşmesiyle mümkün olacaktır.

Sonuç olarak mühendislik, yalnızca yenilik üretme potansiyeliyle değil; bu yenilikleri toplumsal bir bilinçle yoğurma kapasitesiyle de insanlığın ortak geleceğinde belirleyici bir rol üstlenmektedir. Mühendislerin yalnızca makineleri değil, aynı zamanda insanı ve doğayı da hesaba kattığı bir gelecek, teknolojinin değil; bilincin ilerlemesiyle mümkün olacaktır.

Doç. Dr. Mustafa ULAŞ

Fırat Üniversitesi
Yapay Zeka ve Veri Mühendisliği
Bölümü Başkanı



Esnek Üretim Sisteminde Mobil Endüstriyel Robotların Faaliyet Planlaması

Çevik İstehsal Sistemində Mobil Sənaye Robotlarının Fəaliyyətinin Planlaşdırılması

Prof. Dr. Cavanşir Firudin oğlu Məmmədov

Sumgayıt Devlet Üniversitesi
Sumqayıt Dövlət Universiteti

I. Giriş

Modern robotiğin uygulama alanlarından biri esnek üretim sistemleridir (Flexible Manufacturing Systems - FMS). Çeşitli endüstrilerde faaliyet gösteren FMS, büyük ölçekli teknolojik süreçler, üretim alanları, modüller, hatlar, taşıma, işleme, iletişim, tedarik sistemleri ve bitmiş ürünlerin depolandığı depolardan oluşmaktadır. Bilindiği gibi FMS, tek bir işletme içindeki teknolojik süreçlerin karmaşık otomasyonunu ve üretimi durdurmada bir ürün türünden diğer bir ürün türüne otomatik geçiş yapabilen bir sistemdir. Mekanik, elektrik, otomatik vb. pek çok teknik birimi bünyesinde barındıran FMS, aynı zamanda lojistik ve taşıma ekipmanlarından da oluşmaktadır. Ancak FMS'ye özel lojistik ve taşıma ekipmanlarının analizi, bu tür işletmelerde ham-

I. Giriş

Müasir robototexnikanın tətbiq sahələrindən biri çevik istehsal sistemləridir (ÇİS). Müxtəlif sənaye sahələrində fəaliyyət göstərən ÇİS-lər miqyaslı texnoloji proseslərdən, istehsal sahələrindən, modullar, xətlər, nəqliyyat, emalətmə, kommunikasiya, təchizat sistemlərindən və hazır məhsulları saxlayan ambarlardan təşkil olunur. Məlum olduğu kimi ÇİS - vahid müəssisə çərçivəsində texnoloji proseslərin kompleks avtomatlaşdırılmasını, bir məhsul növündən digər məhsul növünə istehsalı dayandırmadan avtomatik keçid imkanına malik olan sistemdir. Özündə çox saylı mexaniki, elektrik, avtomatik, və s. texniki vahidləri birləşdirən ÇİS, həm də logistik və nəqliyyat texnikasından ibarətdir. Lakin, ÇİS-ə məxus olan logistik və nəqliyyat texnikasının təhlili göstərir ki, bu növ müəssisələrdə xammalın, tərtibatların, məhsulla-

maddelerin, düzenlemelerin, ürünlerin hızlı bir şekilde taşınması ve gerekli ekipmanlara yüklenmesi, otomatik taşıma ekipmanlarının ve depolara yerleştirilmesi işlemlerinin çoğunlukla el emeği veya onların kontrolündeki araçlarla kişiler tarafından gerçekleştirildiğini göstermektedir. Bu sorunu çözmek için ele alınan konunun amacı belirlenir.

Makalenin amacı – FMS'nin girdisi, işletme çıkışında toplanan hammadde-lerin, üretim alanlarında oluşan atıkların, arızalı ürünlerin ve bitmiş ürünlerin toplanmasını ve taşınmasını sağlayan mobil endüstriyel robotlar için planlama algoritması ve yazılımının geliştirilmesidir.

İşin amacına bağlı olarak aşağıdaki sorunların çözülmesi gerekmektedir:

1. Mobil Sanayi Robotu (MSR) türlerinin seçimi ve uygulanan nesnenin yapısının ve teknolojik sürecinin analizine dayanarak lojistik rotalarının belirlenmesi.
2. FMS içindeki atık, kusur ve bitmiş ürünleri toplayan MSR'in lojistik rotalarının planlanmasına yönelik algoritmanın geliştirilmesi.
3. MSR'lerin hareket yörüngelerinin planlanması için yapısal analiz modellerinin geliştirilmesi.



rın operativ daşınması və tələb olunan avadanlıqlara, avtomatik nəqliyyat texnikasına yüklənməsi və ambarlara yerləşdirilməsi əməliyyatları çox hallarda insanlar tərəfindən əl əməyi və ya onların idarə etdiyi nəqliyyat vasitələri ilə icra olunur. Bu problemin həlli üçün baxılan məsələnin məqsədi müəyyən edilir.

Məqalənin məqsədi – ÇİS-in girişinə xammalın, istehsal sahələrində yaranan tullantıların, defektli məhsulların və müəssisənin çıxışında yığılan hazır məhsulun

toplanılması və daşınmasını təmin edən mobil sənaye robotlarının planlaşdırılması alqoritminin və proqram təminatının işlənməsidir.

İşin məqsədinə əsasən aşağıdakı məsələlərin həlli tələb olunur:

1. Tətbiq obyektin quruluşunun və onun texnoloji prosesinin təhlili əsasında mobil sənaye robotlarının (MSRi) tiplərinin seçilməsi və onların logistik marşrutlarının təyini.
2. ÇİS daxilində tullantı, defekt və hazır məhsulları toplayan MSRi-lərin logistik marşrutlarının planlaşdırılması alqoritmin işlənməsi.
3. MSRi-lərin hərəkət trayektoriyalarının planlaşdırılmasının struktur təhlil modellərinin işlənməsi.

II. Uygulama nesnesi analizi

Uygulama amacı olarak alüminyum buharlaştırıcıları FMS seçilmiştir. Üretim alanlarında teknolojik ekipmanlar, takım tezgahları, otomatik taşıma hatları, fırınlar, servis sanayi robotları seri, paralel ve karma yapı esasına göre düzenlenmiştir (Şekil 1). Uygulanan FMS üretim alanlarındaki teknolojik işlemler sonucunda atıklar (kesilmiş ve kusurlu alüminyum levhalar, parçalar) oluşmaktadır. Şekil 1'den görülebileceği gibi uygulama nesnesi, alüminyum evaporatörler FMS altı üretim alanından oluşmaktadır. FMS'nin alt üretim alanlarında gerçekleştirilen teknolojik işlemler aşağıdaki sette anlatılmaktadır:

$$X_i \in \{X_1, X_2, \dots, X_7\},$$

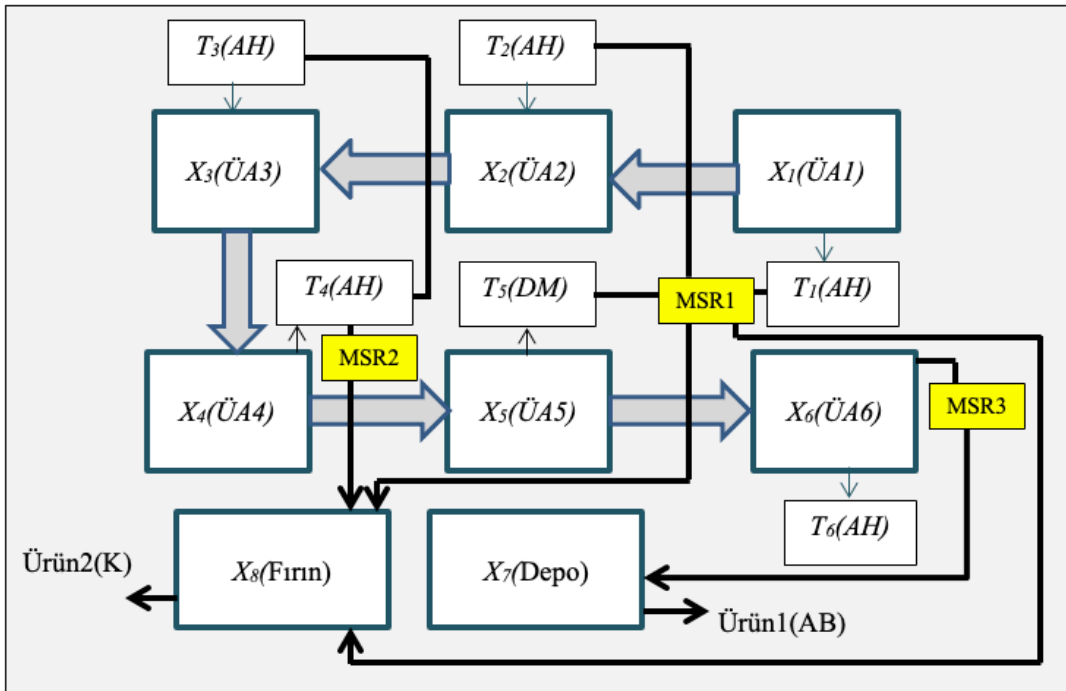
burada X1-alüminyum bobinin levhalar halinde kesilmesi ve ısıtılması; X2-alüminyum levhaların parlatılması ve çizilmesi; X3-alüminyum levhaların kurutulması ve birleştirilmesi, soğuk kaynak

II. Tətbiq obyektinin təhlili

Tətbiq obyektini kimi alüminium buxarlandırıcıları ÇİS seçilmişdir. Onun istehsal sahələrində texnoloji avadanlıqlar, dəzgahlar, avtomatik nəqliyyat xtləri, sobalar, xidmətdici sənaye robotları ardıcıl, paralel və qarışıq quruluş əsasında kompanovka edilib (Şək. 1). Tətbiq olunan ÇİS-in istehsal sahələrinin texnoloji əməliyyatlar nəticəsində tullantılar (kəsilmiş və defektli alüminium vərəqlər, parçalar) əmələ gəlir. Şəkil 1-dən görndüyü kimi tətbiq obyektini olan, alüminium buxarlandırıcıları ÇİS-i altı istehsal sahəsindən ibarətdir. Ardıcıl olaraq ÇİS-in istehsal sahələrində yerinə yetirilən texnoloji əməliyyatlar aşağıdakı çoxluq şəklində təsvir olunur:

$$X_i \in \{X_1, X_2, \dots, X_7\},$$

burada X1-alüminium rulonun vərəqlərə kəsilməsi və onların qızdırılması; X2-alüminium vərəqlərin pardaqlanması və şəkil çəkilməsi; X3-alüminium vərəqlərin qurudulması və cütləşdirilərək, soyuq qaynaq edilməsi; X4-alüminium vərəqin artıq hissələrinin kə-



Şekil 1. Alüminyum Buharlaştırıcı (Evaporatör) FMS'nin Xi üretim alanlarının şeması
Şək. 1. Alüminium buxarlandırıcıları ÇİS-in Xi istehsal sahələrinin sxemi

yapılması; X4-alüminyum levhanın fazla kısımlarının kəsilməsi, düzləşdirilməsi və ısıtılması; X5-alüminyum levha düzləşdirmə, yuva və kanalların açılması; X6-alüminyum levhadan kanalların kurutulması, kəsilməsi və montajı; X7 - alüminyum buxarlaştırıcılar üçün depolama alanı; X8 - alüminyum atık eritmə fırını.

Şəkil 1. Alüminyum Buxarlaştırıcı (Evaporatör) FMS'nin Xi üretim alanlarının şeması

Burada MSR1, 1, 2, 5 (ÜA1, ÜA2, ÜA5) üretim alanlarında kəsilen və yontulan alüminyum parçaların atık ve kusurlu tasarımlarını toplayıp X8 fırınına taşıyan mobil bir endüstriyel robottur; MSR2 – 3, 4. üretim alanında (ÜA3, ÜA5) kəsilen ve plakalara basılan alüminyum parçaların hurdalarını toplayıp X8 fırınına nakleden endüstriyel robottur; MSR3, bitmiş alüminyum buxarlaştırıcıları üretim alanı 6'da (ÜA6) toplayan ve bunları depo X7'ye taşıyan mobil bir endüstriyel robottur.

Xi'nin teknolojik operasyonlarının analizi, ürün hazırlama sürecinde alüminyum levhanın kəsilməsi sonucu alüminyum atık oluştuğunu ve bunun da üretim alanının kirlenmesine neden olduğunu gösteriyor. Öte yandan, bireysel üretim alanlarında ürün hazırlama sürecinde (özellikle kesme, yontma, şekillendirme, kanal açma ve kanal açma cihaz ve ekipmanlarında hatalı ürünler ortaya çıkar ve bunların kaldırılması gerekir). Teknolojik sürecin sonunda bitmiş ürünlerin montajı yapılmalı, monte edilmeli ve depolarda saklanmalıdır.

Önemli konulardan biri de atıkların, arızalı ürünlerin uygun özel işleme alanına uzaklaştırılması ve bitmiş ürünlerin toplanması, montajı ve depoda doğru konumlara yerleştirilmesi için nakliye araçlarının kullanılmasıdır.

silməsi, düzləndirilməsi və qızdırılması; X5-alüminium vərəqin düzləndirilməsi, yuvasının və kanalların açılması; X6-alüminium vərəqin kanallarının qurudulması, kəsilməsi və yığılması; X7 - alüminium buxarlandırıcıların saxlanılması sahəsi; X8 - alüminium tullantıların əridilməsi sobası.

Şək. 1. Alüminium buxarlandırıcıları ÇİS-in Xi istehsal sahələrinin sxemi

Burada, MSR1 – 1, 2, 5-ci istehsal sahələrində (İS1, İS2, İS5) kəsilən, yonulan alüminium parçalarının tullantılarını və defektli tərtibatlarını toplayan və X8 sobaya daşıyan mobil sənaye robotudur; MSR2 – 3, 4-cü istehsal sahəsində (İS3, İS5) kəsilən və pasta şəkillərini səhf çəkilən alüminium parçalarının tullantılarını toplayan və X8 sobaya daşıyan mobil sənaye robotudur; MSR3 – 6-cı istehsal sahəsində (İS6) hazır alüminium buxarlandırıcılarını toplayan və X7 ambara daşıyan mobil sənaye robotudur.

Xi texnoloji əməliyyatların təhlili göstərir ki, məhsulun hazırlanması prosesində alüminium vərəqin kəsilməsi nəticəsində alüminium tullantılar əmələ gəlir ki, bu da istehsal sahənin çirklənməsinə səbəb olur. Digər tərəfdən ayrı ayrı istehsal sahəsində məhsulun hazırlanması prosesində (xüsusi ilə, kəsmə, yonma, şəkilçəkmə, yuvaaçma və kanalaçma qurğu və avadanlıqlarında defektli məhsullar hazırlanır ki, onların mütləq şəkildə kənarlaşdırılması tələb olunur). Texnoloji prosesin sonunda hazır məhsulların yığılması, komplektləşdirilməsi və ambarlarda yığılıb, saxlanması əməliyyatları yerinə yetirilməlidir.

Tullantıları, defektli məhsulları müvafiq olaraq xüsusi emalətmə sahəsinə kənarlaşdırmaq və hazır məhsulları yığıb, komplektləşdirilib və ambarda düzgün mövqeylərdə yerləşdirilməsini təmin etmək üçün yükdaşıyıcı nəqliyyat vasitələrindən istifadə etmək vacib məsələlərdən biridir.

Analiz edilen uygulama nesnesinin karmaşık nitelikteki teknolojik işlemlerden oluştuğu, ağır fiziksel kaldırma ve taşıma işlemlerinin gerekli olduğu göz önüne alındığında, bu tür işler için verimli ve yenilikçi otomasyon teknolojisinin kullanılması daha uygundur.

Üretim işletmelerinde kullanılan modern yenilikçi otomasyon teknolojilerinin analizi, mobil endüstriyel robotların daha yaygın kullanıldığını göstermektedir. Analiz edilen MSR'ler standart lojistik yük taşıma sistemleri grubuna aittir. Ancak uygulama nesnesinin teknolojik özellikleri, ürünlerin malzemeleri, geometrik şekilleri ve boyutları dikkate alındığında FMS için yeni tasarımı mobil endüstriyel robotların kullanılması uygun olacaktır.

Öyleyse, uygulama amacı olan alüminyum evaporatör esnek üretim sisteminin 8 üretim alanı için MSR türlerinin seçilmesi ve rota yörgüngelerinin belirlenmesi konularına bakalım.

III. FMS'de MSR hareket yollarının planlanması

Mobil robot teknolojisinin ana görevlerinden biri, optimum hareketi sağlamak için kesin bir rota seçmektir. Bir uygulama tesisinde hareket eden mobil endüstriyel robotun sürekli olarak çevresini değerlendirmesi, kendi konumunu ve çevresindeki nesnelerin konumlarını belirlemesi gerekir. Uygulama nesnesinin analizi, alüminyum buharlaştırıcıların FMS'nin çok sayıda teknolojik ekipman, ara taşıma ekipmanı, fırın ve yardımcı araçlardan oluştuğunu göstermektedir. FMS'nin aktif unsurları birbirine yakın aralıklarla yerleştirilmiştir. FMS'nin yapısal boyutları 50000 x 5000 (mm)'dir. Bu durumda çizim ölçeğini küçültüp 5'lik düzende bir ızgara oluşturalım ve her ızgaranın boyutunu 100 x 10 (mm) olarak

Nəzərə alsaq ki, təhlil olunan tətbiq obyekti mürəkkəb xarakterli texnoloji əməliyyatlardan ibarətdir, ağır fiziki yükləkdirmə, daşıma əməliyyatları tələb olunduğuna görə, bu növ işlərin səmərəli və innovativ avtomatlaşdırılmış texnologiyadan istifadə etmək daha məqsədəuyğundur.

İstehsal müəssisələrində istifadə olunan müasir innovativ avtomatlaşdırılmış texnologiyaların təhlili göstərir ki, daha geniş şəkildə mobil sənaye robotları tətbiq olunur. Təhlil edilən MSR-lərin standart logistik yükdaşıyıcı sistemlər qrupuna aiddir. Lakin, tətbiq obyektinin texnoloji xüsusiyyətlərini, məhsulların materiallarını, həndəsi formalarını, onların ölçülərini nəzərə alsaq, ÇİS üçün yeni konstruksiyalı mobil sənaye robotlarından istifadə etmək məqsədəuyğun olardı.

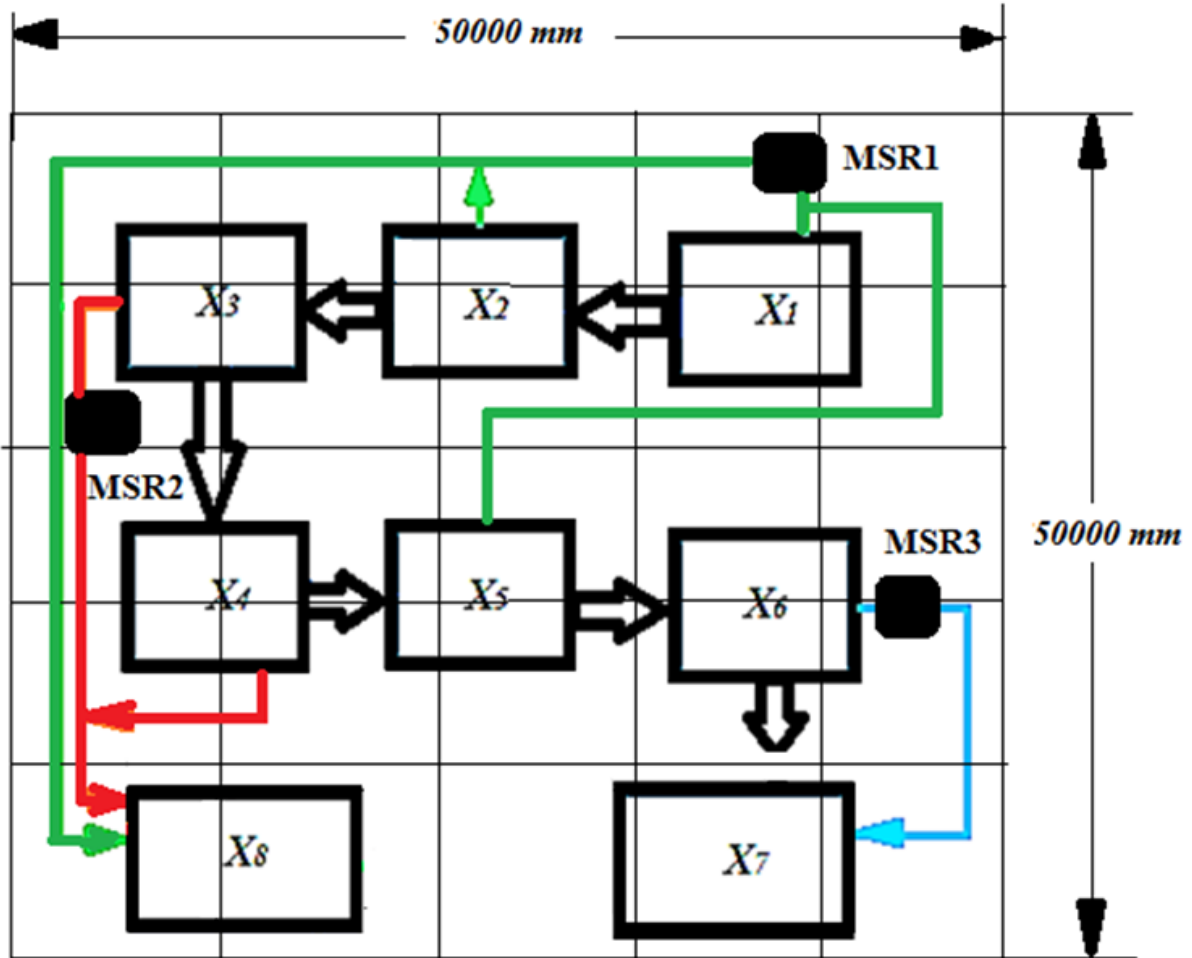
Beləliklə, tətbiq obyekti olan alüminium buxarlandırıcıları çevik istehsal sisteminin 8 istehsal sahəsi üçün MSR-in tiplərinin seçilməsi və marşrut trayektoriyalarının təyin edilməsi məsələlərinə baxaq.

III. ÇİS-də MSR-in hərəkət marşrutlarının planlaşdırılması

Mobil robototexnikanın əsas vəzifələrindən biri optimal hərəkəti təmin etmək üçün dəqiq marşrutun seçilməsidir. Tətbiq obyektində hərəkət edən mobil sənaye robotu daimi olaraq ətraf sahəsini qiymətləndirməli, öz mövqeyini və onu əhatə edən obyektlərin mövqeylərini müəyyən etməlidir. Tətbiq obyektinin təhlili göstərir ki, alüminium buxarlandırıcıları ÇİS-i çox saylı texnoloji avadlıqlardan, aralıq nəqliyyat texnikasından, sobalardan və köməkçi vasitələrdən ibarətdir. ÇİS-in aktiv elementləri bir birinə sıx yerləşdirilib. ÇİS-in quruluş ölçüləri 50000 x 5000 (mm) qəbul olunub. Bu halda çəkiliş miqyasını kiçildərək, 5 tərtibli şəbəkə yarıda və hər bir şəbəkənin ölçüsünü 100 x 10 (mm) qiyməti ilə məyyən edək. Bu parametrləri onagörə qəbul edirik ki, qəbul

ayarlayalım. Bu parametreleri benimsiyoruz çünkü MSRi yörüngelerinin koordinatlarını, bu ölçekli matris içerisinde modellemek daha kolay olacaktır. Böylece alınan MSRi hareket yörüngelerini Şekil 2'de gösterilen matris alanına yerleştirelim.

edilmiş matris daxilində MSRi-lərin hərəkət trayektoriyalarının koordinatlarını modelləşdirmək daha asan başa gələ bilər. Beləliklə, qəbul olunmuş MSRi-lərin hərəkət trayektoriyalarını şək.2-də göstərilən matris sahəsinə yerləşdirək.



Şək. 2. FMS'de MSRi'lerin hareket yörüngelerinin şematik göstərimi

Şekil 2'den görülebileceği gibi matris 5x5 büyüklüğünde varsayılmaktadır. Matrisin dizi elemanları teknolojik ekipmanların, takım tezgahlarının, endüstriyel robotların ve mobil endüstriyel robotların üretim alanlarında, taşıma hatlarında, fırınlarda, depolarda vb. kullanılan cihazların koordinatlarını yansıtmaktadır. Bu durumda matris ifadesi şu şekilde yazılır:

Şək. 2. ÇİS-də MSRi – lərin hərəkət trayektoriyalarının sxematik təsviri

Şək. 2-dən görüldüyü kimi matris 5 tərtibli qəbul edilir. Matrisin massiv elementləri istehsal sahəsinində teanoloji avadanlıqların, dəzgahların, sənaye robotların və mobil sənaye robotlarının, nəqliyyat xətlərinin, sobaların, ambarın və s. qurğuların koordinatlarını əks etdirir. Bu halda matris ifadəsi aşağıdakı kimi yazılır:

$$M_{ij} = \begin{pmatrix} X_{11} & X_{12} & X_{13} & X_{14} & X_{15} \\ X_{21} & X_{22} & X_{23} & X_{24} & X_{25} \\ X_{31} & X_{32} & X_{33} & X_{34} & X_{35} \\ X_{41} & X_{42} & X_{43} & X_{44} & X_{45} \\ X_{51} & X_{52} & X_{53} & X_{54} & X_{55} \end{pmatrix} \quad (1)$$

burada X_{ij} , geleneksel olarak bölünmüş FMS'nin üretim alanlarının geçiş koordinatlarıdır və bu alanlarda çizilən MSRi, 'nin hareket yörüngeleridir.

Böylece, Şek. 2'den MSRi'nin rota yörüngelerine ait X_{ij} 'i tanımlayalım. MSRi koordinatlarına karşılık gəlirsə $X_{ij} \rightarrow 1$ kabul edilir. Aksi takdirde $X_{ij} \rightarrow 0$ olaraq alınır. Bu durumda bu koşulun ifadə etdiyi formül şu şəkildə yazılır:

$$M_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{if } M_{ij} \in \{X_{ij}\} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

Şəkil 2'deki MSRi yörüngələrinin şemaları göz önünə alındığında, ifadənin (2) koşulu, ifadənin (1) sonucu şu şəkildə yazılır:

$$M_{ij} = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 0 \\ 1 & 0 \\ 1 & 0 \\ 1 & 0 \end{pmatrix} \quad (3)$$

İfade (3)'te, kabul edilən tek bir matrisin dizi elementlərinin benimsənən ölçəgi 1:10 isə, bu dizi elementlərinin MSRi'nin hərəkət yörüngəsinin koordinatları doğrultusunda boyutları

$$x_{ij} = l_{ij}/a_{ij} = 1 \quad \text{şəkilində qəbul edilməlidir.}$$

burada X_{ij} – şərti bölünmüş ÇİS-in istehsal sahələrinin və MSRi-nin bu sahələrdə cızılan hərəkət trayektoriyalarının keçid koordinatlarıdır.

Beləliklə, şəkl. 2-dən ardıcıl olaraq MSRi-lərin marşrut trayektoriyalarına məxsus X_{ij} – nı təyin edək. MSRi-nin koordinatlarına uyğun olarsa, onda $X_{ij} = 1$ qəbul edilir. Əks halda $X_{ij} = 0$ kimi qəbul edilir. Onda bu şərtlə ifadə olunan düstur aşağıdakı kimi yazılır:

$$M_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{if } M_{ij} \in \{X_{ij}\} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

Şəkil 2-dəki MSRi trayektoriyalarının sxemlərini, (2) ifadəsinin şərtini nəzərə alaraq, (1) ifadəsinin nəticəsi aşağıdakı kimi yazılır:

$$\begin{pmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (3)$$

(3) ifadəində vahid qəbul edilmiş matrisin massiv elementlərinin qəbul edilmiş miqyası 1:10 olduqda, MSRi-nin hərəkət trayektoriyasının koordinatları istiqamətində həmin massiv elementlərin ölçüləri

$$x_{ij} = l_{ij}/a_{ij} = 1 \quad \text{kimi qəbul edilməlidir.}$$

Burada lij $\rightarrow 1 \text{ cm} - \text{de}$ $(50000/10 = 5000 \text{ mm})$ 500 cm ; $a_{ij} \rightarrow 1 \text{ cm} - \text{de}$ $(50000/10 = 5000 \text{ mm})$ 500 cm .

Elde edilen $5000 \times 5000 \text{ (mm)}$ koordinat boyutunda hem teknolojik ekipmanların güvenli yerleştirilmesi hem de MSRi'nin güvenli hareket güzergahının sağlanması mümkün olmaktadır.

Ölçeğin boyutu ve matrisin dizi elemanı 500 cm dikkate alındığında, matristeki (3) MSRi yollarının matrisinin dizi elemanının tekdüze (Şekil 2'deki yolların yönlerine karşılık gelen) renklendirilmesi sonucunda aşağıdaki matris formu elde edilir:

$T_{MiRij} =$

		1	1	1	1	1
1	1	0	1	1	1	
1	1	0	1	0	0	
1	1	1	0	0	1	
1	1	0	0	0	1	

(4)

Burada matris (4)'teki mavi renkli matris dizisi elemanları, bitmiş ürünlerin (alüminyum buharlaştırıcı) MiR3 tarafından taşınmasını temsil eden alandır; matris dizisinin yeşil renkli elemanları, atıkların taşınmasını, kusur oluşumlarını ve MiR1 tarafından kesilen alüminyum buharlaştırıcıları temsil eden alandır; matris dizisinin kırmızı renkli elemanları, atıkların taşınmasını, kusur oluşumlarını ve MiR2 tarafından kesilen alüminyum buharlaştırıcıları temsil eden alandır;

Burada lij $\rightarrow 1 \text{ cm} - \text{dä}$ $(50000/10 = 5000 \text{ mm})$ 500 cm ; $a_{ij} \rightarrow 1 \text{ cm} - \text{dä}$ $(50000/10 = 5000 \text{ mm})$ 500 cm .

Alınan $5000 \times 5000 \text{ (mm)}$ koordinat ölçüsündə həm texnoloji avadanlıqların təhlükəsiz yerləşdirilməsi, həm də MSRi-nin təhlükəsiz hərəkət marşrutunun təmin edilməsi mümkündür.

Miqyas ölçüsünü və matrisin massiv elementinin 500 cm olduğunu nəzərə alaraq, (3) matrisində MSRi-lərin marşrutlarının vahid olan matrisinin massiv elementinin rənglənməsi (şək. 2-dəki marşrutların istiqamətlərinə uyğun) nəticəsində aşağıdakı matris forması alınır:

Burada (4) matrsində göy rənglə boyanan matris massivinin elementləri, MSR3 tərəfindən hazır məhsulların (alüminium buxarlandırıcı) daşınmasını əks etdirən sahədir; yaşıl rənglə boyanan matris massivinin elementləri, MSR1 tərəfindən kəsilən tullantıların, defektli tərtibatların və alüminium buxarlandırıcıların daşınmasını əks etdirən sahədir; qırmızı rənglə boyanan matris massivinin elementləri, MSR2 tərəfindən kəsilən tullantıların, defektli tərtibatların və alüminium buxarlandırıcıların daşınmasını əks etdirən sahədir;

Şəkil 2'dən görülebileceyi gibi FMS'nin X_i üretim alanlarında kullanılan aktif elemanların işgal etdiyi konumların koordinatları matrisin 500 x 500 cm'lik alanına düşməkdir. Bu alanları belirlemek için X_i 'ye yerləşdirilən aktif elemanların türlerini və standart geometrik boyutlarını belirleyelim. Tablo 1'de (1) ifadəsinin X_{ij} 'lərinin koordinatlarında yer alan aktif eleman türlərinin adları, bunların koordinat konumlarını və alanlarını belirten ifadələr yer almaktadır:

Tablo 1.

Nö	FMS'nin üretim alanları X_i	FMS'nin üretim sahəsində aktiv elementlərinin T_{ij}	İfade (1)'e görə M_{ij} matrisinin X_{ij} alt matrisi	X_i -in sahəsinin $S_{T_{ij}}(X_i)$ ifadəsi
1	X_1	T_{11} - alüminium bobin; T_{12} - ağır hizmet tezgahı_1; T_{13} - manipulyator_1; T_{14} - gilyotin tezgahı_2; T_{15} - manipulyator_2; T_{16} - fırın_1; T_{17} - otomatik nakliyyat hamı_1.	$\begin{bmatrix} X_{14} & X_{15} \\ X_{24} & X_{25} \end{bmatrix}$	$S_{T_{1j}}(X_1) = S_{T_{11}} + S_{T_{12}} + \dots + S_{T_{17}}$
2	X_2	T_{18} - sənaye robotu_1; T_{19} - otomatik nakliyyat hamı_1; T_{110} - sənaye robotu_2; T_{111} - parlatma makinesi_1; T_{112} - sənaye robotu_3; T_{113} - parlatma makinesi_2.	$\begin{bmatrix} X_{12} & X_{13} \\ X_{22} & X_{23} \end{bmatrix}$	$S_{T_{1j}}(X_2) = S_{T_{18}} + S_{T_{19}} + \dots + S_{T_{113}}$
3	X_3	T_{114} - sənaye robotu_4; T_{115} - qızım masası; T_{116} - fırın_2; T_{117} - eyletirmə manipulyatoru; T_{118} - soyuq kaynak makinesi.	$\begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} \\ X_{21} & X_{22} \end{bmatrix}$	$S_{T_{1j}}(X_3) = S_{T_{114}} + S_{T_{115}} + \dots + S_{T_{118}}$
4	X_4	T_{119} - sənaye robotu_5; T_{120} - gilyotin tezgahı_3; T_{121} - doğrultma tezgahı_1; T_{122} - sənaye robotu_6; T_{123} - fırın_3.	$\begin{bmatrix} X_{31} & X_{32} \\ X_{41} & X_{42} \end{bmatrix}$	$S_{T_{1j}}(X_4) = S_{T_{119}} + S_{T_{120}} + \dots + S_{T_{123}}$
5	X_5	T_{124} - sənaye robotu_7; T_{125} - dizlətirmə tezgahı_2; T_{126} - yuvacılma tezgahı; T_{127} - sənaye robotu_8; T_{128} - otomatik nakliyyat hamı_2; T_{129} - sənaye robotu_9; T_{130} - hidrolik press_1; T_{131} - sənaye robotu_10; T_{132} - hidrolik press_2.	$\begin{bmatrix} X_{32} & X_{33} \\ X_{42} & X_{43} \end{bmatrix}$	$S_{T_{1j}}(X_5) = S_{T_{124}} + S_{T_{125}} + \dots + S_{T_{132}}$
6	X_6	T_{133} - sənaye robotu_11; T_{134} - fırın_4; T_{135} - gilyotin tezgahı; T_{136} - otomatik nakliyyat hamı_3.	$\begin{bmatrix} X_{34} & X_{35} \\ X_{44} & X_{45} \end{bmatrix}$	$S_{T_{1j}}(X_6) = S_{T_{133}} + S_{T_{134}} + \dots + S_{T_{136}}$
7	X_7	T_{137} - ambar.	$\begin{bmatrix} X_{53} & X_{54} & X_{55} \end{bmatrix}$	$S_{T_{1j}}(X_7) = S_{T_{137}}$
8	X_8	T_{138} - tullantıların emalı sahəsi.	$\begin{bmatrix} X_{51} & X_{52} \end{bmatrix}$	$S_{T_{1j}}(X_8) = S_{T_{138}}$

Şək. 2-dən görndüyü kimi, ÇİS-in X_i istehsal sahələrində istifadə olunan aktiv elementlərin tutduğu mövqeylərin koordinatları matrisin 500 x 500 cm sahəsinə düşür. Bu sahələrin təyin olunması üçün X_i - lərdə yerləşdirilən aktiv elementlərin tiplərini, onların standart həndəsi ölçülərini müəyyən edək. Cədvəl 1-də (1) ifadəsinin X_{ij} -lərinin koordinatlarına daxil olan aktiv elementlərin tiplərinin adları, koordinat mövqeylərini və onların sahələrini təyin edən ifadələr daxil edilir:

Cədvəl 1.

Nö	ÇİS-in istehsal sahələri X_i	ÇİS-in istehsal sahəsində aktiv elementlərinin tipi T_{ij}	(1) ifadəsinə əsasən M_{ij} matrisinin X_{ij} alt matrisi	X_i -in sahəsinin $S_{T_{ij}}(X_i)$ ifadəsi
1	X_1	T_{11} - alüminium rulon; T_{12} - gilyotin dəzgahı_1; T_{13} - manipulyator_1; T_{14} - gilyotin dəzgahı_2; T_{15} - manipulyator_2; T_{16} - soba_1; T_{17} - avtomatik nəqliyyat xətti_1.	$\begin{bmatrix} X_{14} & X_{15} \\ X_{24} & X_{25} \end{bmatrix}$	$S_{T_{1j}}(X_1) = S_{T_{11}} + S_{T_{12}} + \dots + S_{T_{17}}$
2	X_2	T_{18} - sənaye robotu_1; T_{19} - avtomatik nəqliyyat xətti_1; T_{110} - sənaye robotu_2; T_{111} - paradaqlama dəzgahı_1; T_{112} - sənaye robotu_3; T_{113} - paradaqlama dəzgahı_2.	$\begin{bmatrix} X_{12} & X_{13} \\ X_{22} & X_{23} \end{bmatrix}$	$S_{T_{1j}}(X_2) = S_{T_{18}} + S_{T_{19}} + \dots + S_{T_{113}}$
3	X_3	T_{114} - sənaye robotu_4; T_{115} - şəkildəki masası; T_{116} - soba_2; T_{117} - çılşdırıcı manipulyator; T_{118} - soyuq qaynaqedic dəzgah.	$\begin{bmatrix} X_{11} & X_{12} \\ X_{21} & X_{22} \end{bmatrix}$	$S_{T_{1j}}(X_3) = S_{T_{114}} + S_{T_{115}} + \dots + S_{T_{118}}$
4	X_4	T_{119} - sənaye robotu_5; T_{120} - gilyotin dəzgahı_3; T_{121} - düzləndirici dəzgah_1; T_{122} - sənaye robotu_6; T_{123} - soba_3.	$\begin{bmatrix} X_{31} & X_{32} \\ X_{41} & X_{42} \end{bmatrix}$	$S_{T_{1j}}(X_4) = S_{T_{119}} + S_{T_{120}} + \dots + S_{T_{123}}$
5	X_5	T_{124} - sənaye robotu_7; T_{125} - düzləndirici dəzgah_2; T_{126} - yuvacılma dəzgahı; T_{127} - sənaye robotu_8; T_{128} - avtomatik nəqliyyat xətti_2; T_{129} - sənaye robotu_9; T_{130} - hidrolik press_1; T_{131} - sənaye robotu_10; T_{132} - hidrolik press_2.	$\begin{bmatrix} X_{32} & X_{33} \\ X_{42} & X_{43} \end{bmatrix}$	$S_{T_{1j}}(X_5) = S_{T_{124}} + S_{T_{125}} + \dots + S_{T_{132}}$
6	X_6	T_{133} - sənaye robotu_11; T_{134} - soba_4; T_{135} - gilyotin dəzgahı; T_{136} - avtomatik nəqliyyat xətti_3.	$\begin{bmatrix} X_{34} & X_{35} \\ X_{44} & X_{45} \end{bmatrix}$	$S_{T_{1j}}(X_6) = S_{T_{133}} + S_{T_{134}} + \dots + S_{T_{136}}$
7	X_7	T_{137} - ambar.	$\begin{bmatrix} X_{53} & X_{54} & X_{55} \end{bmatrix}$	$S_{T_{1j}}(X_7) = S_{T_{137}}$
8	X_8	T_{138} - tullantıların emalı sahəsi.	$\begin{bmatrix} X_{51} & X_{52} \end{bmatrix}$	$S_{T_{1j}}(X_8) = S_{T_{138}}$

(1) ifadəsinin X_{ij} koordinatlarında yer alan MSRi tipi, hərəkət yörüngesinin koordinat sistemindeki konumlarının X_{ij} koordinatları və bunların emniyyətli hərəkət alanları şu şəkildə tanımlanır:

(1) ifadəsinin X_{ij} -lərinin koordinatlarına daxil olan MSRi –nin tipi, koordinat sisteminə hərəkət trayektoriyasının mövqeylərinin X_{ij} koordinatları və onların təhlükəsizlik hərəkət sahələri aşağıdakı kimi təyin olunur:

FMS'nin üretim sahaları	FMS'de tətbiq edilen mobil sanayi robotunun türü	MSRi'nin koordinat sistemində hərəket yörünge konumlarının X_{ij} koordinatları	MRI'nin koordinat sistemində hərəket yörünge konum- larının X_{ij} koordinatları göre alan																									
ÇiS-in istehsal sahələri X_i	ÇiS-də tətbiq olu- nan mobil sənaye robotunun tipi	MSRi –nin koordinat sistemində hərəket trayektoriyasının mövqeylərinin X_{ij} koordi- natları	MSRi –nin koordinat sistemində hərəket trayektoriyasının mövqeylərinin X_{ij} koordinatları- na əsasən sahəsi																									
$X_{1'}$ $X_{2'}$ $X_{5'}$ X_8	T_{1t} –mobil sanayi robotu_1 T_{1t} –mobil sənaye robotu_1	<table><tr><td>X_{11}</td><td>X_{12}</td><td>X_{13}</td><td>X_{14}</td><td>X_{15}</td></tr><tr><td>X_{21}</td><td>0</td><td>X_{23}</td><td>X_{24}</td><td>X_{25}</td></tr><tr><td>X_{31}</td><td>0</td><td>X_{33}</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>X_{41}</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>X_{51}</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>	X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{15}	X_{21}	0	X_{23}	X_{24}	X_{25}	X_{31}	0	X_{33}	0	0	X_{41}	0	0	0	0	X_{51}	0	0	0	0	burada + + + +
X_{11}	X_{12}	X_{13}	X_{14}	X_{15}																								
X_{21}	0	X_{23}	X_{24}	X_{25}																								
X_{31}	0	X_{33}	0	0																								
X_{41}	0	0	0	0																								
X_{51}	0	0	0	0																								
$X_{3'}$ $X_{4'}$ X_8	T_{2t} –mobil sanayi robotu_2 T_{2t} –mobil sənaye robotu_2	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>X_{21}</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>X_{31}</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>X_{41}</td><td>X_{42}</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>X_{51}</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr></table>	0	0	0	0	0	X_{21}	0	0	0	0	X_{31}	0	0	0	0	X_{41}	X_{42}	0	0	0	X_{51}	0	0	0	0	burada +
0	0	0	0	0																								
X_{21}	0	0	0	0																								
X_{31}	0	0	0	0																								
X_{41}	X_{42}	0	0	0																								
X_{51}	0	0	0	0																								
$X_{6'}$ X_7	T_{3t} –mobil sanayi robotu_3 T_{3t} –mobil sənaye robotu_3	<table><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>X_{45}</td></tr><tr><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td><td>X_{55}</td></tr></table>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	X_{45}	0	0	0	0	X_{55}	burada
0	0	0	0	0																								
0	0	0	0	0																								
0	0	0	0	0																								
0	0	0	0	X_{45}																								
0	0	0	0	X_{55}																								

Tablo 1'e və yuxarıda yazılan matrisinə görə hər bir MSRi 'nin kesin hərəkət rotasını belirleyelim. Bu durumda, X_i FMS konumunun X_{ij} koordinatlarının MSRi'nin çalışma bölgəsi ilə kəsişməməsi şərtləyilə, MSRi'nin kesin rotalarının yörüngele-
rini belirlemek için bir algoritma oluşturu-
lur:

Cədvəl 1 və yuxarıda yazılan matri, ifadələrinə əsasən hər bir MSRi-nin dəqiq hərəkət marşrutunu təyin edək. Bu halda ÇİS-in X_i -nin mövqeyinin X_{ij} koordinatlarının MSRi-nin işçi zonası ilə kəsişməməsi şərti təmin olunmaqla, MSRi dəqiq marşrutların trayektoriyalarının təyin olunması üçün alqoritm qurulur:

EĞER X_i 'nin FMS'nin teknolojik çizgisi yönündeki genişliyi $a_i = \max\{a_1, a_2, \dots, a_8\}$ kabul edilir (burada a_i boyutları, FMS üretim modüllerinin T_{1j} aktif elemanlarının türlerine ve bunların standart parametreleri a_i 'ye bağlıdır)

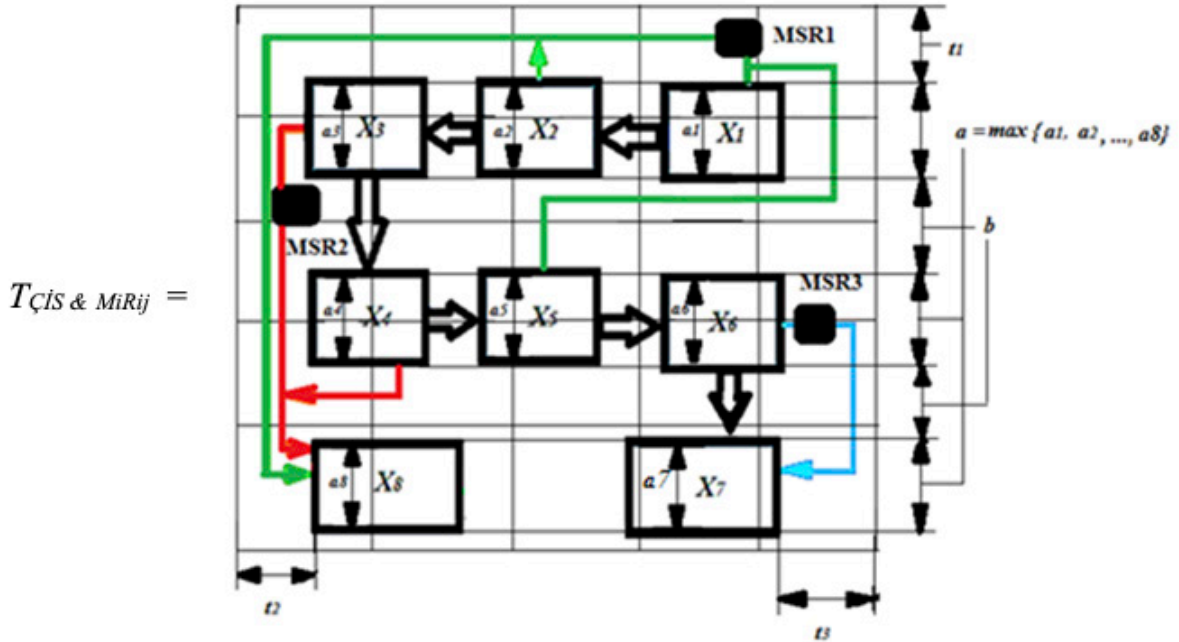
VE	X_i	FMS'nin üretim modüllerinin aktif elemanlarının türleri	Aktif eleman türlerinin boyutları $a_i \rightarrow a_{ij}(m)$	$a_i \rightarrow \max\{a_{ij}\}$
VE	X_1	T_{11} - alüminyum bobin 4 mm AMr5 ГОСТ 21631-7	$a_{11} = 1,5$	$a_1 = 3,58$
		T_{12} - ağır hizmet tezgahı 1 Hidrolik gilyotin makinesi Q11-4 [] https://16k20.ru/catalog/gilottinnye-nozhnitsy/Q11-4/	$a_{12} = 3,58$	
		T_{13} - manipulator 1 TAWI [] https://www.directindustry.com/prod/tawi/product-17270-679673.html	$a_{13} = 1$	
		T_{14} - gilyotin makinesi 2 Hidrolik gilyotin tezgahı Q11-4	$a_{14} = 3,58$	
		T_{15} - manipulator 1 TAWI	$a_{15} = 1$	
		T_{16} - fırın 1 Taşıma banlı fırın https://www.mashprom.ru/competitions/metall-furnace/konveyernye-prokhodnye-pechi/	$a_{16} = 2,0$	
		T_{17} - otomatik nakliyat hattı 1	$a_{17} = 0,7$	
VE	X_2	T_{18} - sanayi robotu 1 ROBİN MD4110 (Paletleyici) [] https://www.prom-robot.ru/catalog/promyshlennye-roboty/hnc_rmd4100/	$a_{21} = 2,5$	$a_2 = 2,5$
		T_{19} - otomatik nakliyat hattı 1 Bantlı konveyör [] https://www.oboyan.org/assets/libs/viewer/s/highslide/html/news/3/1/4_lentochnie_transporteri_.html	$a_{22} = 0,7$	
		T_{110} - sanayi robotu 2	$a_{23} = 0,9$	
		T_{111} - parlatma makinesi 1 HNC3 825 Hammer [] https://www.woodshopnews.com/tools-machines/felder-drops-the-hammer-benchmark-cnc	$a_{24} = 1,8$	
		T_{112} - sanayi robotu 3	$a_{25} = 0,9$	
		T_{113} - parlatma makinesi 2	$a_{26} = 1,5$	
VE	X_3	T_{114} - sanayi robotu 4; T_{115} - çizim masası;	$a_{31} = 0,9$ $a_{32} = 2,0$	$a_3 = 2,1$
		T_{116} - soba 2 HSK Hengli [] https://sovtest-ate.com/equipment/hengli/	$a_{33} = 1,0$	
		T_{117} - eşleştirme manipulatorü; T_{118} - soğuk kaynak makinesi	$a_{34} = 1,1$ $a_{35} = 2,1$	
VE	X_4	T_{119} - sanayi robotu 5; T_{120} - gilyotin tezgahı 3;	$a_{41} = 1,25$ $a_{42} = 1,50$	$a_4 = 2,5$
		T_{121} - doğrultma tezgahı 1 SP 1.5 [] https://az.all.biz/stanok-pravilnyj-sp-1-51-2-g3619537KZ/	$a_{43} = 1,5$	
		T_{122} - sanayi robotu 6; T_{123} - fırın 3.	$a_{44} = 0,9$ $a_{45} = 2,5$	
VE	X_5	T_{124} - sanayi robotu 7; T_{125} - düzleştirici tezgah 2; T_{126} - sanayi robotu 8; T_{127} - yuvalama tezgahı; T_{128} - otomatik nakliyat hattı 2; T_{129} - sanayi robotu 9; T_{130} - hidrolik pres 1; T_{131} - sanayi robotu 10; T_{132} - hidrolik pres 2	$a_{51} = 0,9$ $a_{52} = 1,5$ $a_{53} = 0,9$ $a_{54} = 0,8$ $a_{55} = 0,7$ $a_{56} = 0,9$ $a_{57} = 1,8$ $a_{58} = 0,9$ $a_{59} = 1,8$	$a_5 = 1,5$
		T_{133} - sanayi robotu 11; T_{134} - fırın 4; T_{135} - otomatik nakliyat hattı 3.	$a_{61} = 0,9$ $a_{62} = 2$ $a_{63} = 0,7$	

ƏGƏR X_i -lərin eni ÇİS-in texnoloji xətti istiqamətində $a_i = \max\{a_1, a_2, \dots, a_8\}$ qəbul edilsə (burada a_i ölçüləri ÇİS-in istehsal modullarının aktiv elementlərinin T_{1j} tiplərindən və onların standart a_i parametrlərindən asılıdır)

VE	X_i	ÇİS-in istehsal modullarının aktiv elementlərinin tipləri	Aktiv elementlərinin tiplərinin en ölçüləri $a_i \rightarrow a_{ij}(m)$	$a_i \rightarrow \max\{a_{ij}\}$
VE	X_1	T_{11} - alüminium rulon 4 mm AMr5 ГОСТ 21631-7	$a_{11} = 1,5$	$a_1 = 3,58$
		T_{12} - gilyatin dəzgah 1 Hidrolik gilyatin dəzgah Q11-4 [] https://16k20.ru/catalog/gilottinnye-nozhnitsy/Q11-4/	$a_{12} = 3,58$	
		T_{13} - manipulyator 1 TAWI [] https://www.directindustry.com/prod/tawi/product-17270-679673.html	$a_{13} = 1$	
		T_{14} - gilyatin dəzgah 2 Hidrolik gilyatin dəzgah Q11-4	$a_{14} = 3,58$	
		T_{15} - manipulyator 1 TAWI	$a_{15} = 1$	
		T_{16} - soba 1 Konveyer keçidli soba https://www.mashprom.ru/competitions/metall-furnace/konveyernye-prokhodnye-pechi/	$a_{16} = 2,0$	
		T_{17} - avtomatik nəqliyyat xətti 1	$a_{17} = 0,7$	
VE	X_2	T_{18} - sanayi robotu 1 ROBİN MD4110 (Paletayzer) [] https://www.prom-robot.ru/catalog/promyshlennye-roboty/hnc_rmd4100/	$a_{21} = 2,5$	$a_2 = 2,5$
		T_{19} - avtomatik nəqliyyat xətti 1 Lentli transporter [] https://www.oboyan.org/assets/libs/viewer/s/highslide/html/news/3/1/4_lentochnie_transporteri_.html	$a_{22} = 0,7$	
		T_{110} - sanayi robotu 2	$a_{23} = 0,9$	
		T_{111} - paradaqlama dəzgahı 1 HNC3 825 Hammer [] https://www.woodshopnews.com/tools-machines/felder-drops-the-hammer-benchmark-cnc	$a_{24} = 1,8$	
		T_{112} - sanayi robotu 3	$a_{25} = 0,9$	
		T_{113} - paradaqlama dəzgahı 2	$a_{26} = 1,5$	
VE	X_3	T_{114} - sanayi robotu 4; T_{115} - şəkildəçəkə masası;	$a_{31} = 0,9$ $a_{32} = 2,0$	$a_3 = 2,1$
		T_{116} - soba 2 HSK Hengli [] https://sovtest-ate.com/equipment/hengli/	$a_{33} = 1,0$	
		T_{117} - cütəşdirici manipulyator; T_{118} - soyuq qaynaqedicı dəzgah	$a_{34} = 1,1$ $a_{35} = 2,1$	
VE	X_4	T_{119} - sanayi robotu 5; T_{120} - gilyatin dəzgah 3;	$a_{41} = 1,25$ $a_{42} = 1,50$	$a_4 = 2,5$
		T_{121} - düzəndirici dəzgah 1 SP 1.5 [] https://az.all.biz/stanok-pravilnyj-sp-1-51-2-g3619537KZ/	$a_{43} = 1,5$	
		T_{122} - sanayi robotu 6; T_{123} - soba 3.	$a_{44} = 0,9$ $a_{45} = 2,5$	
VE	X_5	T_{124} - sanayi robotu 7; T_{125} - düzəndirici dəzgah 2; T_{126} - sanayi robotu 8; T_{127} - yuvaçan dəzgahı; T_{128} - avtomatik nəqliyyat xətti 2; T_{129} - sanayi robotu 9; T_{130} - hidrolik press 1; T_{131} - sanayi robotu 10; T_{132} - hidrolik press 2	$a_{51} = 0,9$ $a_{52} = 1,5$ $a_{53} = 0,9$ $a_{54} = 0,8$ $a_{55} = 0,7$ $a_{56} = 0,9$ $a_{57} = 1,8$ $a_{58} = 0,9$ $a_{59} = 1,8$	$a_5 = 1,5$
		T_{133} - sanayi robotu 11; T_{134} - soba 4; T_{135} - avtomatik nəqliyyat xətti 3.	$a_{61} = 0,9$ $a_{62} = 2$ $a_{63} = 0,7$	

VE FMS'nin a_i üretim modüllerinin ekipman bazında genişliyə görə kompozision matrisi şu şəkildə verilmişdir:

VƏ ÇİS-in a_i en ölçüsünə uyğun avadanlıqları əsasında istehsal modullarının kompozision matrisi aşağıdakı kimi verilir:



burada $a_i - X_i$ üretim modüllerinde bulunan ekipmanın boyutlarıdır; b_i – ekipman arasındaki mesafeler; t_i – FMS'nin ekipmanları ve duvarları arasında olan MSRi'nin güvenli hareket etme mesafesidir.

Böylece, t_1 , t_2 və t_3 ara mesafeleri şu şəkildə tanımlayalım:

t_1 ara mesafesinde MSR1'in serbest dolaşımını sağlamak için t_1 aralık mesafesi aşağıdaki yöntemle hesaplanır:

$$t_1 = E_{FMS} - (\max(a_1, a_2, a_3) + (\max(a_4, a_5, a_6) + a_7 + 2b,$$

burada - uygulama nesnesi olan FMS'nin enidir; a_i - en ölçüsüne uygun kabul edilmiş ekipmanların mesafeleridir, burada $a_i \rightarrow a_{ij}$ (veritabanında belirli taşıyıcılar görüntülenir), $\max(a_1, a_2, a_3) = \max(3.58, 2.5, 2.1) = 3,580$ m; $\max(a_4, a_5, a_6) = \max(2.5, 1.5, 2) = 2,5$ m; $b \approx 10$ m.

MSR1 ve MSR2'nin serbest hareketlerinin t_2 ara mesafesinde sağlanması gerektiği göz önüne alındığında,

burada $a_i - X_i$ istehsal modullarında yerleşen avadanlıkların en ölçüleridir; b_i – avadanlıklar arasında olan aralık mesafeleridir; t_i – ÇİS-in avadanlıqları və duvarları arasında olan təhlükəsiz MSRi-nin hərəkətmə məsafəsidir.

Beləliklə, t_1 , t_2 və t_3 aralık məsafələrini aşağıdakı kimi təyin edək:

t_1 aralık məsafəsində MSR1-in sərbəst hərəkətini təmin etmək üçün t_1 aralık məsafəsi aşağıdakı düsturla hesablanır:

$$t_1 = E_{FMS} - (\max(a_1, a_2, a_3) + (\max(a_4, a_5, a_6) + a_7 + 2b,$$

burada - tətbiq obyekti olan ÇİS-in enidir; a_i - en ölçüsünə uyğun qəbul edilmiş avadanlıqların məsafələrdir, burada $a_i \rightarrow a_{ij}$ (konkret götüricilər verilənlər bazasına göstərilir), $\max(a_1, a_2, a_3) = \max(3.58, 2.5, 2.1) = 3,580$ m; $\max(a_4, a_5, a_6) = \max(2.5, 1.5, 2) = 2,5$ m; $b \approx 10$ m.

Nəzərə alsaq ki, t_2 aralık məsafəsində MSR1 və MSR2 – nin sərbəst hərəkətləri təmin olunmalıdır, onda

$$t_2 = 2t_1 + \Delta$$

olarak kabul edilebilir.

Burada $\Delta = 1,5 \div 2,5$ (m) $\Delta = 1,5 \div 2,5$ (m) güvenlik məsafəsidir.

MSR3'ün sərbəst hərəkətini sağlamaq üçün ara məsafə t_3

$$t_3 = t_1 + \Delta$$

olarak kabul edilir, çünki bu aralıqda mobil robotun sərbəst hərəkətinin sağlanması gerekir.

MSRi-lərin güvenli hərəkət rotalarının belirlənməsində FMS'deki T1j elementlərinin grafiksel düzənləmə konumları, texnolojik boyutları da diqqətə alınmalıdır. Bu amaçla uygulanan FMS'nin hər üretim modülündə aktif elementlərin yapı diyagramı və MSRi'nin rotalarının diyagramı oluşturulur (Şəkil 3).

$$t_2 = 2t_1 + \Delta$$

kimi qəbul etmək olar.

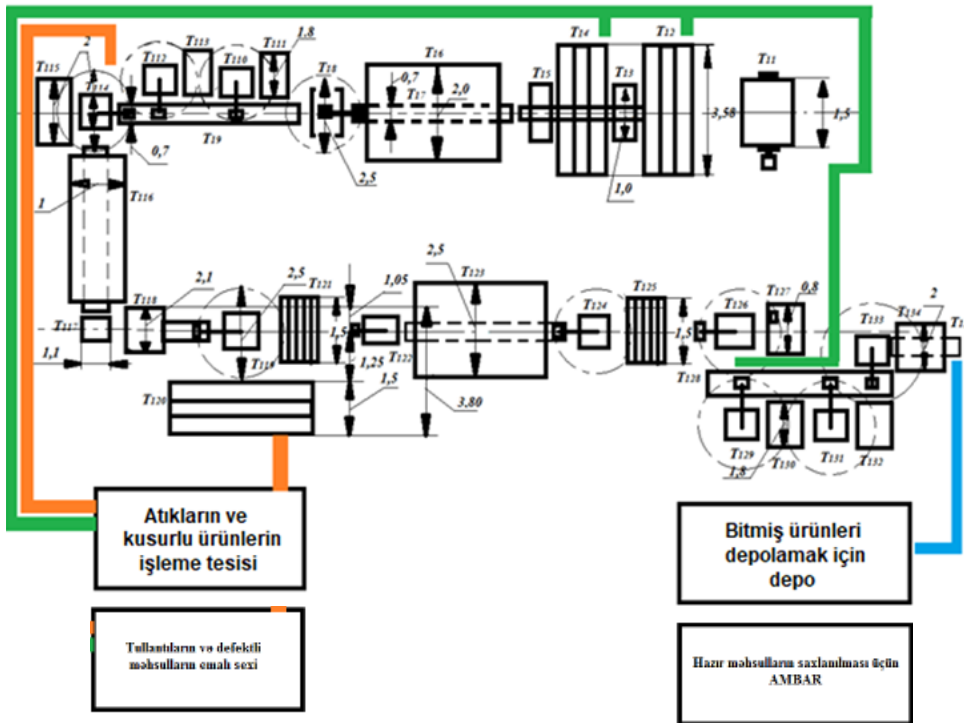
Burada $\Delta = 1,5 \div 2,5$ (m) aralığında təhlükəsizlik məsafəsidir.

MSR3-ün sərbəst hərəkətini təmin etmək üçün t_3 aralıq məsafəsi

$$t_3 = t_1 + \Delta$$

kimi qəbul olunur, çünki bu aralıqda bir mobil robotun sərbəst hərəkəti təmin olunmalıdır.

MSRi-lərin təhlükəsiz hərəkət marşrutlarının təyin edilməsi üçün ÇİS-in T1j elementlərinin grafik kompanovka mövqeyləri, onların texnoloji ölçüləri də nəzərə alınmalıdır. Bu məqsədlə, tətbiq olunan ÇİS-in hər bir istehsal modulunda aktiv elementlərin quruluş sxemi və MSRi-nin marşrutlarının sxemi qurulur (Şək. 3).



Şəkil. 3. FMS'nin T1j aktif elementlərinin üretim modülündəki konumları, geometrik boyutları və MSRi'nin hərəkət yolları

Şək. 3. ÇİS-in istehsal modulunda T1j aktiv elementlərin mövqeyləri, onların həndəsi ölçüləri və MSRi-lərin hərəkət marşrutları

H3C

H3C Wi-Fi 7 AP

En Hızlı Yeni Nesil Wi-Fi

11.53Gbps
↑ 2.4 kat*

<5MS gecikme
süresi
↓ %100*

400+ eşzamanlı
kullanıcı
↑ 2 kat*



*Wi-Fi 7 (802.11be) ve Wi-Fi 6 (802.11ax) arasındaki performansa göre karşılaştırma yapılmıştır.

Gerçek Sendika, Milli Sivil Toplum Kuruluşu



Türk Eğitim-Sen’li Olduğunuzda;

Değişen iktidarlara göre değişmeyen ve her durumda çalışanın yanında taraf olan ilkeli, ahlaklı ve kararlı gerçek bir sendikal mücadeleye omuz verecek; mensubu olmaktan gurur duyduğumuz Türk Milleti’nin kıymetleriyle beslenen milli bir sivil toplum kuruluşunun mensubu olacaksınız.

Sizinle daha güçlü olacağız!

www.turkegitimsen.org.tr

Çimento Endüstrisinde Karbon Salınımının Azaltılması: Alternatif Teknolojiler ve Sürdürülebilir Çözümler

Öğr. Gör. Bilge ARSLAN
Sinop Üniversitesi

Özet

Çimento sektörü, küresel sanayi kaynaklı karbon emisyonlarının %7'sini oluşturmasıyla iklim değişikliğiyle mücadelede kilit bir konumdadır. Türkiye, dünyanın en büyük ikinci çimento ihracatçısı olarak bu alandaki dönüşüm ihtiyacının merkezinde yer almaktadır. Ancak, fosil yakıt bağımlılığı ve karbon yoğun üretim süreçleri, sektörün çevresel ve ekonomik açıdan sürdürülebilirliğini engellemektedir.

Avrupa Birliği'nin 2026'da devreye alacağı Sınırda Karbon Düzenleme Mekanizması (CBAM), Türkiye gibi büyük çimento ihracatçıları için karbon vergisi

uygulamalarını zorunlu hale getirecek ve düşük karbonlu üretim süreçlerine geçişi hızlandıracaktır. Bu yazıda, karbon emisyonlarını azaltmaya yönelik düşük karbonlu çimento, karbon yakalama teknolojileri (CCUS), alternatif yakıt kullanımı ve yenilenebilir enerji entegrasyonu gibi yenilikçi çözümleri ele almaktadır.

Bu dönüşüm süreci, yalnızca çevresel sürdürülebilirliği değil, ekonomik büyüme ve küresel rekabet avantajı açısından da bir zorunluluk olarak öne çıkmaktadır.

1. Giriş: Çimento Endüstrisinin Karbon Ayak İzi

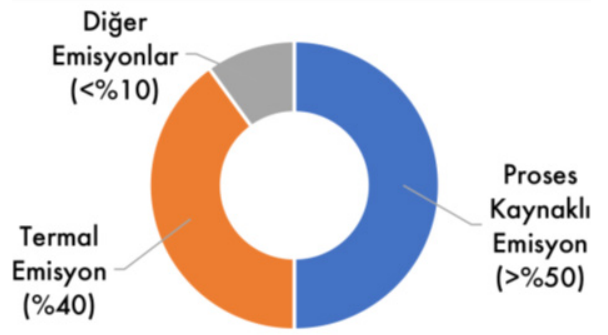
Çimento, modern inşaat sektörünün temel yapı taşı olarak büyük ölçekli

altyapı projelerinden konut inşaatlarına kadar geniş bir kullanım alanına sahiptir. 1800'lü yıllarda modern çimentonun keşfinden itibaren, artan nüfus, kentleşme ve altyapı projelerinin hızlanmasıyla çimento üretimi sürekli artış göstermiştir. 2000 yılında 1,6 milyar ton olan küresel üretim, 2021 itibarıyla 4,4 milyar tona ulaşmış ve 2050 yılına kadar %12 ila %23 oranında artması beklenmektedir. Ancak, sudan sonra en çok kullanılan ikinci malzeme olan betonun ana bileşeni çimento, küresel CO₂ emisyonlarının yaklaşık %7'sini oluşturarak yılda en az 2,1 milyar ton CO₂ salımına neden olmaktadır [1]. Bu oran, çimento endüstrisinin **karbon nötr bir geleceğe ulaşabilmesi için kritik dönüşümlere ihtiyaç duyduğunu** açıkça göstermektedir. Ancak, çimento üretimi sırasında **yüksek sıcaklıklarda kireç taşı kalsinasyonu ve fırınlarda fosil yakıt kullanımı** nedeniyle büyük miktarda **karbon emisyonu** oluşmaktadır.

Şekil 1'de görüldüğü gibi Çimento üretiminde karbon emisyonlarının iki ana kaynağı bulunmaktadır:

- Proses Emisyonları: Kireçtaşının (CaCO₂) yüksek sıcaklıklarda kalsinasyonu sonucu karbondioksit (CO₂) açığa çıkar. Bu süreç, toplam emisyonların yaklaşık %50'sini oluşturmaktadır.

- Termal Emisyonlar: Çimento fırınlarında



Şekil 1. Çimento Üretiminde karbon emisyonlarının Kaynakları [2]

gereklili sıcaklıkların elde edilmesi için fosil yakıtların yanması sonucu ortaya çıkan emisyonlardır. Fırın operasyonlarında kömür, petrokok ve doğal gaz gibi fosil yakıtlar kullanılır. Ortalama olarak, klinker üretimi 800-900 kg CO₂/ton klinker karbon salımına neden olmaktadır.

- Diğer emisyonlar: Elektrik tüketimi ve taşıma süreçlerinden kaynaklanan emisyonlardır.

Türkiye'deki Durum:

- Türkiye, dünyanın en büyük ikinci çimento ihracatçısıdır.

- Çimento üretimi, Türkiye'nin toplam sera gazı emisyonlarının %11-12'sini oluşturmaktadır [3].

- AB Sınırda Karbon Düzenleme Mekanizması (CBAM), 2026 itibarıyla Türkiye'ye çimento ihracatında karbon vergisi uygulanmasını zorunlu hale getirecektir.



- Çimento üretiminde karbon emisyonlarını azaltmaya yönelik 5 temel strateji şunlardır [4]:

- Klinker ikamesi malzemelerin (mineraller) kullanımı ile klinker/çimento oranının azaltılması,

- Klinker üretiminde biyokütle içeren alternatif yakıtların kullanılması,

- Düşük karbon emisyonlu alternatif klinker teknolojilerinin geliştirilmesi,

- Karbon yakalama, kullanma ve depolama (CCUS) teknolojilerinin kullanılması,

- Yenilenebilir enerji ile üretilen elektrik kullanımı ile klinker üretim sürecinin elektrifikasyonu.

2. Karbon Salınımını Azaltan Alternatif Teknolojiler

2.1. Klinker İkamesi Malzemelerin Kullanımı ile Klinker/Çimento Oranının Azaltılması

Klinker üretimi, çimento üretiminde **en büyük karbon salınım kaynağıdır. Uçucu kül, granüle yüksek fırın cürufu, silis dumanı ve kireç taşı** gibi mineral katkılar, klinkerin yerine kullanılarak karbon emisyonları %30-50 oranında azaltılabilir.

Düşük klinkerli çimento türleri:

- **CEM II (Portland-Kalkerli Çimento):** Klinker oranı %65-94
- **CEM III (Yüksek Fırın Cürufu Çimento):** Klinker oranı %5-64 (Karbon emisyonlarını %50'ye kadar azaltabilir.)
- **CEM IV (Puzolanik Çimento):** Klinker oranı %55-89 (Volkanik kül ve uçucu kül içerir.)

Tablo 1. TS EN 197-1 Standardına göre Klinker İçeriğine Sahip Çimentolar [5]

TS EN 197-1 Standardına Göre Klinker İçerikleri	CEM III/C	CEM III/B	CEM V/B	CEM III/A	CEM V/A	CEM IV/B	CEM II/B	CEM IV/A	CEM II/A-M	CEM II/A*	CEM II/A-D	CEM I
	%5-19	%20-34	%20-38	%35-64	%40-64	%45-64	%65-79	%65-89	%80-88	%80-94	%90-94	%95-100

2.2. Karbon Yakalama, Kullanım ve Depolama (CCUS) Teknolojileri

Karbon Yakalama, Kullanım ve Depolama (CCUS) teknolojileri, çimento sektöründe ortaya çıkan yüksek karbon-dioksit (CO₂) emisyonlarını yakalayıp, yeniden kullanarak veya güvenli şekilde depolayarak küresel ısınma ile mücadelede kritik bir rol oynar. Uluslararası Enerji Ajansı (IEA), 2070 yılına kadar net sıfır emisyon hedefine ulaşmanın CCUS olmadan mümkün olmadığını vurgularken,

mevcut yıllık 40 milyon ton CO₂ yakalama kapasitesinin 2050'ye kadar 5,6 milyar tona çıkarılması gerektiğini belirtmektedir. Çimento, demir-çelik ve enerji sektörlerindeki emisyonların %90'ının CCUS ile azaltılabileceği öngörülmektedir [6]. Bu nedenle CCUS'nin çimento endüstrisine entegrasyonu hem karbon ayak izini düşürmek hem de sürdürülebilir üretim hedeflerine ulaşmak için vazgeçilmez bir çözümdür. Karbon yakalama yöntemleri incelendiğinde bunların üç ana başlık altında toplandığı görülmektedir;

Yanma Sonrası Karbon Yakalama (Post-Combustion Capture):

Yanma sonrası karbon yakalama, baca gazlarından CO_2 'nin ayrıştırılması sürecidir. Biyokütle veya fosil yakıtların yanmasıyla oluşan baca gazı, atmosfere salınmadan önce bir emici kuleye yönlendirilir. Burada kimyasal çözücüler (solventler) CO_2 'yi tutar ve oluşan çözelti sıyırma kulesine aktarılır. Sıyırma kulesinde yaklaşık 120°C 'de ısıtılarak çözücü ve CO_2 ayrıştırılır. Çözücü tekrar kullanılırken, saf CO_2 sıkıştırılarak depolama tanklarına aktarılır. Bu yöntem, mevcut endüstriyel tesislerde karbon emisyonlarını azaltmak için yaygın olarak kullanılır [7].

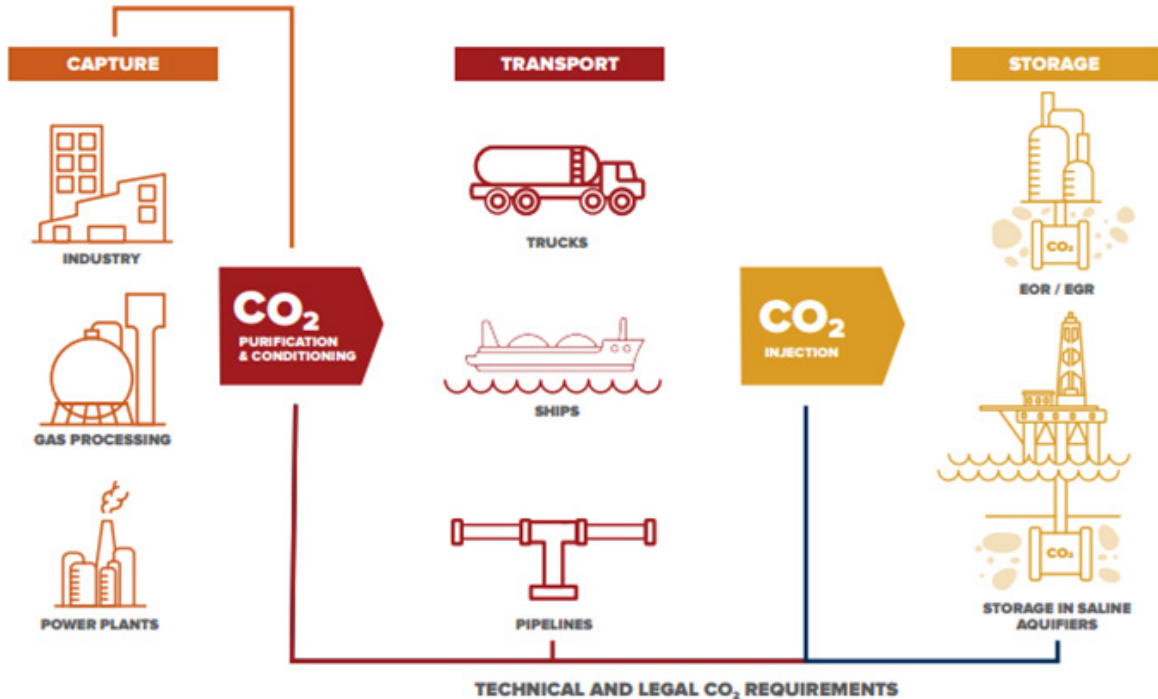
Yanma Öncesi Karbon Yakalama (Pre-Combustion Capture):

Yanma öncesi karbon yakalama, katı yakıtın oksijen ve buharla gazlaştırılarak sentez gazına (syngas) dönüştürülmesi esasına dayanır. Sentez gazı, hidrojen (H_2) ve karbonmonoksit (CO) içerir. Bu gaz, çevrim reaktörüne aktarılıp CO_2 kimyasal absorpsiyon ile ayrıştırılarak depolanır, geri kalan hidrojen ise elektrik üretimi veya sanayide kullanılır. Bu yöntemle CO_2 'nin yaklaşık %90'ı yakalanabilir, ancak yüksek kuru-

lum maliyeti ve mevcut tesislere sonradan monte edilememesi nedeniyle yaygın değildir. Kurulum sırasında çevrim reaktörünün çıkarılması, maliyeti azaltırken verimi %18-30 düşürebilir ve enerji üretiminde %20'ye kadar kayıplara yol açabilir. Bu nedenle yanma sonrası karbon yakalama yöntemine kıyasla daha az tercih edilmektedir [7].

Oksi-Yakıt Yanma Yakalama (Oxy-Fuel Combustion Capture):

Oksi-yakıt yakalama yöntemi, yakma işleminin normal hava yerine saf oksijen veya oksijence zengin hava ile yapılmasına dayanır. Hava ayrıştırma ünitesi, havadaki azotu (%79) ayrıştırarak azot oksit (NO_x) oluşumunu önler ve CO_2 açısından zengin baca gazı elde edilmesini sağlar. Baca gazındaki su buharı sıkıştırılıp soğutularak ayrıştırılır, böylece CO_2 yakalama daha kolay ve verimli hale gelir. Bu yöntem, CO_2 'nin yaklaşık %100 oranında yakalanmasını sağlarken, kimyasal çözücü gerektirmez ve NO_x emisyonlarını azaltır. Ancak, yüksek sermaye yatırımı gerektirir, hava ayrıştırma ünitesi yoğun enerji tüketir ve mevcut santrallere uygulanması zor ve maliyetlidir [7].



Şekil 28 Karbon yakalama, depolama ve kullanma konsepti (CCUS) [8].

2.3. Alternatif Yakıt Kullanımı

Çimento üretiminde **fosil yakıtlar yerine biyokütle ve atık bazlı yakıtların kullanımı**, karbon emisyonlarını azaltmada kritik bir rol oynamaktadır. Geleneksel kömür ve petrokok gibi yüksek emisyonlu yakıtların yerine, **yenilenebilir ve geri dönüştürülebilir enerji kaynaklarının** tercih edilmesi, sektörün çevresel etkisini önemli ölçüde düşürmektedir [9]. **Fosil yakıtlar yerine biyokütle ve atık bazlı yakıtların kullanımı**, karbon emisyonlarını **%30-40 oranında azaltabilir**.

Öne Çıkan Alternatif Yakıt Türleri:

- **Tarımsal atıklar:** Pirinç kabuğu, odun talaşı, fındık kabuğu gibi biyokütle kaynakları
- **Endüstriyel ve belediye atıkları:** Atık plastikler, kullanılmış lastikler, işlenmiş belediye katı atıkları
- **Organik bazlı yan ürünler:** Kâğıt ve tekstil endüstrisinden elde edilen biyokütle bazlı atıklar

Bu yakıtların kullanımı, çimento üretiminde fosil yakıt bağımlılığını azaltırken, karbon nötr özelliğe sahip biyokütle bazlı yakıtlar sayesinde net emisyonları önemli ölçüde düşürmektedir. Böylece, çimento endüstrisinin karbon ayak izi azalırken, aynı zamanda atık yönetimi ve döngüsel ekonomi prensiplerine de katkı sağlanmış olur.

2.4. Elektrifikasyon ve Yenilenebilir Enerji Kullanımı

Çimento üretiminde elektrifikasyonun artırılması, sektörün fosil yakıtlara olan bağımlılığını azaltarak karbon emisyonlarını önemli ölçüde düşürebilecek bir dönüşüm sürecidir. Geleneksel çimento üretiminde yoğun olarak kullanılan

kömür, petrokok ve doğal gaz gibi fosil yakıtlar, yüksek düzeyde CO₂ salınımına neden olurken, elektrik bazlı teknolojilere geçiş, karbon nötr üretim süreçlerine ulaşmada kritik bir rol oynamaktadır. Fosil yakıt yerine elektrik bazlı sistemlere geçiş, karbon emisyonlarını %20-30 azaltabilir.



Karbon Azaltımında Elektrifikasyonun Rolü:

- **Elektrikli döner fırınlar:** Geleneksel döner fırınlardan farklı olarak, yenilenebilir enerji kaynaklarıyla çalışabilen bu sistemler, üretimdeki doğrudan emisyonları ciddi oranda azaltmaktadır.
- **Güneş termal enerji sistemleri:** Güneş enerjisinin, çimento üretimi için gerekli olan yüksek sıcaklıkları sağlamak amacıyla kullanılması, fosil yakıt tüketimini minimize ederek enerji maliyetlerini ve karbon ayak izini düşürmektedir [9,10].

Bu stratejiler, çimento üretimini daha sürdürülebilir hale getirerek hem enerji güvenliğini artırmakta hem de Avrupa Yeşil Mutabakatı ve karbon nötr hedeflerine uyumu desteklemektedir.

3. Sonuç ve Öneriler

Türkiye, dünyanın en büyük ikinci çimento ihracatçısı olarak, sektördeki yeşil dönüşüm ihtiyacının merkezinde yer almaktadır. Avrupa Birliği'nin 2026'da

devreye alacağı Sınırdaki Karbon Düzenleme Mekanizması (CBAM), Türkiye gibi büyük ihracatçılar için karbon vergisini zorunlu hale getirecek ve çimento sektörünü önemli değişikliklere zorlayacaktır. Bu nedenle, düşük karbonlu üretim stratejilerinin hızla benimsenmesi hem çevresel sürdürülebilirlik hem de uluslararası pazardaki rekabet avantajı açısından kritik bir gerekliliktir.

Bu doğrultuda:

- **Düşük klinkerli çimento kullanımı teşvik edilmeli ve yaygınlaştırılmalıdır.** Böylece üretimde karbon salınımı düşürülerek CBAM'a uyum sağlanabilir.
- **CCUS (Karbon Yakalama, Kullanma ve Depolama) teknolojilerine yönelik yatırımlar artırılmalıdır.** Karbon vergisini minimize etmek ve emisyonları azaltmak için bu teknolojiler kritik rol oynayacaktır.
- **Çimento üretiminde alternatif yakıtlar ve biyokütle kullanımı yaygınlaştırılmalıdır.** Fosil yakıt bağımlılığı azaltılarak sürdürülebilir enerji kullanımına geçilmelidir.
- **Elektrifikasyon oranı artırılarak enerji verimliliği sağlanmalıdır.** Yenilenebilir enerjiye dayalı üretim, karbon maliyetlerini düşürecektir.
- **Türkiye, CBAM'a uyum sağlamak için etkin karbon yönetim stratejilerini hızla uygulamalıdır.** Karbonsuz üretim süreçlerine geçiş yapmak, Türkiye'nin Avrupa pazarındaki rekabet gücünü koruması için hayati önem taşımaktadır.

Türkiye'nin çimento sektörü, bu adımları hızla benimseyerek düşük karbonlu üretime geçmeli ve küresel yeşil dönüşü-

mün bir parçası olmalıdır. Sektörün geleceğini güvence altına almak ve rekabet avantajını sürdürebilmek için yenilikçi ve çevre dostu politikalar derhal hayata geçirilmelidir. Bu dönüşüm, sadece Türkiye'nin sürdürülebilir kalkınma hedeflerine katkı sağlamakla kalmayacak, aynı zamanda uluslararası piyasalardaki konumunu güçlendirecektir.

4.Kaynakça:

- [1] Supriya, R., Chaudhury, U., Sharma, P. C., & Singh, L. P. (2023). Low-CO₂ emission strategies to achieve net zero target in cement sector. *Journal of Cleaner Production*, 417, 137466.
- [2] Lehne, J., Preston, F. (2018). Making concrete change: Innovation in low-carbon cement and concrete. The Royal Institute of International Affairs (Chatham House).
- [3] TTGV, (2023). Sürdürülebilir Çimento Üretimi Derin Analiz Raporu. Türkiye Teknoloji Geliştirme Vakfı. <https://ttgv.org.tr/yayinlar/surdurulebilir-cimento-uretimi-derin-analiz-raporu-acik-ozet>
- [4] Danish, A., Salim, M. U., Ahmed, T. (2019). Trends and developments in green cement: A sustainable approach. *Sustainable Structures and Materials*, 2(1), 45–60.
- [5] Türk, S., & Engin, Y. (2023). Düşük Klinkerli Çimento Kullanımında Mevcut Durum, Beklentiler ve Engeller. *Beton 2023 Kongresi Bildirileri*.
- [6] ABS. (2021). Carbon Capture, Utilization and Storage. American Bureau of Shipping. <https://absinfo.eagle.org/acton/media/16130/carbon-capture-whitepaper>
- [7] TürkÇimento. (2022). Karbon yakalama, kullanma ve depolama. Erişim adresi: <https://www.ecka.com.tr/ekler/karbon-yakalama-ve-depolama-1654758940.pdf>
- [8] Global CCS Institute. (2021). Technology readiness and costs of CCS. Global CCS Institute. <https://www.globalccsinstitute.com/wp-content/uploads/2022/03/CCE-CCS-Technology-Readiness-and-Costs-22-1.pdf>
- [9] International Energy Agency (IEA). (2023). Achieving net-zero emissions in cement production. <https://www.iea.org/reports/cement-3>
- [10] CEMBUREAU. (2020). The role of cement in the 2050 low carbon economy. European Cement Association. <https://lowcarboneconomy.cembureau.eu/wp-content/uploads/2018/09/cembureau-executive-summary.pdf>

Siber Vatanın Sürdürülebilirlik Paradigması

İklim Krizi, Tükenen Su Kaynakları ve Siber Egemenlik Üçgeninde Geleceğin Siber Vatanı

Doç.Dr. Muharrem Tuncay GENÇOĞLU
Fırat Üniversitesi, Elazığ

21.yüzyıl, insanlığın dijital varoluş mücadelesi ile ekolojik varoluş mücadelesini aynı anda sürdürdüğü bir çağ olarak tanımlanıyor. Siber vatan, devletlerin dijital egemenliklerini koruma misyonunu ifade ederken, iklim değişikliği, enerji krizi ve tükenen doğal kaynaklar gibi küresel tehditler dijital güvenliği sürdürülebilirlik ekseninde yeniden yorumlamayı zorunlu kılıyor.

Ancak bu yeni paradigma, yalnızca dijital egemenliğin korunmasına odaklanamaz. Dijital ekosistemlerin inşasında enerji verimliliği, karbon salınımı azaltımı ve su kaynaklarının korunması artık stratejik öncelikler arasında yer almalıdır.

Yapay zekâ çağında siber vatan, ekolojik sürdürülebilirlik, etik dijital altyapılar ve iklim adaleti temelinde yeniden ta-

nımlanmalıdır. Bu bağlamda, Sürdürülebilir Siber Vatan kavramı, dijital egemenlik ile doğa arasındaki dengeyi kurmaya yönelik yeni bir misyon sunmaktadır.

İklim Krizi ve Tükenen Su Kaynaklarının Dijital Egemenliğe Etkisi

İklim krizi yalnızca çevresel değil, aynı zamanda siber güvenlik altyapıları üzerinde derin bir jeopolitik etki yaratan bir tehdittir. Küresel veri merkezlerinin enerji tüketimi hızla artarken, dijital ekosistemlerin karbon ayak izi ve su kullanımı da katlanarak büyüyor.

Özellikle veri merkezlerinin soğutma sistemlerinde kullanılan su kaynakları, dijital altyapının ekolojik sürdürülebilirliğinde göz ardı edilen en kritik unsurlardan biridir.

Bir veri merkezi, yıllık ortalama 5 milyon litre temiz su tüketmektedir. Google ve Microsoft'un veri merkezlerinde yapılan araştırmalar, 1 terabayt veri işlenirken 2000 litre temiz suyun soğutma amacıyla harcandığını göstermektedir. Tükenmekte olan tatlı su kaynakları göz önüne alındığında, dijital egemenlik artık sadece siber tehditlere karşı korunmak değil, su kaynaklarını sürdürülebilir şekilde yönetmekle de doğrudan bağlantılıdır.

Siber vatan, dijital egemenliği sağlarken doğanın tükenmekte olan kaynaklarını nasıl koruyabilir?

Yeşil Veri Merkezleri ve Su Tasarrufu Tabanlı Dijital Altyapılar

Siber vatanın sürdürülebilirlik dönüşümü, yalnızca enerji verimliliği değil, aynı zamanda su tasarrufu sağlayan yeşil veri merkezleri ile mümkündür.

Yeşil Veri Merkezleri Çözüm Önerileri

Teknoloji	Su Tasarrufu Etkisi	Enerji Tüketimi	Örnek Uygulama
Hava Soğutmalı Veri Merkezleri	%95 Su Tasarrufu	%30 Daha Az Enerji	Google Dublin Veri Merkezi
Yenilenebilir Enerji Destekli Blockchain	%100 Su Tasarrufu	%40 Daha Az Enerji	Chia Network
Kuantum Veri İşleme	Su Kullanımı Yok	%70 Daha Az Enerji	IBM Q Quantum System

Yapay Zekâ Destekli Su Kaynakları Yönetimi

Yapay zekâ, iklim kriziyle mücadelede hem çözümün bir parçası hem de sorunun bir parçası olabilir.

Yüksek işlem gücü gerektiren derin öğrenme modelleri, veri merkezlerinin su ve enerji tüketimini artırırken, aynı zamanda su kaynaklarının korunması için yenilikçi çözümler sunar.

Blockchain tabanlı yapay zekâ sistemleri, su kaynaklarının gerçek zamanlı olarak izlenmesi, yönetilmesi ve adil dağıtımını için devrim yaratabilir.

Bu bağlamda özellikle Türk Dünyasını içerisine alan bir model önermek istiyorum; Türk Dünyası için Blockchain + Yapay Zekâ tabanlı Dijital Su Yönetimi Platformu (DSYP) adını verdiğim bu platform;

- Yeraltı su kaynaklarının seviyesini izleyen sensör ağlarını,
- Blockchain ile dağıtık bir şekilde veri kaydı yapan sistemleri,
- Yapay zekâ algoritmalarıyla su tasarrufu stratejileri geliştiren yazılımları entegre edebilir.

Dijital Hafıza ve Ekolojik Sürdürülebilirlik

Bir siber vatanın en kıymetli mirası, onun dijital hafızasıdır. Kültürel arşivler, milli istihbarat verileri, ortak tarih ve bilimsel çalışmalar dijital veri tabanlarında saklanmaktadır. Ancak bu hafızanın sürdürülebilirliği, yalnızca siber saldırılardan değil, iklim krizinin neden olduğu ekolojik çöküşten de korunmalıdır. Bu nedenle ekolojik veri merkezleri içinde stratejilerimizin olması oldukça hayattır:

- Blockchain tabanlı dağıtık veri depolama ağları
- Yenilenebilir enerji ile çalışan veri merkezleri
- Veri Konsolidasyonu ile gereksiz veri işleme süreçlerinin azaltılması
- Soğutma sistemlerinde deniz suyu veya gri su kullanımı.

Dijital Etik, İklim Adaleti ve Kolektif Hafıza

Siber vatan, yalnızca dijital egemenlik değil, aynı zamanda doğanın haklarının korunduğu bir kolektif hafıza alanı olmalıdır. Yapay zekâ ve blockchain tabanlı sistemler, iklim adaletini destekleyen dijital altyapılar kurmak için kullanılabilir.

Bunun için öncelikle bir Siber Etik Beyannamesi hazırlanmalı ve bu beyanname şu ilkeleri özellikle içermelidir:

- **Doğa Hakları:** Dijital altyapıların çevresel etkisinin minimize edilmesi
- **İklim Adaleti:** Su kaynaklarının dijitalleşmeyle adil dağıtımı
- **Şeffaflık:** Yapay zekâ algoritmalarının karbon ayak izi hesaplarının açıklanması

Türk Dünyası Siber Vatanında Sürdürülebilirlik Stratejisi

Türk Dünyası, Ortak Siber Vatan İnisiyatifi (OSVİ) adı altında sürdürülebilirlik temelli dijital altyapılar kurarak küresel liderlik rolünü üstlenmelidir.

Stratejik Hedefler

Yıl	Hedef	Teknoloji	Etki
2025	Yeşil Siber İttifak	Blockchain + AI	%40 Daha Az Karbon
2027	Dijital Su Yönetimi Platformu	Blockchain	%30 Daha Az Su Tüketimi
2030	Kuantum Siber Savunma	Kuantum Ağları	Minimum Enerji ve Su Kullanımı

Ekolojik Dijital Egemenlik

Yapay zekâ çağında siber vatan, yalnızca dijital egemenliği korumak için değil, aynı zamanda doğanın haklarını koruyarak dijital hafızayı sürdürülebilir kılmak için yeniden tanımlanmalıdır.

Türk Dünyası, Siber Vatan misyonunu ekolojik sürdürülebilirlik temelinde yeniden tanımlayarak küresel ölçekte hem dijital bağımsızlık hem de doğa haklarının savunucusu olabilir.

"Siber Vatan, Doğa Vatanyla Birlikte Var Olur."

Kaynaklar:

- [1] UN Water Report (2024)
- [2] Google Sustainability Report (2023)
- [3] World Economic Forum- Water Crisis (2023)
- [4] Catherine Mulligan, Suzanne Morsfield, Evîn Cheikosman, Blockchain for sustainability: A systematic literature review for policy impact, Telecommunications Policy, Volume 48, Issue 2, 2024, <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2023.102676>.

Mikroişlemci Isı Pompasının Geliştirilmesi

Микропроцессорлық басқарылатын жылу сорғысын әзірлеу

Prof. Dr. Murat KUNELBAYEV

ММурат Кунелбаев

Bilgi ve Bilgi İşlem Teknolojileri Enstitüsü, Kazak Ulusal Üniversitesi al-Farabi,
Almatı, Kazakistan

Ақпараттық Және Есептеу Технологиялары институты, Әл-Фараби атындағы қазақ
Ұлттық Университеті, Алматы, Қазақстан

Özet. Bu makale, hayvancılıkta mikro-işlemci kontrollü ısı pompasının deneysel çalışmasına odaklanmaktadır. Geliştirme sırasında ısı pompasının üç versiyonu kullanıldı. Kompresör evaporatöre yakın olduğunda, merkezden uzakta bulunduğundan daha iyi soğur, bu da termal enerji ölçere göre gözlemlenen yüksek soğutma kapasitesini gösterir. Isı pompasının temel parametrelerini belirlemek için bir mikroişlemci sistemi de geliştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: ısı pompası, kompresör, evaporatör, mikroişlemci, kondansatör

Қысқаша мазмұны. Бұл мақала мал шаруашылығындағы микропроцессорлық басқарылатын жылу сорғысын эксперименттік зерттеуге арналған. Даму барысында жылу сорғысының үш нұсқасы қолданылды. Компрессор буландырғышқа жақын болған кезде, ол орталықтан орналастырылғаннан гөрі жақсы салқындатылады, бұл жылу энергиясын өлшегішке сәйкес байқалатын жоғары салқындату қабілетін көрсетеді. Жылу сорғысының негізгі параметрлерін анықтау үшін микропроцессорлық жүйе де жасалды.

Түйін сөздер: жылу сорғысы, компрессор, буландырғыш, микропроцессор, конденсатор

1. Giriş

Baldasin'in çalışmasında J. R. sütün ısı pompası ile işlenmesindeki elektrik gücünü değerlendirdi. 4.000 litre süt üretmek için günlük 1.064 kWh enerji tüketimini kontrol ettiler, bunların aşağıdaki payları: soğutma (% 23.01); pastörizasyonun ısıtılması (% 16.1); sanitasyon ve su arıtımı için ısıtma (% 6.19); soğutma (% 7.02); sağım, havalandırma, hacimsel tank olarak diğer amaçlar (% 47.68). Bu nedenle harcanan tüm enerjinin %30,04'ü soğutmaya, %22,28'i ısıtma sistemlerine harcandı [1]. Modern mandıralar, soğutma sisteminden gelen termal gücü kısmen kullandılar. Isıtma için elektrik dirençleri kullanılır, bu da elektrikli ısıtıcılar ısı pompalarına kıyasla daha fazla enerji tüketikçe artar [2]. Isı pompalarının suyu ve alanı aynı anda soğutup ısıtırken ısıtma potansiyeli gösterilmiştir [3,4,5]. Anne ve diğerleri. Çiftliklerde güneş enerjisiyle çalışan bir ısı pompasının kullanılması tavsiye edilirken, ayrı ayrı ısıtma veya soğutma kullanılması tavsiye edilir [6]. Ek olarak, bazı ısı enjeksiyon sistemleri evde kullanım için incelenmektedir; ancak birkaç çalışma farklı enerji kaynakları kullanmaktadır [7,8,9]. Mandıralar, süt depolama / soğutma sisteminin yoğunlaşmasının ürettiği ısıyı kullanabildikleri, arıtma ve diğer üretim süreçleri için suyu ısıtmak için kullanabildikleri ve enerji tüketimini azaltabildikleri için ısı pompalarının potansiyel tüketicileridir. Sabit ısıtma motorları [10,11] ve soğutma sistemleri [12] için yenilenebilir enerji kaynakları incelenmiştir. Mandıralarda biyogaz üretebilecek yeterli kapalı hayvan atığı vardır, bu nedenle ısı pompalarını çalıştırmak için yenilenebilir bir enerji kaynağıdır.

1.Kipy

Балдасиннің жұмысында Ж.р. жылу сорғысының көмегімен сүтті өңдеудегі электр қуатын бағалады. Олар 4000 литр сүт өндіру үшін 1064 квт / сағ тәуліктік энергия шығынын бақылап отырды, оның келесі үлестері болды: салқындату (23,01%); пастерлеуді жылыту (16,1%); суды санитарлық тазарту және тазарту үшін жылыту (6,19%); тоңазытқышта сақтау (7,02%); сауу, аэрация, көлемді резервуар ретінде басқа мақсаттар (47,68%). Сондықтан жұмсалған барлық энергияның 30,04% - ы салқындатуға, 22,28% - ы жылу жүйелеріне жұмсалды [1]. Қазіргі сүт зауыттары салқындату жүйесінен жылу қуатын ішінара пайдаланды. Жылыту үшін электр резисторлары пайдаланылады, бұл электр жылытқыштары жылу сорғыларымен салыстырғанда көп энергияны тұтынатындықтан артады [2]. Бір мезгілде салқындату және жылыту кезінде су мен кеңістікті жылытуға арналған жылу сорғыларының әлеуеті көрсетілді [3,4,5]. МА және басқалар. фермаларда күн энергиясымен жұмыс істейтін жылу сорғысын пайдалану ұсынылады, бірақ жылытуды немесе салқындатуды жеке пайдалану ұсынылады [6]. Сонымен қатар, кейбір жылу айдау жүйелері үйде пайдалану үшін зерттеледі; бірақ әртүрлі энергия көздерін пайдаланатын бірнеше зерттеулерде [7,8,9]. Сүт зауыттары жылу сорғыларының әлеуетті тұтынушылары болып табылады, өйткені олар сүтті сақтау / салқындату жүйесінің конденсациясынан алынған жылуды пайдалана алады, оны тазалау және басқа өндірістік процестер үшін суды жылыту үшін пайдалана алады, энергия шығынын азайтады. Стационарлық жылыту қозғалтқыштары [10,11] және салқындату жүйелері [12] үшін жаңартылатын энергия көздері зерттелді. Сүт фермаларында биогаз өндіруге болатын жануарлардың жабық қалдықтары жеткілікті, осылайша жылу сорғыларын басқару үшін жаңартылатын энергия көзі болып табылады.

2. Araştırma yöntemi

Araştırma yöntemleri bölümünde belirtildiği gibi, HP' nin performans analizi 3 seçeneğe göre gerçekleştirilir: ilk seçenek kompresörün soğumamasıdır. Bu amaçla kompresörün yan duvarı ile evaporatörün duvarları arasına koruyucu silindirik bir bölme yerleştirilmiştir. İkinci seçenek-kompresör evaporatörün ortasında bulunur. Bu durumda ısı değişimi, kompresörün ısıtılmış duvarı ile evaporatörün iç soğuk duvarları arasındaki radyasyon ve konveksiyonla gerçekleşir. Üçüncü seçenek, kompresörün merkezden, evaporatörün duvarına daha yakın bir yerde bulunmasıdır. Bu düzenlemenin - kompresörün yan duvarının evaporatör duvarına yaklaşmasının radyasyonla ısı değişimini ve genel soğutma işlemini etkilediği varsayılmaktadır. Her deneyde sıcaklık, ısı pompasının ilgili noktalarında kaydedilir. Prototip elemanlarındaki sıcaklık sensörlerinin konumu Şekil 1'de gösterilmektedir.

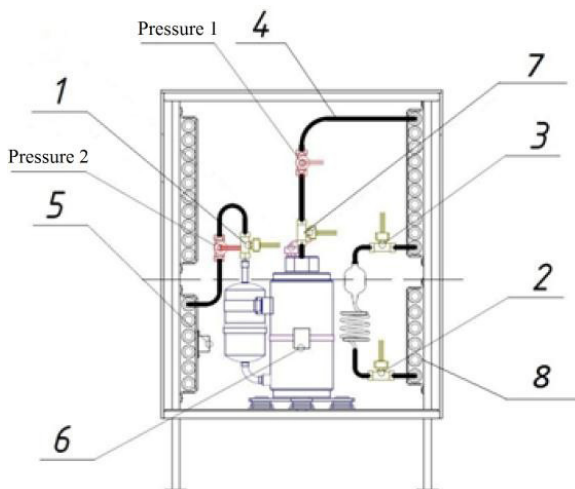
Sensörler şunları gösterir: 1 - Evaporatörün çıkışındaki soğutma sıvısının sıcaklığı; 2 - Evaporatörün çıkışındaki soğutma sıvısının sıcaklığı; 3 - kondansatörün çıkışındaki soğutma sıvısının sıcaklığı; 4 - kondansatörün çıkışındaki soğutma sıvısının sıcaklığı; 5 - kompresörün etrafındaki boşluktaki havanın sıcaklığı; 6 - kompresörün yan duvarının sıcaklığı (motorun bulunduğu yerde); 7- kondenser kafasının yüzey sıcaklığı.kompresör; 8-evaporatif ısı eşanjörünün borularının yüzey sıcaklığı. Diyagramda ayrıca kompresörün girişine ve çıkışına monte edilmiş soğutma sıvısı basınç sensörleri de bulunmaktadır.

2.Зерттеу әдісі

Зерттеу әдістері бөлімінде айтылғандай, HP сипаттамаларын талдау 3 нұсқа бойынша жүзеге асырылады: Бірінші нұсқа - компрессор салқындатылмайды. Осы мақсатта компрессордың бүйір қабырғасы мен буландырғыш қабырғалары арасында скринингтік цилиндрлік қалқа орнатылады. 2-ші нұсқа-компрессор буландырғыштың ортасында орналасқан. Бұл жағдайда жылу алмасу компрессордың қыздырылған қабырғасы мен буландырғыштың ішкі суық қабырғалары арасындағы сәулелену және конвекция арқылы жүреді. Үшінші нұсқа-компрессор орталықтан ығысумен, буландырғыштың қабырғасына жақынырақ орналасқан. Мұндай орналасу - компрессордың бүйір қабырғасының буландырғыштың қабырғасына жақындауы радиация арқылы жылу алмасуға және жалпы салқындату процесіне әсер етеді деп болжанады. Әрбір экспериментте температура жылу насостын сәйкес нүктелерінде жазылады. Прототип элементтеріндегі температура датчиктерінің орналасуы 1-Суретте көрсетілген.

Датчиктер мыналарды көрсетеді:

- 1 - буландырғыштың шығысындағы салқындатқыштың температурасы;
- 2 - буландырғышқа кіретін жердегі салқындатқыштың температурасы;
- 3 - конденсатордың шығысындағы салқындатқыштың температурасы;
- 4 - конденсаторға кіретін жердегі салқындатқыштың температурасы;
- 5 - компрессордың айналасындағы кеңістіктегі ауа температурасы;
- 6 - компрессордың бүйір қабырғасының температурасы (қозғалтқыш орналасқан жерде);
- 7 - конденсатордың басының бетінің температурасы.компрессор;
- 8 - буландырғыш жылу алмастырғыш түтіктерінің беткі температурасы. Сондай-ақ диаграммада компрессордың кірісі мен шығысында орнатылған салқындатқыш қысым датчиктері орналасқан.



Şekil 1: Isı pompası sensörünün konumu
1-сурет: Жылу насосын сенсордың орналасуы

Şekil 1, Standın şemasını ve ölçüm cihazlarının bağlantısını göstermektedir.

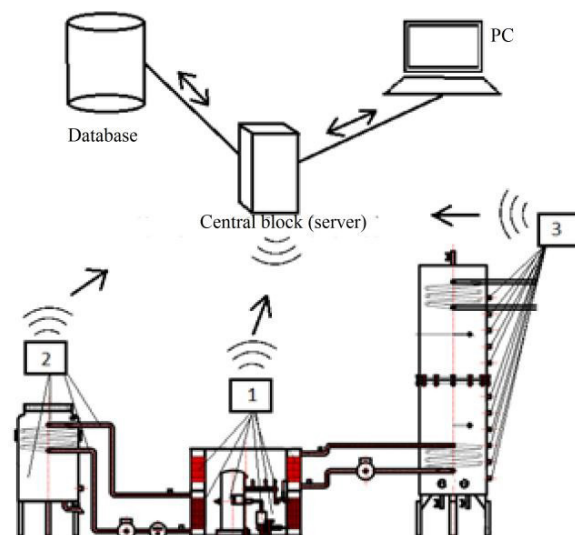
Şemada, kondansatörün çalışmasını dört sensörle karakterize edildiği görülmektedir: 3 ve 4, ayrıca kondansatörün ısı eşanjörünün giriş ve çıkışına monte edilmiş sensörler (Şek.2). Ayrıca depolama tankındaki suyun sıcaklığını da gösterirler.

Evaporatörün çalışması, diğer dört sensörle karakterize edilir: 1 ve 2'nin yanı sıra evaporatörün ısı eşanjörünün giriş ve çıkışına monte edilmiş sensörler (Şek.2). Ayrıca süt soğutucusundaki sütün sıcaklığını da gösterirler.

Kompresörün sıcaklık ayarı, yan duvara takılı bir sensör 6 ile kompresör kapağına takılı bir sensör 7 ile gösterilir. Aynı zamanda sensör 6, kompresörün içinde bulunan elektrik motorunun 6. noktanın karşısındaki sıcaklık durumunu dolaylı olarak tanımlar. Sensör 7, soğutma sıvısının doğrudan beslendiği kaputun altındaki sıcaklığı tanımlar. Kompresör ile evaporatör arasındaki boşluktaki sıcaklık durumu, 5 ve 8 numaralı sensörler tarafından gösterilir.

1-суретте стендтің диаграммасы және өлшеу құралдарының қосылуы көрсетілген.

1-жылу сорғысы модулі, 2 - сүт салқындатқыш модулі, 3-сақтау ыдысының модулі.



2-сурет: Стендтің орналасуы және өлшеу құралдарының қосылуы

Şekil 2: Standın yeri ve ölçüm cihazlarının bağlantısı

Диаграммадан конденсатордың жұмысы төрт сенсормен сипатталатынын көруге болады: 3 және 4, сондай-ақ конденсатордың жылу алмастырғышының кірісі мен шығысында орнатылған сенсорлар (2 -Сурет). Олар сондай-ақ сақтау ыдысындағы судың температурасын көрсетеді.

Буландырғыштың жұмысы басқа төрт сенсормен сипатталады: 1 және 2, сондай-ақ буландырғыштың жылу алмастырғышының кірісі мен шығысында орнатылған сенсорлар (2-Сурет). Олар сондай-ақ сүт салқындатқыштағы сүттің температурасын көрсетеді.

Компрессордың температуралық режимін бүйір қабырғаға бекітілген 6 сенсор, сондай-ақ компрессор қақпағына бекітілген 7 сенсор көрсетеді. Бұл ретте 6-сенсор

Standın şeması, araştırma sırasında verilerin toplanması, aktarılması, işlenmesi ve depolanması sürecini şematik olarak göstermektedir. Basınç ve sıcaklık göstergelerinin kayıtları, ilgili yazılımla mikrodenetleyici tarafından zaman içinde senkronize olarak yapılır. Bilgi sisteminin çekirdeği, merkezi ünite (sunucu), veritabanları, yazılıma sahip kişisel bilgisayarlara ve ayrıca ısı pompasından (1), süt soğutucusundan (2) veri toplamak için modüllerdir. depolama kapasitesi (3).

Isı pompası modülü, aşağıdaki sensörlerden 12 sıcaklık sensöründen (DS18B20 kapsüllenmiş), 2 sıvı akış sensöründen (G1WFM) ve 2 basınç sensöründen (Wika-R1) veri toplar. Süt soğutma modülü 4 sıcaklık sensörüne (DS18B20) ve bir sıvı akış sensörüne (G1WFM) bağlıdır. Akü modülü, dikey olarak yan yana yerleştirilmiş 15 sıcaklık sensöründen (DS18B20) veri toplar.

Bilgi toplama süreci, her bir modüle ayrı ayrı bir talep gönderen merkezi bir birim tarafından başlatılır. İsteği aldıktan sonra, her modül sensörleri sorgulamaya başlar ve verileri tek bir pakette toplar ve ardından tekrar merkezi birime gönderilir. Sunucu, "ham" verilere sahip paketleri kabul ederek, uygun depolama için bunları uygun algoritmalara göre işler. Sunucu daha sonra verileri depolamak için veritabanına gönderir. Kullanıcının kişisel bilgisayarındaki mevcut değerler özel bir yazılım kullanılarak görüntülenebilir.

Laboratuvar deney tezgahında (Şek.3) HP kaynağı olarak süt soğutucusu (sağda) kullanılır ve yük olarak depolama kapasitesi kullanılır.

Soğutucunun süt soğutucusu devrelerindeki sirkülasyonu ve depolama kapasitesi sirkülasyon pompaları tarafından sağlanır.

компрессордың ішінде, 6-нүктеге қарама-қарсы орналасқан электр қозғалтқышының температуралық күйін жанама түрде сипаттайды. Сенсор 7 салқындатқыш тікелей сығылған сорғыш астындағы температураны сипаттайды. Компрессор мен буландырғыш арасындағы кеңістіктегі температура күйін 5 және 8 датчиктер көрсетеді.

Стенд схемасы зерттеу барысында деректерді жинау, беру, өңдеу және сақтау процесін схемалық түрде көрсетеді. Қысым мен температура индикаторларының жазбалары уақыт бойынша синхронды түрде, тиісті бағдарламалық жасақтамасы бар микроконтроллермен жүргізіледі. Ақпараттық жүйенің өзегі-орталық блок (сервер), мәліметтер базасы, бағдарламалық жасақтамасы бар дербес компьютерлер, сондай-ақ жылу сорғысынан (1), сүт салқындатқыштан (2) және деректерді жинауға арналған модульдер. сақтау ыдысы (3).

Жылу сорғысы модулі 12 температура сенсорынан (DS18B20 инкапсуляцияланған), 2 сұйықтық ағынының сенсорынан (G1WFM) және 2 қысым сенсорынан (Wika-R1) келесі сенсорлардан деректерді жинайды. Сүт салқындатқыш модулі 4 температура сенсорына (DS18B20) және бір сұйықтық ағынының сенсорына (G1WFM) қосылған. Батарея модулі тігінен қатар орналасқан 15 температура сенсорынан (DS18B20) деректерді жинайды.

Ақпаратты жинау процесін орталық блок бастайды, әр модульге сұранысты бөлек жібереді. Сұранысты алғаннан кейін әрбір модуль сенсорларға сауалнама жүргізе бастайды және деректерді бір пакетке жинайды, содан кейін ол қайтадан орталық блокқа жіберіледі. Сервер "шикі" деректері бар пакеттерді қабылдай отырып, оларды ыңғайлы сақтау үшін тиісті алгоритмдер бойынша өңдейді. Содан кейін сервер деректерді сақтау үшін дерекқорға жібереді. Пайдаланушының дербес компьютерінен ағымдағы мәндерді арнайы бағдарламалық құрал арқылы көруге болады.



Şekil 3: Deney standının genel görünümü
3-сурет: эксперименттік стендтің Жалпы көрінісі

Sonuç

Isı pompasının geliştirilmesi, kendi kendini düzenleyen soğutmanın sağlandığı, kompresör motor sargılarının sıcaklık rejiminin düşürüldüğü, kompresörün çalışma ve emilimini iyileştirerek ısı tüketiminin arttığı hipotezini doğrulamıştır. kompresörün ısısı. En uygun çözüm, kompresörün merkezden çıkıp evaporatöre yaklaşmasıdır.

Kaynaklar:

- Baldassin Jr., R. Uso racional de energia em fazendas leiteiras com bombas de calor. 2006. 176 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento de Sistemas Energéticos) - Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.
- I Sharaf-Eldeen, Y.. Performance of heat pump water heater, HPWH systems and their impacts on electric utility loads. Journal of Thermal Science and Engineering Applications, New York, v. 2, p. 021008-1-021008-6, 2010.
- Byrne, P.; Miriel, J.; Lenat, Y. Design and simulation of a heat pump for simultaneous heating and cooling using HFC or CO₂ as a working

Зертханалық эксперименттік стендте (3-Сурет) А.к. көзі ретінде сүт салқындатқышы (оң жақта), ал жүктеме ретінде жинақтау сыйымдылығы пайдаланылады.

Сүт салқындатқышының тізбектеріндегі салқындатқыштың айналымы және жинақтау қабілеті айналымдағы сорғылармен қамтамасыз етіледі.

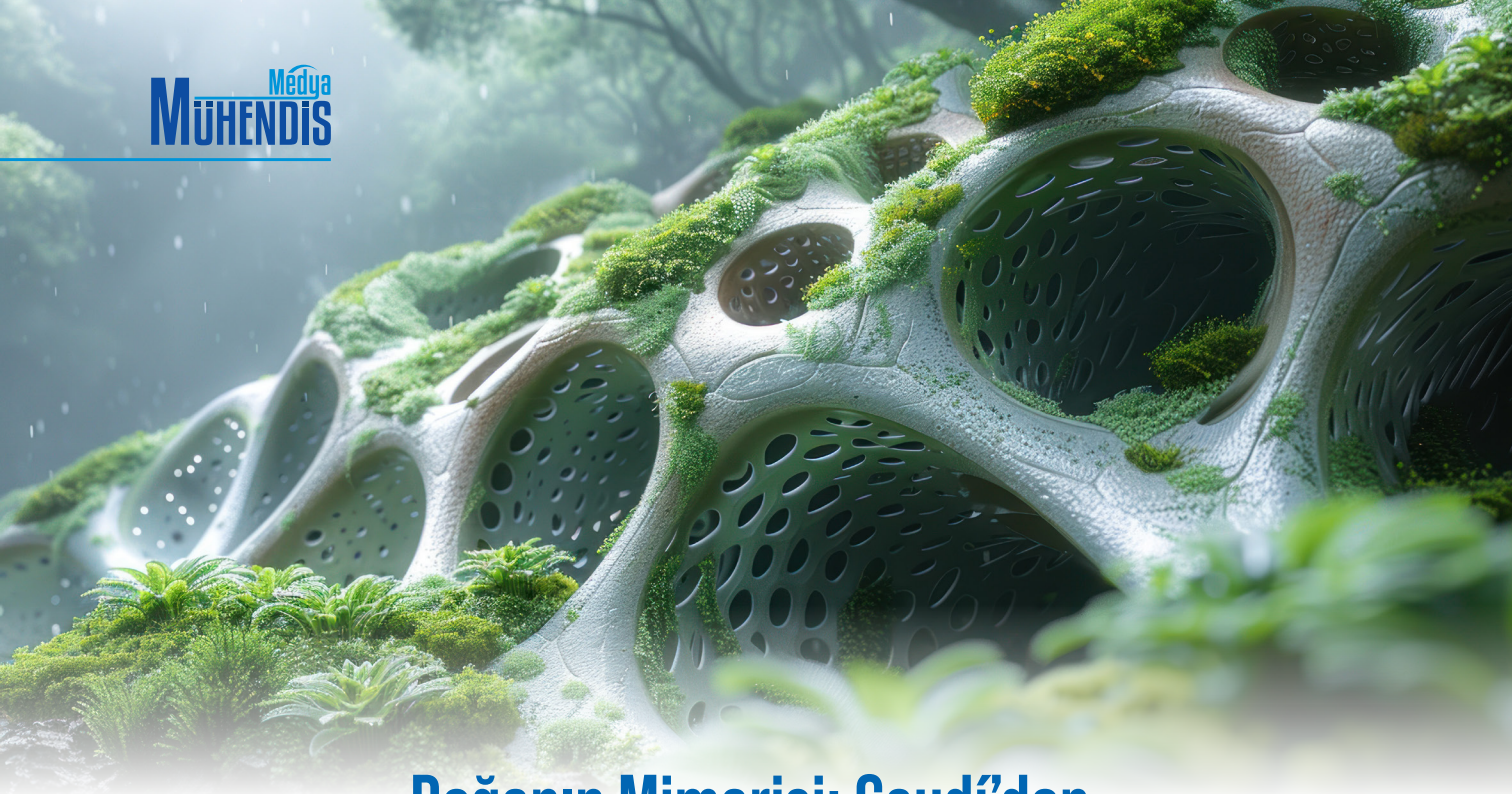
Қорытынды

Жылу сорғысының дамуы өзін-өзі реттейтін салқындатуға қол жеткізілді, компрессор қозғалтқышының орамаларының температуралық режимі төмендеді, жұмыс режимін жақсарту және компрессорды сіңіру арқылы жылу шығыны өсті деген гипотезаны растады. компрессордың жылуы. Оңтайлы шешім компрессор орталықтанмещысып, буландырғышқа жақындаған кезде.

Сілтемелер

- Baldassin Jr., R. Uso racional de energia em fazendas leiteiras com bombas de calor. 2006. 176 f. Dissertação (Mestrado em Planejamento de Sistemas Energéticos) - Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006.
- I Sharaf-Eldeen, Y.. Performance of heat pump water heater, HPWH systems and their impacts on electric utility loads. Journal of Thermal Science and Engineering Applications, New York, v. 2, p. 021008-1-021008-6, 2010.
- Byrne, P.; Miriel, J.; Lenat, Y. Design and simulation of a heat pump for simultaneous heating and cooling using HFC or CO₂ as a working fluid. International Journal of Refrigeration, Guildford, n.32, p.1711-1723, 2009.
- Pardo, N.; Montero, A.; Sala, A.; Martos, J.; Urchueguía, J. F. Efficiency improvement of a ground coupled heat pump system from energy management. Applied Thermal Engineering, Oxford, n.31, p.391-398, 2011.

- fluid. *International Journal of Refrigeration*, Guildford, n.32, p.1711- 1723, 2009.
- Pardo, N.; Montero, A.; Sala, A.; Martos, J.; Urchueguía, J. F. Efficiency improvement of a ground coupled heat pump system from energy management. *Applied Thermal Engineering*, Oxford, n.31, p.391-398, 2011.
- Sebarchievici, C.; Sarbu, I. Performance of an experimental ground-coupled heat pump system for heating, cooling and domestic hot-water operation. *Renewable Energy*, Oxford, n.76, p.148-159, 2015.
- Ma, K.; Jin, L.; Yan, L. Feasibility study about solar energy-air source heat pump system in cold region rural residential applications. *Applied Mechanics and Materials*, Switzerland, v.672-674, p.113-116, oct. 2014.
- Stafford, A.; Lilley, D. Predicting in situ heat pump performance: An investigation into a single ground- source heat pump system in the context of 10 similar systems. *Energy and Buildings*, Lousanne, n.49, p.536-541, 2012
- Luo, J.; Rohna, J.; Bayer, M.; Priess, A.; Wilkmanna, L.; Xiang, W. Heating and cooling performance analysis of a ground source heat pump system in Southern Germany. *Geothermics*, Amsterdam, n. 53, p.57-66, 2015.
- Vieira, A. S.; Stewart, R. A.; Beal, C. D. Air source heat pump water heaters in residential buildings in Australia: Identification of key performance parameters. *Energy and Buildings*, Lousanne, n.91, p.148-162, 2015.
- Fernandez, N.; Hwang, Y.; Radermacher, R. Comparison of CO₂ heat pump water heater performance with baseline cycle and two high COP cycles. *International Journal of Refrigeration*, Guildford, n.33, p.635-644, 2010.
- Hesaraki, A.; Holmberg, S.; Haghighat, F. Seasonal thermal energy storage with heat pumps and low temperatures in building projects - A comparative review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Amsterdam, n. 43, p.1199-1213, 2015.
- Ferrarez, A. H.; Oliveira Filho, D.; Teixeira, C. A. Independência Energética de Granja Suinícola a partir do uso de biogás. *Engenharia na Agricultura*, Viçosa, MG, v.18, n.3, p. 248-257, 2010.
- Sebarchievici, C.; Sarbu, I. Performance of an experimental ground-coupled heat pump system for heating, cooling and domestic hot-water operation. *Renewable Energy*, Oxford, n.76, p.148-159, 2015.
- Ma, K.; Jin, L.; Yan, L. Feasibility study about solar energy-air source heat pump system in cold region rural residential applications. *Applied Mechanics and Materials*, Switzerland, v.672-674, p.113-116, oct. 2014.
- Stafford, A.; Lilley, D. Predicting in situ heat pump performance: An investigation into a single ground- source heat pump system in the context of 10 similar systems. *Energy and Buildings*, Lousanne, n.49, p.536-541, 2012
- Luo, J.; Rohna, J.; Bayer, M.; Priess, A.; Wilkmanna, L.; Xiang, W. Heating and cooling performance analysis of a ground source heat pump system in Southern Germany. *Geothermics*, Amsterdam, n. 53, p.57-66, 2015.
- Vieira, A. S.; Stewart, R. A.; Beal, C. D. Air source heat pump water heaters in residential buildings in Australia: Identification of key performance parameters. *Energy and Buildings*, Lousanne, n.91, p.148-162, 2015.
- Fernandez, N.; Hwang, Y.; Radermacher, R. Comparison of CO₂ heat pump water heater performance with baseline cycle and two high COP cycles. *International Journal of Refrigeration*, Guildford, n.33, p.635-644, 2010.
- Hesaraki, A.; Holmberg, S.; Haghighat, F. Seasonal thermal energy storage with heat pumps and low temperatures in building projects - A comparative review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Amsterdam, n. 43, p.1199-1213, 2015.
- Ferrarez, A. H.; Oliveira Filho, D.; Teixeira, C. A. Independência Energética de Granja Suinícola a partir do uso de biogás. *Engenharia na Agricultura*, Viçosa, MG, v.18, n.3, p. 248-257, 2010.



Doğanın Mimarisi: Gaudí'den Oxman'a Biyomimikri

Banu BAŞER
Mimar

Mimari tasarım süreci; kültürel ve tarihsel doku, sanatsal akımlar, teknolojik gelişmeler gibi çeşitli etmenlerden beslenmektedir. Özellikle doğa, fonksiyon ve estetik açısından sürdürülebilir çözümler sunması nedeniyle mimari tasarımda önemli bir ilham kaynağı olmuştur. Bu bağlamda, etimolojik olarak bios (yaşam) ve mimesis (taklit etme, benzetme) kelimelerinden türeyen biyomimetik veya biyomimikri kavramı, doğal sistemleri, süreçleri ve organizmaları inceleyerek, bunları mimariye uyarlamayı amaçlayan bir tasarım yaklaşımı olarak öne çıkmaktadır.

Amerikalı biyolog Janine M. Benyus'un 1997 yılında yazdığı "Biomimicry: Innovation Inspired by Nature" kitabıyla ortaya koyduğu biyomimikri, doğanın 3.8 milyar yıllık evrimsel birikimini bir Ar-Ge kaynağı olarak değerlendirmekte ve canlı organizmaların zorluklarla başa

çıkma için geliştirdiği stratejilerden ilham alarak bu çözümleri insanlığın çeşitli alanlardaki problemlerine uyarlamayı amaçlamaktadır. Benyus, biyomimikrinin doğanın işleyişini gözlemlemeye dayalı doğal bir süreç olduğunu vurgulamakta ve bu yaklaşımın yalnızca yaratıcı çözümler sunmakla kalmayıp aynı zamanda sürdürülebilir ve ekolojik olarak uyumlu sistemler geliştirmeye olanak sağladığını ifade etmektedir. [1]

Biyomimetik mimarlık, doğada en verimli şekilde adapte olmuş sistemlerin incelenmesiyle başlamaktadır. Bu süreç, yapıların çevresel etkilerini en aza indirirken mühendislik ve sürdürülebilir tasarım alanlarında da yenilikçi çözümler üretmeyi mümkün kılmaktadır. Günümüzde birçok mimari proje, doğadaki formlardan, organizmaların yapı ve işleyiş özelliklerinden veya ekosistemlerin kendini yenileme süreçlerinden esinlenerek



Fotoğraf 1: La Sagrada Família – Antoni Gaudí [2]

geliştirilmiştir. Bu doğrultuda, biyomikrinin mimarlık alanında nasıl somutlaştığını anlamak adına, doğadan ilham alan bazı dikkat çekici örneklerle göz atalım.

Doğadan esinlenme denildiğinde akla gelen ilk isimlerden biri olan Antoni Gaudí'nin en ikonik eserlerinden La Sagrada Família, İspanya'nın Barselona kentinde yer almaktadır. Gaudí tarafından tasarlanan bu bazilikanın inşaatına 1882 yılında başlanmış olup inşaatı hâlen devam etmektedir. Gaudí "Her zaman açık olan ve okumak için çaba göstermemiz gereken büyük kitap Doğa'nın kitabıdır ve diğer kitaplar ondan türetilmiştir." ve "Ben bir yaratıcı değil, bir kopyacıyım, Dünyanın Ulu Mimarı'nın yarattığı en mükemmel formların kopyacısıyım." sözleriyle doğayı en saf ve güvenilir ilham kaynağı olarak gördüğünü ifade etmiştir. Bu bakış açısı, onun mimari anlayışında biyomimikriyi temel bir ilke haline getirmiş; doğanın yapısal unsurlarını ve estetik formlarını eserlerine ustalıkla yansıtmasına olanak tanımıştır.



Fotoğraf 2: Ağaç Dallarını Andıran Sütunlar [3]

Sagrada Família doğadan güçlü bir şekilde ilham almıştır. Bu yapıdaki biyomimetik mimarinin en çarpıcı örneklerinden biri, nef bölümündeki ağaç dallarını anımsatan sütunlardır. Bu sütunlar, yukarı doğru dallanarak tonoz ve çatının yükünü destekler. Her sütunun kenar sayısı, taşıdığı yük miktarına göre belirlenir ve sütun yükseldikçe bu kenar sayısı artar. Bu tasarım, ağaçların doğal ağırlık dağılımını taklit ederek, geleneksel sütunlara kıyasla daha fazla yük taşıma kapasitesi sağlar. [3]



Fotoğraf 3:Ağaç Düğümü [3]

Tonozdaki açıklıklardan, vitray pencerelerden ve dallanan sütunların arasından süzülen ışık, ormandaki yaprakların arasından geçen güneş ışığını andıran bir atmosfer yaratır. Sütun gövdeleri ile dalların birleşim noktalarındaki detaylar, ağaçların doğal düğüm noktalarını taklit ederken, aynı zamanda ışıkların yerleştirildiği koruyucu bir yapı işlevi görür.

Bu biyomimetik yaklaşım, yalnızca görsel unsurlarla sınırlı değildir; Gaudí'nin tasarladığı spiral merdivenler gibi yapısal öğeler de doğadan ilham alarak hem estetik hem de işlevsel çözümler sunar. Bu organik formlar, yapının genel mühendislik yaklaşımında da kendini göstermektedir.

Gaudí'nin Sagrada Familia'nın mimari tasarımında doğal yapısal formları tercih etmesi, yalnızca estetik bir amaç taşımakla kalmamış,

aynı zamanda inşaat sürecinde malzeme kullanımını da azaltmıştır. Yükleri daha verimli bir şekilde dağıtan bu organik yapılar, daha az malzeme gereksinimiyle daha sağlam bir yapı oluşturulmasına olanak tanımıştır. Bu yaklaşım, böylesine büyük ölçekli bir projede önemli bir avantaj sağlamıştır. Gaudí, doğanın kavisli ve organik formlarını benimseyerek, katı ve düz çizgilerden vazgeçtiğinde mimaride ne tür yeniliklerin mümkün olabileceğini gözler önüne sermiştir. [3] Yandaki karekodu okutarak Gaudí'nin doğadan aldığı ilhamın detaylarını ve Sagrada Familia'nın tasarım sürecindeki yenilikçi yaklaşımlarını gösteren TIME tarafından hazırlanan "How Nature Inspired Gaudí In Creating La Sagrada Familia" adlı kısa belgeseli izleyebilirsiniz.



Video için kodu taratın



Fotoğraf 4: Ormandaki yaprakların arasından geçen güneş ışığı atmosferi [4]



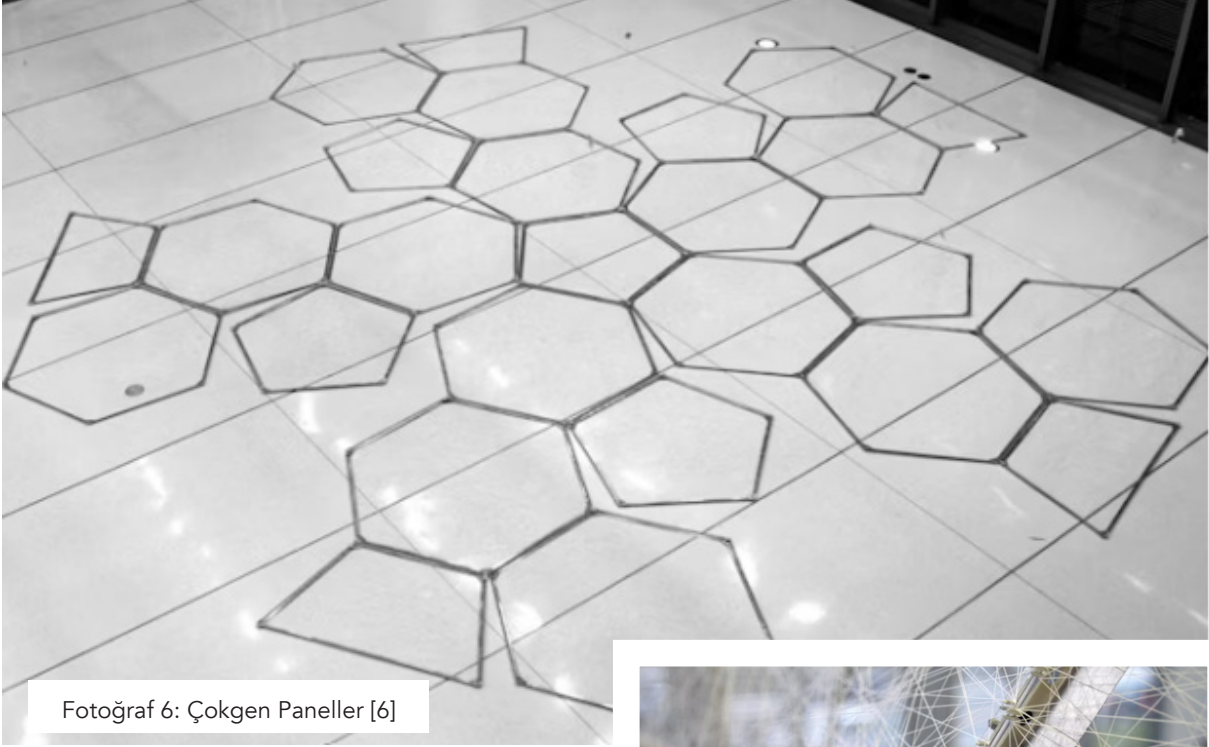
Fotoğraf 5: İpek Köşk [6]

Gaudí'nin doğanın biçimsel öğelerini taklit eden yaklaşımı, biyomimikrinin erken örneklerinden birini oluştururken, günümüzde bu anlayış daha da gelişerek yalnızca form taklidiyle sınırlı kalmayan, malzeme ve üretim süreçlerini de kapsayan yenilikçi yöntemlere evrilmiştir. Teknolojinin sunduğu olanaklar ve disiplinler arası ilişkilerin gelişimiyle birlikte, doğayı taklit etmekten ziyade doğayı öğrenme ve anlama süreci ön plana çıkmıştır. Artık doğa yalnızca bitki veya hayvan formlarının gözlemlendiği bir kaynak değil; canlı organizmaların davranışları, fizyolojik ve biyolojik özellikleri gibi unsurların da incelendiği bir referans noktası haline gelmiştir. Doğanın ilkelerini anlamak ve bu doğrultuda onu iyileştirerek kullanmak, tasarım süreçlerinde önemli bir yer edinmiştir. Bu dönüşümün en dikkat çekici temsilcilerinden biri de, doğayla iş birliği yaparak biyolojik süreçleri tasarıma entegre eden Neri Oxman'dır. Bu bağlamda, biyomimetik tasarımın çağdaş mimarideki yansımalarını değerlendirmek

amacıyla, doğa ve ileri teknolojiyi bir araya getiren yenilikçi bir örnek olarak Oxman'ın Silk Pavilion (İpek Köşkü) projesi ele alınacaktır. Oxman'ın bu çalışması, biyomimetik tasarımın yalnızca biçimsel değil, aynı zamanda üretim süreçleri ve malzeme teknolojileri açısından da nasıl dönüştürücü bir potansiyele sahip olduğunu ortaya koymaktadır. [5]

Neri Oxman'ın liderliğinde MIT Medya Laboratuvarı'nın Mediated Matter Grubu tarafından geliştirilen Silk Pavilion (İpek Köşkü), biyomimikri ve dijital üretim tekniklerini birleştiren çığır açıcı bir projedir. Silk Pavilion, ipekböceklerinin doğal üretim süreçlerini dijital tasarım ve robotik teknolojilerle birleştirerek, biyolojik ve yapay sistemler arasındaki sınırları zorlayan bir yapı sunmaktadır.

Projenin temel amacı, doğadaki organizmaların yapı üretme süreçlerinden ilham alarak sürdürülebilir ve çevreyle uyumlu malzeme çözümleri geliştirmektir.



Oxman'ın biyomimikri anlayışı, yalnızca doğadaki formların taklit edilmesine değil, aynı zamanda doğanın yapı üretim süreçlerinin doğrudan tasarım ve üretim sürecine entegre edilmesine odaklanmaktadır. Silk Pavilion, bu anlayışın somut bir örneği olarak, ipekböceklerinin kendi doğal hareket ve örme davranışlarıyla şekillendirdikleri bir yapıyı ortaya koyar.

Proje, parametrik tasarım araçları ve robotik üretim tekniklerini içeren bir süreçle şekillenmiştir. Silk Pavilion'un temel yapısı, Bilgisayar Sayısal Kontrollü (CNC) bir makine tarafından serilen ipek ipliklerden oluşan 26 çokgen panelden meydana gelmektedir. İskelet yapısı, gergin ipek ipliklerinden şekillendirilmiş olup bu iplikler, robotik sistemler tarafından hassas bir şekilde yerleştirilmiştir. [6]

Kurulduktan sonra, yaklaşık 6.500 ipekböceği kontrollü olarak yapı üzerine bırakılmıştır. Bu süreçte ipekböcek-



lerinin hareketlerini yönlendirmek için, ışık ve ısı maruziyeti ile büyüme değişkenleri ayarlanmıştır. İpekböceklerinin düzenli ipek yamalar örmesi ile biyolojik ve dijital üretimin entegre olduğu bir yapı ortaya çıkmıştır. Böylece mimari tasarımın bir parçası halinde ortaya çıkan bu yapı hem biyolojik hem de teknolojik bir ürün haline gelmiştir. [6] Süreci anlatan "Silk Pavilion 1" isimli kısa belgesele yandaki karekodu okutarak ulaşabilirsiniz.



Silk Pavilion projesi, biyomimikrinin yalnızca estetik bir ilham kaynağı



olmadığını, aynı zamanda üretim süreçlerinde sürdürülebilir ve yenilikçi çözümler geliştirebilecek bir araç olduğunu göstermektedir. Oxman'ın bu yaklaşımı, biyolojik sistemlerin tasarım süreçlerine entegre edilmesiyle, yapıların hem çevresel etkilerini en aza indirme hem de daha verimli ve dayanıklı çözümler üretme potansiyeline sahip olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca, bu proje doğa ile insan yapımı teknolojilerin nasıl iş birliği içinde çalışabileceğini gösteren önemli bir örnek teşkil etmektedir.

Biyomimikri, doğanın milyonlarca yıllık evrimsel bilgisini modern tasarım süreçlerine entegre ederek mimaride sürdürülebilir ve yenilikçi çözümler sunan güçlü bir yaklaşım olarak öne çıkmaktadır. Antoni Gaudí'nin doğanın organik formlarını yapılarına ustalıkla yansıtan estetik anlayışı ile Neri Oxman'ın biyolojik süreçleri teknolojiyle harmanlayan ileri mühendislik çözümleri, biyomimikrinin farklı zaman dilimlerinde nasıl evrildiğini göstermektedir. Geçmişten günümüze uzanan bu ilham verici yolculuk, mimaride doğanın

yalnızca bir model değil, aynı zamanda bir rehber olarak değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Gelecekte, gelişen malzeme bilimi ve dijital üretim teknolojileri ile birlikte biyomimetik tasarımın sınırlarını daha da genişleterek, doğayla uyumlu ve yenilikçi yapılar inşa etme potansiyeli artacaktır.

Kaynaklar

- [1] "Biomimicry Institute," [Çevrimiçi]. Available: <https://biomimicry.org/inspiration/what-is-biomimicry/>. [Erişildi: 4 2 2025].
- [2] "ARKITEKTUEL," [Çevrimiçi]. Available: <https://www.arkitektuel.com/la-sagrada-familia/book-mundi/>. [Erişildi: 8 2 2025].
- [3] snaves, "steemit," 6 2 2025. [Çevrimiçi]. Available: <https://steemit.com/architecture/@snaves/biomimetic-architecture-sagrada-familia>.
- [4] I. R. ARROYO, "SACYR," 5 4 2023. [Çevrimiçi]. Available: <https://sacyr.com/en/-/los-secreto-de-la-sagrada-familia>. [Erişildi: 8 2 2025].
- [5] „ A. Ç. F. T. Cengiz TAVŞAN, "Doğa ve Teknoloji Kesişiminde Neri Oxman'ın Tasarım Yaklaşımı," Uluslararası Doğu Anadolu Fen Mühendislik ve Tasarım Dergisi, no. 3(2), pp. 405-424, 2021.
- [6] N. Oxman, "Oxman," [Çevrimiçi]. Available: <https://oxman.com/projects/silk-pavilion-i>. [Erişildi: 16 2 2025].

Türk Mühendislik Başarısı: Kapsüllü Atmaca

Türk Mühendisleri bir büyük bir başarıya daha imza attı. Roketsan tarafından milli imkanlarla geliştirilen ATMACA Gemisavar Füzesi' nin denizaltından atılacak versiyonu olan "Kapsüllü ATMACA" nın atış testi, TCG PREVEZE denizaltısından başarıyla gerçekleştirildi.

Teste, Savunma Sanayii Başkanı Prof. Dr. Haluk Görgün, Deniz Kuvvetleri Komutanı Oramiral Ercüment Tatlıoğlu ve Roketsan Genel Müdürü Murat İkinci de katıldı.

Türkiye İçin Büyük Başarı

Torpedo tüpünden fırlatılan Kapsüllü ATMACA Füzesi, su yüzeyine çıktıktan sonra ilk aşama katı yakıtlı motoruyla irtifa kazandı. Böylece Türkiye, denizaltından gemisavar füze atabilen sayılı ülkelerden biri olacak.

Savunma Sanayii Başkanı Haluk Görgün, resmi sosyal medya hesabından yaptığı açıklamada şu ifadeleri kullandı:

"Mavi Vatan'ın çelik kılıcı ATMACA, artık denizlerin altından da hedefini vuracak! Dünyada sayılı ülkenin sahip olduğu



su altından güdümlü mermi atış kabiliyetini, bugünkü ATMACA atışı ile doğrulamış olduk. Denizaltından ateşlenen ATMACA, başarıyla uçuşunu gerçekleştirdi."

Roketsan Genel Müdürü Murat İkinci de paylaşımında, "Milli füzemiz denizlerin altından gökyüzüne çıkmaya hazır! İlk kez gerçekleştirdiğimiz Kapsüllü ATMACA seyir füzesi atışı başarıyla tamamlandı." ifadelerini kullandı.

Bu kabiliyetin, geliştirilmekte olan seyir füzelerinin kapsüle ve denizaltı dikey atım sistemine entegrasyonu ile orta vadede yeni bir boyut kazanacağı değerlendiriliyor.

Türkiye yüzyılında, başarıların arkasındaki görünmeyen kahramanlarımızı da tebrik ederiz. Denizaltından atışlenecek ATMACA' nın, ABD üretimi Sub-Harpoon füzelerinin yerini alması planlanıyor.

Kaynak:

<https://www.savunmasanayist.com/kapsullu-atmaca-denizaltindan-basariyla-firlatildi/>



Diğer Bir Temiz Enerji Kaynağı: Dalga Enerjisi

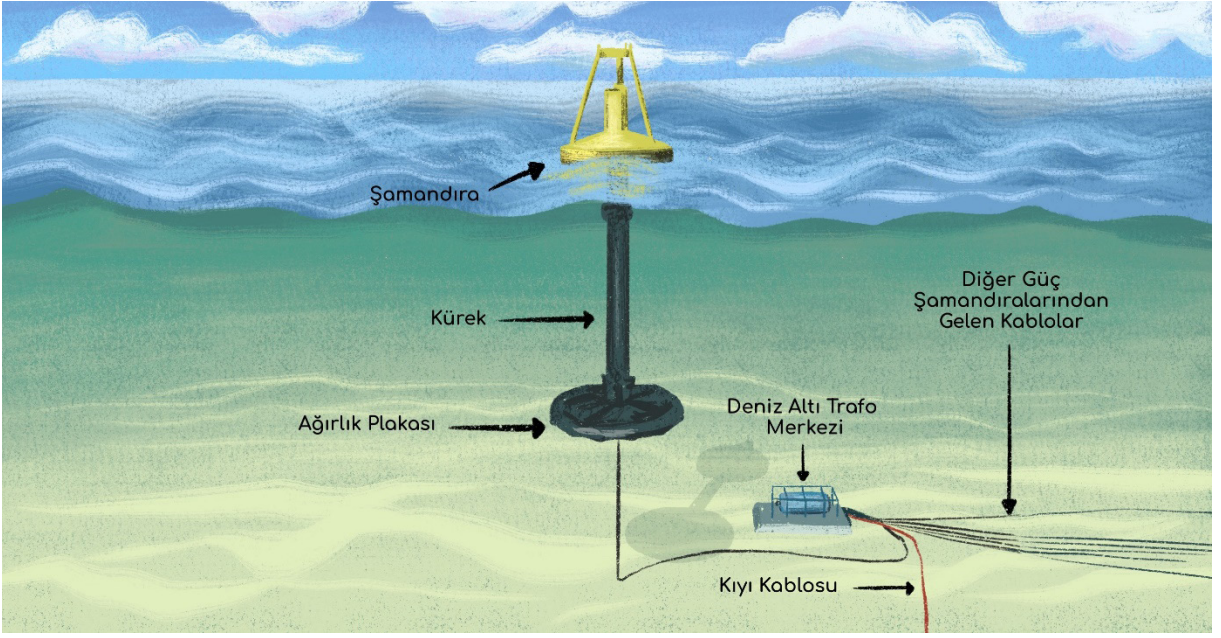
Dünya genelinde yenilenebilir enerjiye artan ilgi; hidrolik, güneş, rüzgâr, jeotermal gibi çok kullanılan kaynakların yanına biyokütle enerjisi, gel-git enerjisi, hidrojen enerjisi gibi yöntemlerin de eklenmesine vesile oldu. Yine dalga enerjisi de hâlihazırda çok büyük bir üretim kapasitesine sahip olmasa da üzerinde önemle durulan bir kaynak olarak ön plana çıkıyor. Özellikle uzun iletim hatlarına ihtiyaç duymaması ve tarımsal alanlar ile orman alanlarının korunmasına katkı sağlaması gibi özellikleriyle diğer yenilenebilir kaynaklara göre avantajları bulunan dalga enerjisinin, gelecekte yaygın olarak kullanılacağı yönünde güçlü bir öngörü bulunuyor. [3] Denizlerin ve okyanusların sürekli hareket hâlinde olması devasa bir enerji potansiyelidir. Dünya yüzeyinin yaklaşık %71'ini kaplayan deniz ve okyanuslarda oluşan dalgalar, büyük miktarda kinetik ve potansiyel enerji barındırır. Dalga enerjisi, bu doğal hareketin gücünden yararlanarak temiz, sürdürülebilir ve çevre dostu enerji üretme olanağı sağlar. Yenilenebilir bir enerji türü olan dalga enerjisi, çevreye zarar vermeden elektrik üretimi için kullanılabilir. [1]

Deniz dalgalarından enerji elde edilmesi konusunda ilk çalışmayı 1892

yılında A. W. Stahl yapmıştır. Günümüzde dünyanın değişik merkezlerinde bu konuda araştırmalar yapıp prototipler geliştiriliyor. Dalgalardan enerji elde eden tüm sistemler deniz yüzeyinde ya da deniz yüzeyine yakın kurulur. Bu sistemler dalganın geliş yönüne dik ya da paralel kurulmalarına ve enerjiyi dönüştürme biçimlerine göre farklılaşabilir. [2]

Dalgalardan enerji elde edilmesinin avantajları şunlardır:

- Su ve ay var olduğu sürece kullanılabilir olan yenilenebilir bir enerji kaynağıdır.
- Her mevsim değişen hava koşulları sayesinde rüzgâr varlığını sürdürür ve böylece dalgalar oluşmaya devam eder.
- Farklı yöntemler kullanılarak elde edilebilir.
- Tutarlı ve devamlı bir enerji kaynağıdır.
- Bu sayede diğer enerji kaynaklarına kıyasla daha tahmin edilebilir özelliklere sahiptir.
- Kıyı bölgelerinde kalabalık şehirlerin bulunması sebebiyle enerji tüketimi fazla olur.



- Bu enerji kaynağı kullanım alanlarına yakın olduğu için hem yaygın hem de bolca bulunmaktadır.
- Çevre, arazi ve insan sağlığına zarar vermez.
- Dalga büyüklüğüne göre yüksek miktarda enerji üretimine katkıda bulunur.
- Daimî bir enerji kaynağı olarak güvenle tercih edilebilir.
- Dış kaynaklardan bağımsız olması sebebiyle hava kirliliğini önler.
- Denize kıyısı olan pek çok yerde enerji üretimi amacıyla tercih edilebilir. [4]

Bazı muhtemel dezavantajları ise şu şekilde sıralanabilir:

- Dalga enerji sistemleri özellikle sedimentlerin akış yollarının değişmesine neden olabilirler. Dalga ve akımlardaki değişim yüzeye yakın yaşayan türleri doğrudan etkileyebilir. Bu durum dikkatli yer seçimi gerektirmektedir.
- Su yüzeyinin büyük bir kısmının dalga enerji sistemleri ile kaplanması deniz yaşamına zarar verebilir. Yine bu sistemlerin deniz yüzeyinin atmosferle temasını kesmesi olumsuz etkiler yaratabilir.



- Dalga enerji tesisleri, dalgakıran gibi davrandığı için denizi durgunlaştırır. Birçok limanda istenen etki olmasına karşın denizin üst tabakasının karışımını yavaşlatması deniz yaşamını ve balıkçılığı ters yönde etkileyebilir. Bu olay yüzeyin çok altında yaşayan balıkları doğrudan etkilemese de azalan karışımdan dolayı yüzeydeki üretim değişir ve otçul popülasyonun yiyecek temini azalır.
- Özellikle kıyı şeridi ve kıyıya yakın uygulamalarda wells türbinlerinden kaynaklanan gürültü kirliliği söz konusu olabilir. Bu yüzden yapılar ses geçirmez özellikte olmalıdır.
- Kıyıdan uzak uygulamalar denizcilik için tehlike oluşturabilirler. Ancak, uygun görsel ve radar uyarı sistemlerinin enerji sistemine yerleştirilmesi ile riskler minimuma indirilebilir.
- Kıyı şeridi ve kıyıya yakın uygulamalar estetik görünüm açısından olumsuz etki yaratabilir. Diğer taraftan elektrik iletim hatlarından kaynaklanan görüntü kirliliği ve çevresel etkiler de çeşitli tedbirler alınmasını gerektirmektedir. [3]

Dalga Enerjisi için Hangi Denizler Daha Uygundur?

Dalga enerjisi, dalga açısından zengin kıyılarda ve açık denizlerde rahatlıkla kurulabilecek tesislerden elde edilebilir. Dolayısıyla dalga enerjisi dönüşüm sistemlerinin kurulabilecekleri yerlerin başında büyük dalga kuvvetlerinin ve şiddetli fırtınaların bulunduğu yerler gelir. Aynı zamanda dalga enerjisi sistemlerinin uygun olabileceği yerleri değerlendirilmeden önce birtakım verilerin de incelenmesi gerekir. [4]

Bu kapsamda, mevsim değişikliklerine ve rüzgârın şiddetinin geçmiş istatistiklerine bakılabilir. Tasarımın aktif olarak kullanılabilmesi ve olumsuz hava koşullarından etkilenmemesi için derinlemesine araştırma yapılması önemlidir. Sürekli dalga olan bölgelerin bazıları, konum itibarıyla fırtınalara açık olduğunda tesisin etkilenmemesi için özel önlemler alınması gerekebilir. Dalgaların şiddeti ve büyüklüğüne göre belirlenen tesis yeri sayesinde başarılı sonuçlar elde edilmesi mümkün olur. Dalga enerjisinin tespit edilebilmesi için dalga çiftliği kurularak potansiyeli hesaplanır. Dalgaların geliş yönü kayıt altına alındığında bu verilere dayanarak uygun yer belirlenebilir. Dünyada ve ülkemizde dalga enerjisi açısından verimli olan bölgeler tespit edildikten sonra net dalga gücü ortaya çıkar. Dolayısıyla dalga enerjisi için hangi denizlerin daha uygun olduğunu belirlemek amacıyla farklı verilerin değerlendirilmesidir. Bu sayede sonuca ulaşılabileceği söylenebilir.

Dalga enerjisi amaçlı kullanılan bazı yöntemler

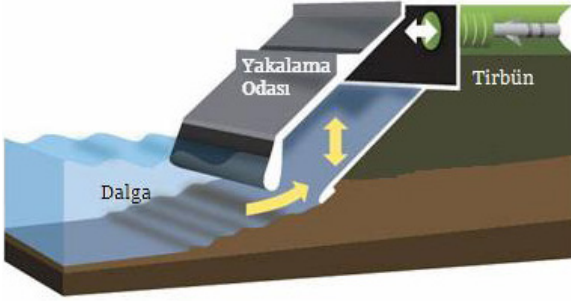
1. Salınlımlı su kolonu sistemi

Genellikle dik sahillere kurulan ve yaygın kullanıma sahiptir. İçi boş bir boru suyun içine daldırılır. Dalga sahile gelip gittikçe boru içine su dolar ve geri gider. Boruya su dolunca içindeki hava ileriye doğru itilir ve dışarı çıkarken türbini çevirir. Su borudan boşalırken hava içeri çekilir ve bu esnada da içeri dolan hava türbini çevirir.

2. Dalga Yakalama Sistemi

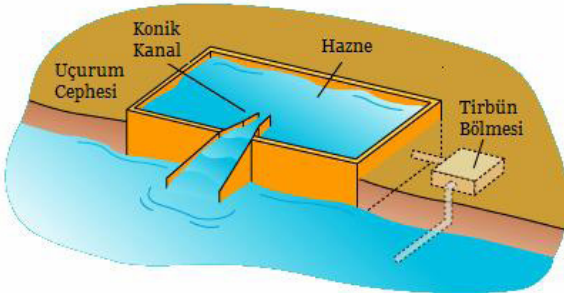
Bu sisteme üstten doldurma sistemi de denilmektedir. Dalga aşağıda görülen

sisteme üstten su doldurur, su aşağı boşalırken pervaneyi çevirir, o da türbini döndürerek elektrik üretilmiş olur.



3. Dik Kanal Sistemi (TAPCHAN)

İlk defa 1985 yılında bir Norveç adasında prototipi yapılmıştır. Bu nedenle Norwavediye de adlandırılır. Durdun deniz seviyesinden 3m yukarı kurulmuş bir havuza dalga suyu eğimi dik bir kanaldan doldurur. Dalga geri gidince havuz bu dik yamaçtan geri boşalırken türbini çevirir ve elektrik üretilmiş olur.



4. Dalga Ejderi

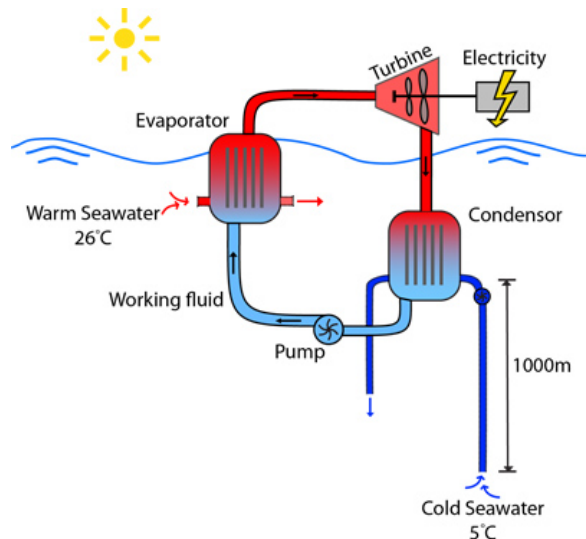
Bir tür dalga yakalama sistemidir. Dalga suyu her iki taraftan sistemin üzerindeki havuza doldurur. Su geçici olarak dolduğu bu havuzdan boşalırken yükseklik nedeniyle sahip olduğu potansiyel enerji türbin vasıtasıyla elektrik enerjisine dönüşür. [5]

Diğer Bir Yöntem: Okyanusların Derin ve Sığ Suları Arasındaki Sıcaklık Farkından Yararlanılarak Enerji Elde Edilmesi

Dalga enerjisinden bahsederken diğer bir denizlerden enerji elde etme yönteminden de bahsetme isterim: OTEC

Okyanusların derin ve sığ suları arasındaki sıcaklık farkından yararlanarak enerji elde edilen sistemlerde (Ocean Thermal Energy Conversion - OTEC), bu sıcaklık farkından yararlanarak çalışan bir ısı makinesi yardımıyla elektrik üretilir. Sıcaklık farkına bağlı olarak elde edilen verim ve güç artar. Özellikle Oğlak ve Yengeç Dönenceleri'nin arasındaki kuşakta (Ekvator'un 23° kuzeyi ve güneyi) kalan bölgeler, bu tip enerjinin elde edilmesi için hayli uygundur.

Tropikal okyanusların genellikle 30-40 m kalınlıkta olan yüzey tabakasının sıcaklığı Güneş'ten alınan ısı enerjisiyle 25 °C civarına yükselir. Buna karşılık, kutuplardan okyanusların derinliklerine ve tropikal bölgeye kayan soğuk su kütlesi sıcaklığı 5 °C civarında bir ortam oluşturur. Bu iki ortam arasındaki sıcaklık farkı OTEC çevriminin temelidir. Genellikle birbirine karışmayan sıcak yüzey suyu ile soğuk taban suyu bir ısı makinesinin çalıştırılabilmesine olanak verir. OTEC santralleri kapalı, açık ya da hibrit adı verilen çevrimler ile çalışabilir.



OTEC çalışma prensibine bir örnek

Kapalı Çevrim: Bu türde amonyak, propan ya da klor-flor-karbon bileşimleri gibi düşük kaynama noktasına sahip bir sıvı, kapalı çevrimin içine pompalanır. Bu sıvı, evaporatörden geçerken sıcak yüzey suyu ile buharlaşır ve basıncı artar. Yüksek basınca sahip bu buhar bir alternatör-türbin grubundan geçirilerek elektrik enerjisi elde edilir. Türbinden atılan buhar kondenserden geçirilerek tekrar sıvı fazına döndürülür. Soğutma suyu derin deniz tabanından alınan soğuk sudur. Böylece tamamlanan çevrim yeniden başlar ve devam eder.

Açık Çevrim: Bu çevrimde amonyak ya da propan gibi bir çalışma malzemesi kullanılmamaktadır. Bunların yerine, sıcak yüzey suyu vakumda ani olarak buharlaştırılır. Bu işlem sonucu elde edilen su buharı türbini çalıştırır ve alternatörden elektrik üretilir. Kapalı çevrimde olduğu gibi, türbinde iş gördükten sonra kondensere iletilen su buharı burada soğuk taban suyu ile yoğuşur. Bu yoğuşma ile oluşan taze suyun, içme suyu dahil, pek çok amaçla kullanılması mümkündür.

Hibrit Sistemler: Hibrit sistemler hem kapalı hem de açık çevrimlerin özelliklerini taşır. Sıcak deniz suyu bir vakumda ani olarak buharlaştırılır. Su buharı, kapalı çevrim sıvısı olan amonyağı buharlaştırır ve buharlaşan akışkan elektrik üretimi için türbini çalıştırır. Isı değiştiricide yoğunlaşan saf su başka amaçlarla da kullanılabilir. [2]

Dünya Geneline Dalgı Enerjisi Uygulamaları

Rüzgâr kaynaklı olan dalga enerjisi, dünya genelinde pek çok ülke tarafından uygulanmaktadır. Bu projelerden bazıları hâlen aktif bazılarıysa şu an hizmet dışı durumdadır:

İsveç: Sotenas Dalga Enerjisi Santrali, 2016 - 2019 yılları arasında aktif olarak kullanılmıştır. Tesis, 50 m derinlikte bulunan 36 adet noktasal emici yapıllı lineer jeneratör ile 3 MW güç ürettiyordu. Günümüzde Seabased şirketi bu alanı test ve teknoloji gösterimleri amacıyla kullanmaktadır.

Birleşik Krallık: Birleşik Krallık bünyesinde dünyanın ilk dalga enerji santrali kurulmuştur ve tesis 2018 yılında kapatılmıştır. Islay Limpet adı verilen tesisin özellikleri; salınımlı su kolunu tekniğıyle dalgaları yakalayarak 500 kW enerji ürettiyordu. Diğer tesis hâlen kullanılmaktadır. Salınımlı dalgalanma dönüştürücü teknolojisiyle 2,4 MW gücünde olan Orkney Dalga Enerji Santrali'dir.

Gana: 2016 yılında faaliyete geçen ve genişletilmesi planlanan Ada Foah Dalga Enerjisi Santrali, 400kW gücünde nokta emici teknolojisi ile çalışır ve önümüzdeki dönemde 100 MW olması hedefleniyor.

ABD: Nokta emici teknolojisiyle çalışan Azura Dalga Enerji İstasyonu, 200 kW ve Fred. Olsen Ltd. (Bolt Lifesaver) Dalga İstasyonu 30 kW enerji üretir.

İsrail: Salınımlı dalgalanma dönüştürücü teknolojisiyle çalışan SDE Deniz Dalgası Güç Santrali 40 kW gücündedir.

Yunanistan: 20 kW gücünde olan SINN Güç Dalgası Dönüştürücüsü, 2015 yılından bu yana geliştirilmekte ve kapasitesinin 0,75 MW'a çıkması hedeflenmektedir.

İspanya: Salınımlı su kolunu teknolojisini kullanarak 16 farklı turbo jeneratör ile üretim yapan Mutriku Breakwater Dalga Santrali yaklaşık 300 kW gücündedir. 2011'de açılan tesis yaklaşık 100 haneye yetecek kadar enerji üretir. [4]



Ülkemizde Dalga Enerjisi

Ülkemizin Marmara Denizi dışında sahil uzunluğu yaklaşık 8200 km'dir. Balıkçılık, turizm ve askeri tesisler nedeniyle elektrik eldesi için bunun yalnızca 1/5'i kullanılabilir ise de dalga enerjisi Türkiye için çok önemli bir kaynaktır. Ancak sistem seçiminde yöresel meteorolojik şartlar, enerji talebi, üretilen enerjinin taşınımı da düşünülmelidir. [2]

Ülkemizde de dalga enerjisinden elektrik elde etme çalışmaları son yıllarda hız kazanmıştır. Ulusal Bor Araştırma Enstitüsü (BOREN) ve Türkiye Elektromekanik Sanayi A.Ş. (TEMSAN) iş birliğinde 15.02.2008 tarihinde başlatılan "Dalga Enerjisinden Elektrik Üretimi" konulu proje kapsamında, denizdeki dalgaların dikey hareketini elektrik enerjisine çeviren bir sistem tasarımı gerçekleştirilmiştir. [2]

Ülkemizde NATO TU-WAVES projesi verileri kapsamında dalga yüksekliği ve periyot değerlerinin matematiksel ortalaması alınarak bir harita çıkarılmıştır.

Buna göre çalışmalara başlamak için ülkemizdeki uygun denizler aşağıda sıralanmıştır:

İzmir-Antalya 3.91-12.05 kWh/m

Ege Denizi 2.86-8.75 kWh/m

Akdeniz 2.59-8.26 kWh/m

Karadeniz 1.96-4.22 kWh/m

Marmara Denizi 0.31-0.69 kWh/m

Türkiye'nin kıyı uzunluğunun yaklaşık 8200 km olduğu bilindiği halde su dalga enerjisini kullanmıyor olması, araştırmacıların ve deniz bağlantısı olan diğer ülkelerin dikkatini çekmektedir. Zira ülkede henüz dalga enerjisi kullanılmıyor olması birkaç faktöre bağlanabilir. Bu durumun temel sebepleri arasında, dalga enerjisi teknolojilerinin maliyeti, altyapı eksiklikleri ve Türkiye'nin iç denizlerinin deniz akısının düşük yoğunluğa sahip olması gibi etkenler ön plana çıkmaktadır. Türkiye'de henüz su dalga enerjisi kullanılmıyor olsa bile bu konu hakkında çeşitli çalışmalar bulunmaktadır ve konuyla ilgili geçmişte



yapılmış prototipler de mevcuttur. Dalga enerjisine yönelik çalışmalar Türkiye’de genellikle pilot proje konumundadır.

Geleceğin güçlü Türkiye’sinin mimarları olacak mühendislerimize güveniyor ve bu projelerin bir an önce ülkemize kazandırılmasını umut ediyoruz.

Kaynaklar :

- [1] <https://bilimgenc.tubitak.gov.tr/makale/dalga-enerjisi-yenilenebilir-bir-enerji-kaynagi>
- [2] <https://services.tubitak.gov.tr/edergi/yazi.pdf;jsessionid=c18qgr4-edMXDVuX3T8g+gYC?dergiKodu=4&cilt=42&sayi=634&sayfa=58&yazi-id=27851>
- [3] <https://www.yesilaski.com/dalga-enerjisi-ile-elektrik-uretimi.html>
- [4] <https://www.aydemperakende.com.tr/blog/dalga-enerjisi-nedir-nasil-uretilir>
- [5] <https://avys.omu.edu.tr/storage/app/public/bozturk/125861/Dalga%20ve%20Gel-Git%20Enerjisi.pdf>

Dünyanın En Güçlü Kamerası Üretildi

Casus uydular uzun zamandır devletler için güçlü bir istihbarat aracı olarak kullanılıyor. Çin, insan yüzünü bile 100 kilometre uzaklıktan seçebilen yeni nesil bir uydu geliştirdi. Geleneksel casus kameralar ve teleskoplardan 100 kat daha

iyi performans gösteren sistem, lazer tabanlı bir görüntüleme teknolojisi kullanılıyor. Yüksek çözünürlüklü veriler sağlamakla kalmıyor, aynı zamanda düşman uydularının en ince ayrıntılarını dahi analiz edebilecek kapasitede. Peki, teknoloji





tam olarak nasıl çalışıyor ve ne gibi etkileri olacak?

Çin Bilimler Akademisi'ne bağlı Havacılık Bilgi Araştırma Enstitüsü'nden bir ekip, bu uyduyu geliştirmek için sentezlenmiş açıklıklı lidar (SAL) teknolojisini kullandı. SAL, geleneksel radar sistemlerinin aksine optik dalga boylarını kullanarak daha net görüntüler elde ediyor. Önceki gözetleme sistemlerinde mikrodalga radyasyonu kullanılıyordu ancak bu dalgalar daha uzun dalga boylarına sahip olduğu için görüntü çözünürlüğü düşüktü.

Yeni sistem, çok daha kısa dalga boylarına sahip lazer ışınlarını kullanarak görüntüleri inanılmaz derecede yüksek çözünürlüklü hale getiriyor. Bunun anlamı çok daha uzaktan, çok daha küçük nesneleri ayırt edebilme yeteneği. Araştırmacılar, sistemin etkinliğini Çin'in kuzeybatısında bulunan Qinghai Gölü'nde gerçekleştirdikleri bir test ile kanıtladı. Lazer tabanlı gelişmiş sentetik açıklıklı lidar sistemini (SAL) kullanan bilim insanları, gölün kuzey kıyısından 101.8 kilometre uzaklığa yerleştirilmiş reflektör prizmalara odaklanarak olağanüstü netlikte görüntüler elde etti. [1]

Ancak, bu başarının yarattığı hayranlık kadar, güçlü endişeler de mevcut. Eski İstihbarat Görevlileri Derneği (AFIO) üyesi Robert Morton, bu teknolojiyi "büyük bir güvenlik endişesi" olarak nitelendirerek, "60 milden milimetre çözünürlük mü? Bu bir sonraki seviye gözetlemedir," ifadelerini

kullandı. API' nin dijital dönüşüm başkanı Julia Aymonier ise bu gelişmeyi "Uzay tabanlı gözetlemenin geleceği, hayal ettiğimizden çok daha güçlü bir şekilde burada," sözleriyle değerlendirdi. [2]

Çin, daha önce "casus balonları" gibi başka gözetleme araçlarıyla uluslararası tartışmalara yol açmıştı. Bu durum özellikle ABD'de güvenlik endişelerini artırmış, ancak Çin bu cihazların aslında hava durumu takibi için kullanıldığını savunmuştu.

Yeni casus kamera teknolojisi, Çin'in sadece gözetleme alanında değil, aynı zamanda uluslararası ilişkilerde de güçlü bir koz elde etmek üzere olduğunu gösteriyor. Ancak, bu teknoloji ile ortaya çıkan etik ve güvenlik tartışmalarının önümüzdeki dönemde daha da büyümesi muhtemel.

Kaynaklar:

- [1] <https://onedio.com/haber/cin-100-kilometre-oteden-yuz-taniyabilen-casus-uydusu-gelistirdi-1280637>
- [2] https://www.chip.com.tr/haber/cin-100-kilometreden-yuzumuzun-detayina-kadar-her-seyi-gorebilecek_168502.html

Kuantum Dünyasından Bir Fotoğraf: Dondurulmuş Elektrotlar

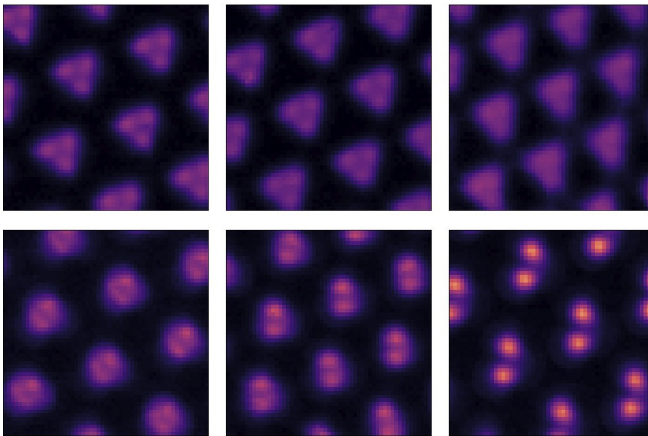
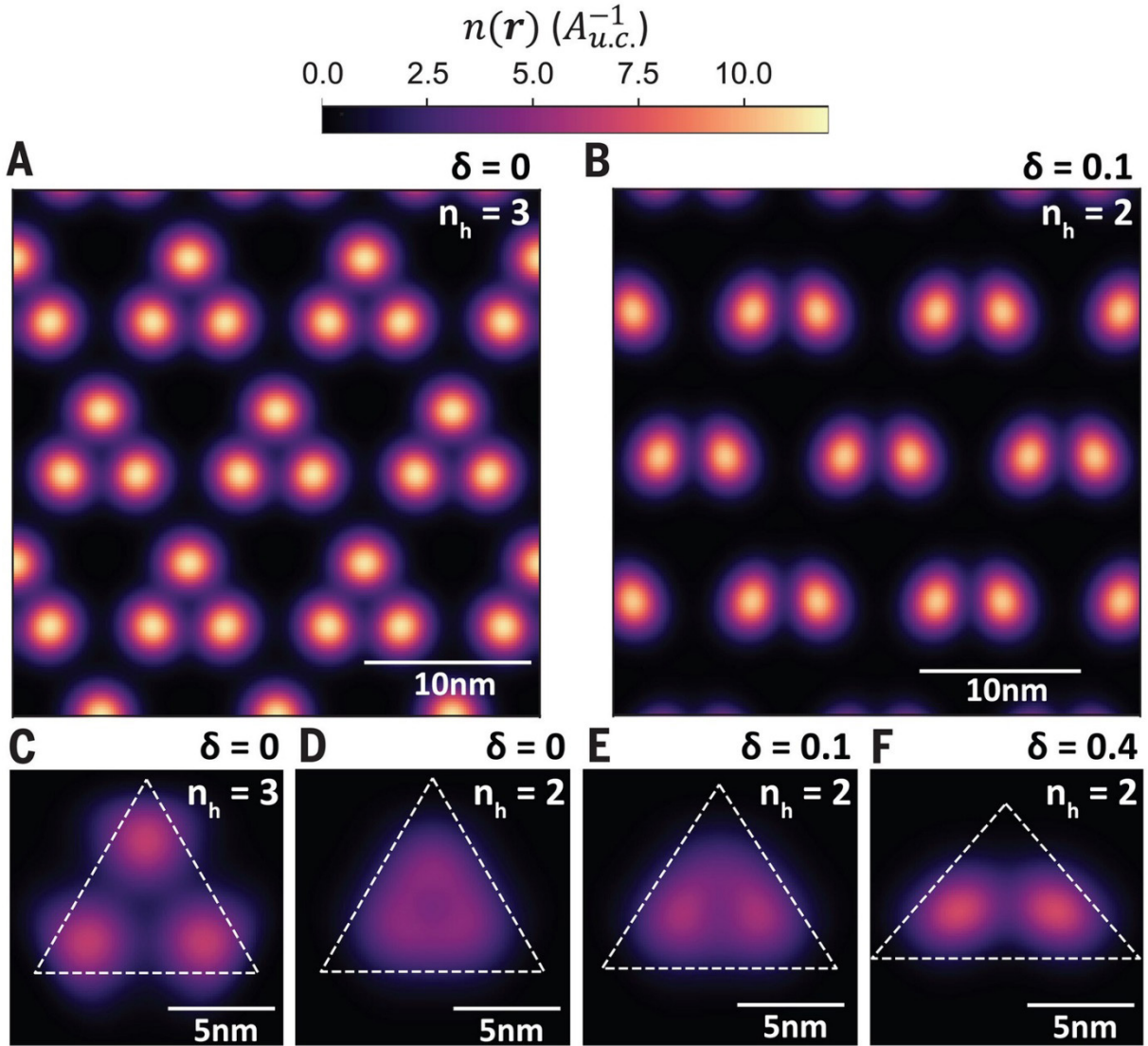
Kuantum dünyası gizemini korumakla birlikte dünyada yavaş ve derinden çalışmalar da devam etmektedir. Elektrotların hızları nedeniyle görüntülenmesi imkansız gibi görünse de bilim adamları son yıllarda bu konuda bazı adımlar atmayı başardı.

Belirli koşullar altında, katı bir yapıdaki elektronlar Wigner kristali adı verilen duruma "donabilir".[1] Bu bilgi zaten literatürde olmasına rağmen bilim adamları ilk kez donmuş elektrotların yeni bir kuantum fazını görüntülemeyi başardı.

Elektronlar genellikle madde içinde serbestçe hareket eden hızlı parçacıklardır. Ancak 1930'larda fizikçi Eugene Wigner, düşük yoğunluk ve soğuk

sıcaklıklarda elektronların hareketsiz hale getirilebileceğini ve daha sonra Wigner kristali olarak adlandırılacak bir elektron buzu oluşturabileceğini öngörmüştü.

Şimdi ise bu yapılar tarihte ilk defa görüntülendi. Eugene Wigner'ın öngörüsünden neredeyse 90 yıl sonra, 2021'de, Berkeley Laboratuvarı Malzeme Bilimleri Bölümü ve UC Berkeley'den Feng Wang ve Michael Crommie liderliğindeki bir ekip, Wigner kristalleri olarak bilinen yapının varlığını kanıtlamayı başarmıştı. Şimdi ise Wang ve Crommie'nin öncülüğündeki bilim insanları, elektronların yeni bir kuantum fazını – Wigner moleküler kristalini – doğrudan görüntülemeyi başardılar. [2]



Araştırmacılar gelecekteki deneylerde bu yeni tekniğini kullanarak Wigner moleküler kristallerinin kuantum fazını daha

ayrıntılı incelemeyi ve potansiyel uygulamaları keşfetmeyi hedeflediklerini söyledi. Bu çalışmaların gelecekteki kuantum hesaplama uygulamalarını hızlandırması mümkün olabilir.

Wigner molekülü oluşturan elektronların taramalı tünelleme mikroskobu görüntüleri-Berkeley Laboratuvarı [2]

Kaynaklar:

- [1] <https://www.science.org/doi/10.1126/science.adk1348>
- [2] <https://newatlas.com/physics/electrons-solid-wigner-molecular-crystals-first-images>



Sodyum İyon Piller Mi Geliyor?

Hasan Onur TEMEL

Çevre Yüksek Mühendisi

Yakın zamanda dünyanın ilk sodyum iyon powerbank'i tanıtıldı. Bu teknoloji taşınabilir enerji depolama alanında yeni bir dönemi başlattı. İlk başta 9.000 mAh kapasiteli olacak powerbanklar, lityum iyon yerine sodyum iyon teknolojisini kullanarak daha güvenli, çevre dostu ve düşük sıcaklıklarda daha dayanıklı bir alternatif sunuyor. Bu durum dünyada tekrar gözleri sodyum iyon pillere çevirdi. [1]

Sodyum da lityum gibi periyodik tablonun 1. grubunda bulunan bir alkali metaldir. İki metal periyodik tablonun ilk sütununda tam olarak birbirinin altına yerleştirilmiştir, bu da birçok fiziksel ve kimyasal özelliği paylaştıkları anlamına gelir. Bu benzer özellikler araştırmacıları sodyum piller üzerinde ilk çalışmalarını 1970 ile 1990 yılları arasında, lityum piller üzerindeki çalışmalarla hemen hemen aynı zamanda yapmaya yöneltti. Ancak ikincisi daha büyük bir başarı elde etti ve ticarileştirilerek sodyum pil arka plana atıldı.

Sodyum-iyon piller ile lityum-iyon pillerin çalışma prensibi hemen hemen aynıdır ve sodyum-iyon teknolojisinde kullanılan birçok elektrot malzemesi lityum-iyon teknolojisinden ödünç alınmıştır. Aslında her iki teknoloji de enerjiyi taşımak ve depolamak için iyonları kullanır. Sodyum iyonları, şarj fazı sırasında elektrik akımı tarafından taşınan elektrolit ve ayırıcı aracılığıyla katottan (pozitif elektrot) anoda (negatif elektrot) hareket eder. Deşarj sırasında, iyonlar katoda doğru geri döner ve bir elektron akımı, yani elektrik akımı, yüke göre ters yönde dış devrede akar. Katot, pilin pozitif kutbudur ve katot malzemesinden (örneğin LFP, NMC) ve akım toplayıcısından oluşur. Anot, pilin negatif kutbudur ve anot malzemesinden (örneğin karbon veya grafit) ve akım toplayıcısından oluşur. Bir sodyum hücresi temel olarak sodyum içerebilen bir malzemeden oluşan bir katot, genellikle karbondan yapılmış bir anot ve iyonik formda sodyum atomları

içeren bir sıvı elektrolitten oluşur. Elektrolit, hücrenin iç hacmini dolduran, katot ve anot arasında iyonların hareket etmesini sağlayan bir bağlantı halkası görevi gören organik bir sıvıdır. [2]

Sodyum piller ile lityum piller arasındaki farklar nelerdir?

Tamamen kimyasal bir bakış açısından iki element arasında önemli farklar vardır. Bir sodyum katyonunun atom yarıçapı, lityum muadilinden 0,3 Å daha büyüktür. Bu, atom ağırlığının ve kütesinin lityumunkinden 3 kat daha büyük olduğu anlamına gelir.

Bu durum bile, çözüm gerektiren önemli teknik sorunları beraberinde getiriyor: Anot ve katot arasındaki harekette, sodyum atomunun kütlesi lityumun kütlesinden 3 kat daha büyük olduğundan, hücrede yüksek oranda bozulmaya yol açan daha büyük mekanik stresler oluşuyor.

Sonuç olarak, sodyum pillerin çevrim ömrü kısadır ve lityum piller kadar iyi performans göstermezler; çünkü lityum pillerde en yaygın kullanılan anot malzemesi olan grafit, sodyum iyonu ile etkileşimde geri döndürülemez soyulma reaksiyonlarına uğrar ve birkaç yaşam çevriminden sonra kendi kendini yok eder.

Dolayısıyla en karmaşık konulardan biri, grafit yerine kullanılabilecek ve sodyum pillerin kullanım ömrünü artıracak uygun bir negatif elektrotun belirlenmesidir.

Ayrıca, sodyum iyonlarının standart indirgeme potansiyeli lityumdan daha düşüktür, yani elektron kazanma eğilimleri daha düşüktür. Bu, lityum hücreyle karşılaştırıldığında, sodyum pilinin daha dü-

şük bir maksimum voltaj sağlayabileceği anlamına gelir: sodyum hücresinin nominal voltajı 2,3 – 2,5 V'dur, lityumunki ise 3,2 – 3,7 V'tur. Sodyum iyon pillerde ve lityum iyon pillerde gerçekleşen elektrokimyasal süreçlerin aynı olduğunu hesaba katarsak, sodyum ve lityum aynı yükü taşır. Ancak, ons başına, bir sodyum pili bir lityum pilinden daha az yük taşıyacaktır, yani daha düşük bir enerji yoğunluğuna sahip olacaktır.

Bu iki özelliğin bir araya gelmesiyle sodyum pil, lityum pilden %40 daha az enerji depolayabiliyor.

Sodyum piller, özellikle üretimin bir kısmının farklılaştırılabileceği uygulamalarda lityuma somut alternatiflere ihtiyaç duyulması nedeniyle yeniden ilgi görmeye başladı.

Lityum doğada birçok kayanın içinde ve bazı tuzlu sularda bulunurken, yer kabuğundaki miktarı tükenmez değildir. Bunun da ötesinde, lityum çıkarmak enerji gerektirir. Bu ham maddeye olan yüksek talep ve doğada sınırlı bulunabilirliği, fiyatını tavana vurdu ve ona "beyaz altın" adını kazandırdı.

Gelecekte, lityum pillerin talebinin artması kaçınılmazdır ve bu, ham maddelerin bulunabilirliği ve yalnızca bu kimyaya dayalı bir ekonominin sürdürülebilirliği konusunda soruları gündeme getirmiştir. Söylemeye gerek yok ki, teknolojinin belirli uygulaması için en yüksek performansı elde etmek, alternatif kimyaların arayışında önemsiz olmayan bir husustur.

Sodyum Pillerin Faydaları

- Kolayca temin edilebilir
- Düşük maliyetli
- Emniyet



- Düşük sıcaklık direnci
- Çevreye düşük etki

Bu teknolojinin en ilginç yönlerinden biri, bileşen ham maddelerinin doğada yaygın olarak bulunabilmesidir. Sodyum, aslında, dünya kabuğunda en bol bulunan altıncı elementtir. Bu özellik, sodyum pillerini ekonomik olarak rekabetçi hale getirir ve bu da üreticiler için önemli bir husustur.

Sodyum piller ayrıca, bu kimyasal elemente dayalı hücreler ne yanıcı ne de patlamalara veya kısa devrelere karşı hassas olmadığından yüksek güvenlik standartları sağlar. Dahası, bu piller aşırı yüksek ve düşük sıcaklıklara dayanabilir ve -20°C ile 60°C arasındaki bir aralıkta çalışma olanağına sahiptir, oysa lityum hücreler için optimum çalışma sıcaklığı aralığı 0 °C ile 50°C arasındadır .

Hammaddeleri doğada kolayca bulunabilen, düşük maliyetle ve düşük enerji kullanımıyla çıkarılabilen sodyum, çevreye etkisi düşük bir maddedir.

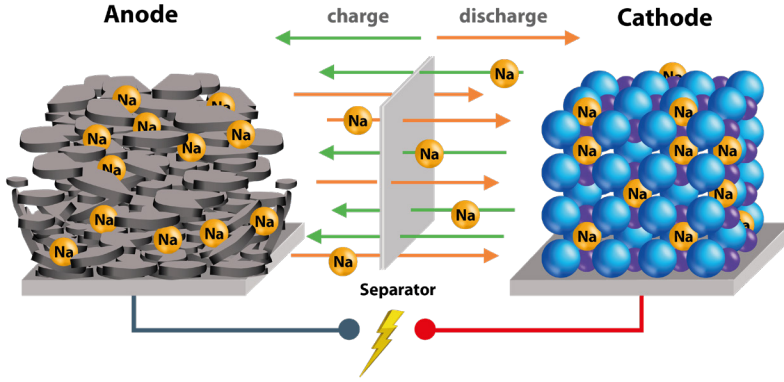
Sodyum Pillerin Sınırlamaları

- Düşük enerji yoğunluğu
- Kısa çevrim ömrü

Sodyum pillerin en büyük dezavantajı enerji yoğunluklarıdır, yani pilin hacmine göre depolanan enerji miktarıdır. Sodyum pillerin yoğunluğu hala nispeten düşüktür, 140 Wh/Kg ile 160 Wh/kg arasındayken lityum iyon pillerin 180 Wh/Kg–250 Wh/Kg'dır.

Sodyum pillerin pratik kullanımına yönelik bir diğer büyük caydırıcı etken ise kısa ömür döngüleridir. Hızlı bozulma, lityum iyonlarından 3 kat daha büyük olan sodyum iyonlarının kütlesinden kaynaklanır. Sodyum iyonları, anot ve katot arasındaki harekette daha fazla mekanik stres oluşturarak birkaç döngüden sonra grafitin (anot malzemesi) tahrip olmasına neden olur. [2]

Sodyum İyon Piller Çin'e Olan Bağımlılığı Önemli Ölçüde Azaltabilir.



Pil teknolojisi hızla gelişiyor. Çoğu elektrikli araç pili (EV) Lityum iyon bazlıdır ve hafif, küçüktür ve çok fazla enerji depolar. Pil bileşimi değişebilse de genellikle aynı malzeme setine dayanırlar. EV' ler için lityum iyon piller ya nikel bazlıdır- lityum nikel mangan kobalt oksit (NMC) ve nikel kobalt alüminyum oksit (NCA) veya lityum demir fosfat (LFP) kullanılır.

Covid-19 salgını sırasında elektrikli araç satışlarındaki hızlı artış, Çin'in lityum pil tedarik zincirlerindeki hakimiyetine ilişkin endişeleri arttırmıştır.

Bilindiği üzere elektrikli araç tedarik zincirleri genişliyor ancak üretim açısından Çin, pil ve elektrikli araç bileşenleri ticaretinde kilit oyuncu olmaya devam ediyor.

Çin, malzeme işlemeden hücre ve pil bileşenlerinin yapımına kadar, aşağı akış EV pil tedarik zincirinin birçok unsuruna hakimdir. Çin, 2022'de küresel lityum hammadde tedarikinin yalnızca yaklaşık %15'ini oluştururken, pil metalinin uzman pil kimyasallarına rafine edilmesinin yaklaşık %60'ı Çin'de gerçekleşmektedir. Çin, özellikle EV' leri sübvansede ederek, Pekin'in erken dönemde elektrifikasyona doğru ilerlemesinin bir sonucu ola-

rak, tüm lityum iyon pillerin dörtte üçünü üretmektedir. [2]

Elektrikli araçlar için lityum-iyon pil ve enerji depolama sistemlerinin dünyanın en büyük üreticisi olan CATL, 2021 yılında sodyum-iyon kimyasını mercek altına aldı ve üretimini farklılaştırmak için

yatırım yapacağı yeni teknolojilerden biri olarak sundu.

Çinli dev, lityum iyon pillerin elinde tuttuğu pazar payının sodyum iyon pillerle değiştirilmesinin lityum pillerin fiyatını önemli ölçüde düşüreceği öngörüsünden yola çıkarak bunu yapıyor.

CATL, sodyum pillerin dezavantajlarını aşmak için yenilikçi bir fikir buldu: hibrit bir pil takımı geliştirmek . Bu, sodyum iyon pilleri ve lityum iyon pilleri belirli bir oranda karıştırıp eşleştirmeyi, bunları tek bir pil sistemine entegre etmeyi ve farklı pil sistemlerini kontrol etmek için akıllı bir BMS kullanmayı içerir. Araç, ihtiyaçlara bağlı olarak sodyum iyon pilinin düşük sıcaklık performansından veya yüksek enerji yoğunluğundan yararlanabilir. Proje hala deneysel aşamada, ancak tüm endüstrinin gözleri şimdiden Çinli şirkete. [3]

Kaynaklar:

- [1] <https://shiftdelete.net/sodyum-iyon-powerbank-geliyor-buyuk-devrim>
- [2] <https://www.flashbattery.tech/en/blog/sodium-batteries/>
- [3] <https://think.ing.com/articles/can-sodium-ion-batteries-replace-lithium-ion-batteries?>



Geleceğin Nükleer Enerjisi: Toryum Reaktörü (Erimiş Tuz Reaktörü-Mrs)

Yakın zamanda çoğumuz bir haber okumuşuzdur: “Çin Toryum nükleer santralini devreye alıyor.” Haberlerin içeriğine baktığımızda Çin, nükleer enerji geliştirme alanında önemli bir adım atarak Gobi Çölü’nde dünyanın ilk toryum erimiş tuz nükleer güç santralini kurmayı planladığını görüyoruz. Bu yenilikçi tesis, 2025 yılında faaliyete geçecek ve yüksek teknoloji ile daha güvenli ve çevre dostu bir nükleer enerji endüstrisi yaratmayı hedefliyor.

Toryum ülke gündemimize ise 2007 yılında Fizikçi Prof. Dr. Ergin Arık ve ekibini taşıyan bir uçak kazası sonucu tüm ekibin hayatını kaybetmesi sonrası girmişti.

Peki sınırsız enerji diye de adlandırılan ve ülkemizde de toryum yatakları olan bu teknoloji nedir?

1940’lardan beri bilim adamları, çok daha güvenli bir yol vaat eden erimiş tuz reaktörleri olarak bilinen bir alternatifi araştırıyorlar. Bu reaktörler, uranyum ve plütonyum yerine, bomba yapımında kolaylıkla kullanılamayan, bol miktarda bulunan gümüşü metal toryumu kullanır.

Erimiş tuz reaktörlerinin arkasındaki teknolojiyi geliştirmek ise yavaş ilerlemektedir. Toryum üzerine deneyler 60’lı ve 70’li yıllara dayanmaktadır. Son zamanlarda ise Çin sürece öncülük ediyor. 2011 yılında hükümeti, Gansu eyaletindeki Wuwei çöl şehrinde bir toryum erimiş tuz reaktörü planlarını onaylamış ve bilim adamlarına onu çalıştıracak teknolojiyi geliştirme görevini vermişti. South China Morning Post tarafından bildirildiği üzere, iki megavatlık prototip

reaktörün inşaatı önümüzdeki ay tamamlanacak ve ilk testlerin Eylül ayında başlaması bekleniyor.

Bu planlar gerçekleşirse tesis, dünyanın herhangi bir yerindeki ilk operasyonel toryum erimiş tuz reaktörü olacak. Bilim insanları, prototipi, 100 MW'a kadar üretim yapan daha büyük toryum erimiş tuz reaktörlerinin geliştirilmesi için bir sıçrama tahtası olarak kullanmayı umuyorlar. Bu reaktörlerin her biri 100.000 nüfus için yeterli güç sağlayabiliyor. [2]

NEDEN TORYUM REAKTÖRLERİ

Radyoaktiviteye sahip bir element olan toryumun nükleer reaktörlerde yakıt türü olarak kullanılma potansiyeli uzun zamandır bilinmektedir.

Uranyum bazlı reaktörlerden farklı olarak toryum reaktörleri, gelişmiş güvenlik özellikleri ve daha az uzun vadeli nükleer atık gibi avantajlara sahiptir.

Toryum kullanımına özel olarak tasarlanan tuz reaktörü, ısı transferi ve stabil çalışmasını sağlayarak avantajlarını artırıyor.

Toryum reaktörlerinin ayırt edici özelliklerinden biri pasif güvenlik önlemleridir.

Uranyum reaktörleri katı yakıt çubuklarına dayanırken, toryum reaktörleri normal basınçta çalışan, çevre açısından daha güvenli bir sıvı yakıt karışımı kullanır.

Su soğutma modelinden uzaklaşarak, bu tasarım erimelerin olasılığını önemli ölçüde azaltır. Dahası, böyle bir olayı takip eden diğer felaket olaylarını da azaltarak nükleer güç üretiminin daha güvenli bir versiyonunu yaratır.



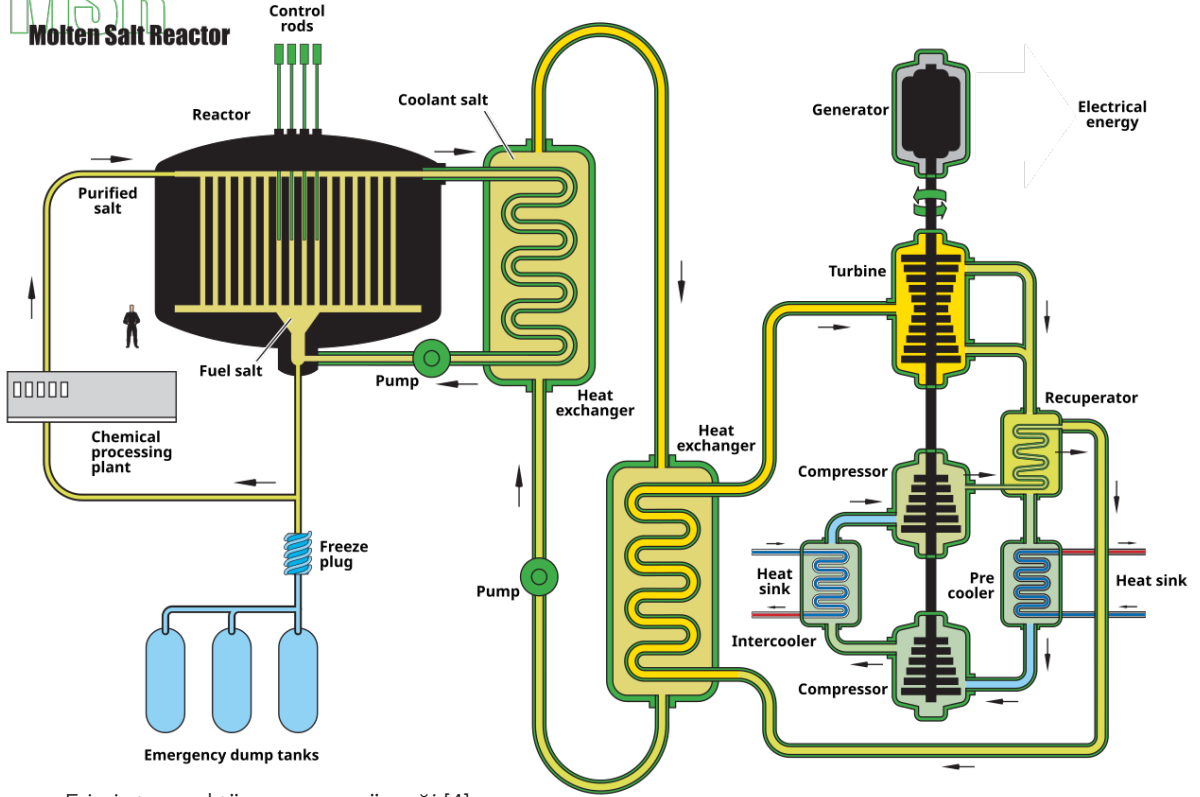
Toryum madeni

Bu göreceli avantajların temelinde, toryum reaktörlerinin uranyum yakıtlı reaktörlere göre daha az toksik ve kısa ömürlü radyoaktif atık üretmesi ve böylece uzun vadeli bertarafın kolaylaşması yatmaktadır. [3]

NASIL ÇALIŞIYOR?

Toryum ve uranyum reaktörleri aslında benzer fisyon ürünlerini üretir, fakat üretilen aktinitlerin miktarı ve çeşidi her bir reaktörde farklı farklıdır. Aktinitler, periyodik tabloda aktinyum elementinin üstünde yer alan elementlere verilen genel bir isimdir. Reaktörde bu elementler nötron soğurulmasını takip eden dönüşüm sonucunda ortaya çıkar. Nükleer atıklar içinde yarı ömürleri çok uzun olan zararlı elementler, reaktörde yaratılan aktinitlerin değişik izotoplarından oluşur. Toryum-232'nin kütle numarası uranyum-238'inkinden altı sayı daha küçüktür. Dolayısıyla toryum elementini uranyum ötesi bir elemente dönüştürmek için birçok nötronun soğurulması gerekir. 300 yıl sonra, toryum atıklarının toksin seviyesi uranyum atıklarının toksin seviyesinden yaklaşık 10.000 kat daha düşük olmaktadır.

MSR Molten Salt Reactor



Erimiş tuz reaktör şemasının örneği [4]

Atom numarası 90 olan toryum-232, bir nötron soğurduğu zaman toryum-233 elementine dönüşür. Toryum-233 arka arkaya iki beta bozunması yaparak atom numarası 92 olan uranyum-233'e dönüşür. Beta bozunmasında nükleer çekirdek bir elektron ışıması yaparak çekirdek içindeki bir nötron protona dönüşür, bu şekilde yeni bir element ortaya çıkar. Uranyum-233 fisyon yapabilen bir elementtir ve reaktör yakıtı olmaya çok uygun özelliklere sahiptir. [1]

MALİYET

Günümüzdeki nükleer santrallerin inşaa maliyeti genel olarak fosil yakıtlar kullanan santrallere göre daha yüksektir. Buna karşın nükleer yakıt maliyeti daha düşüktür. Nükleer santrallerin inşaa maliyetinin fazla olma nedeni santral yapılarının çok yüksek güvenlikli halka sistemlerine

uygun olarak inşaa edilmelerinden ve ömürleri dolunca santrallerin yıkımı için gereken masraflardan kaynaklanır. 2003 yılında yapılan ve sonra 2009 yılında yenilenen "Nükleer Enerjinin Geleceği" başlıklı Massachusetts Teknoloji Enstitüsü (MIT) çalışmasına göre kömür santrallerinin yapım maliyeti vat başına 2,3 dolardır. Bu değer normal suyla çalışan nükleer santrallerde 4 dolar civarındadır. Toryum reaktörlerinin maliyet fiyatlarının düşük beklenmesinin başlıca nedeni toryum reaktörlerinin basınçlı suya gerek kalmadan, normal atmosfer basıncında çalışmasından kaynaklanır. Yüksek basınç altındaki boruları korumak gerekmediği için toryum reaktörleri çok daha küçük boyutlu yapılarda inşaa edilebilir. Ayrıca reaktöre yüksek basınç altında soğutucu yükleyen sisteme de gerek yoktur. Bir tasarım olarak toryum reaktörü betondan

küçük boyutlu bir yapının içine, toprak altına yerleştirilebilir. Uçak çarpmalarını veya başka türlü kaza ve tehlikeleri önlemek için yapının toprak seviyesinde kalan üst kısmı sağlam bir beton kapla kapatılabilir. toryum reaktörlerinin avantajlarını, daha uygun maliyet fiyatı, nükleer yakıtın daha kolay hazırlanması, boyutlarının küçük olması, yakıt fiyatının belirgin olarak düşük olması ve oldukça yüksek verimlilikle çalışması olarak sıralayabiliriz. Toryum reaktörleri 800 derecede çalışan yüksek sıcaklık reaktörleridir. Bundan dolayı, tipik kömür ve eski tasarımlı nükleer santrallerin verimlilik faktörü % 33'ken toryum reaktörlerinin verimlilik faktörünün yüzde 45 civarında olması bekleniyor. Ayrıca çevreye bırakılan atık ısı, hidrojen ve sanayide kullanılan başka kimyasal ürünlerin elde edilmesinde kullanılabilir. Toryum reaktörlerinin kuruldukları yerlere bağlı olarak, atık ısı evlerde ve işyerlerinde bile kullanılabilir. [1]

TORYUM REAKTORÜ İŞLETME AVANTAJ VE DEZAVANTAJLARI

Avantajları:

- Toryum Reaktörler hafif su reaktörlerine kıyasla birçok potansiyel avantaj sunmaktadır:

- Pasif bozunma ısı giderimi Toryum reaktörlerde elde edilir. Bazı tasarımlarda yakıt ve soğutucu tek bir akışkandır, bu nedenle soğutucu kaybı yakıtı da beraberinde taşır. Florür tuzları suda zayıf bir şekilde çözünür ve yanıcı hidrojen oluşurmaz. Erimiş tuz soğutucusu nötron bombardımanı tarafından hasar görmez, ancak reaktör kabı hasar görür.

- Düşük basınçlı bir MSR pahalı, çelik çekirdekli bir muhafaza kabı, borulama ve güvenlik ekipmanı gerektirmez. Ancak, çoğu MSR tasarımı radyoaktif sıvıyı

pompalar ve ısı değiştiricilerle doğrudan temasa sokar.

- Toryum reaktörler daha ucuz kapalı nükleer yakıt çevrimlerine olanak tanır çünkü yavaş nötronlarla çalışabilirler. Kapalı yakıt çevrimleri çevresel etkileri azaltabilir: kimyasal ayırma uzun ömürlü aktinitleri reaktör yakıtına dönüştürür. Boşaltılan atıklar çoğunlukla daha kısa yarı ömürlü fisyon ürünleridir. Bu, hafif su reaktörü kullanılmış yakıtının ihtiyaç duyduğu on binlerce yıla kıyasla ihtiyaç duyulan tutma süresini 300 yıla düşürebilir.

- Yakıtın sıvı fazı, yakıtlardan fisyon ürünlerini ayırmak için piroişlenebilir. Bu, geleneksel yeniden işleme göre avantajlara sahip olabilir.

- Yakıt çubuğu imalatının yerini tuz sentezi alıyor.

- Bazı tasarımlar, transuranik elementleri "yakabilen" hızlı nötronlarla uyumludur.

- Bir MSR, yük değişikliklerine 60 saniyeden kısa bir sürede tepki verebilir

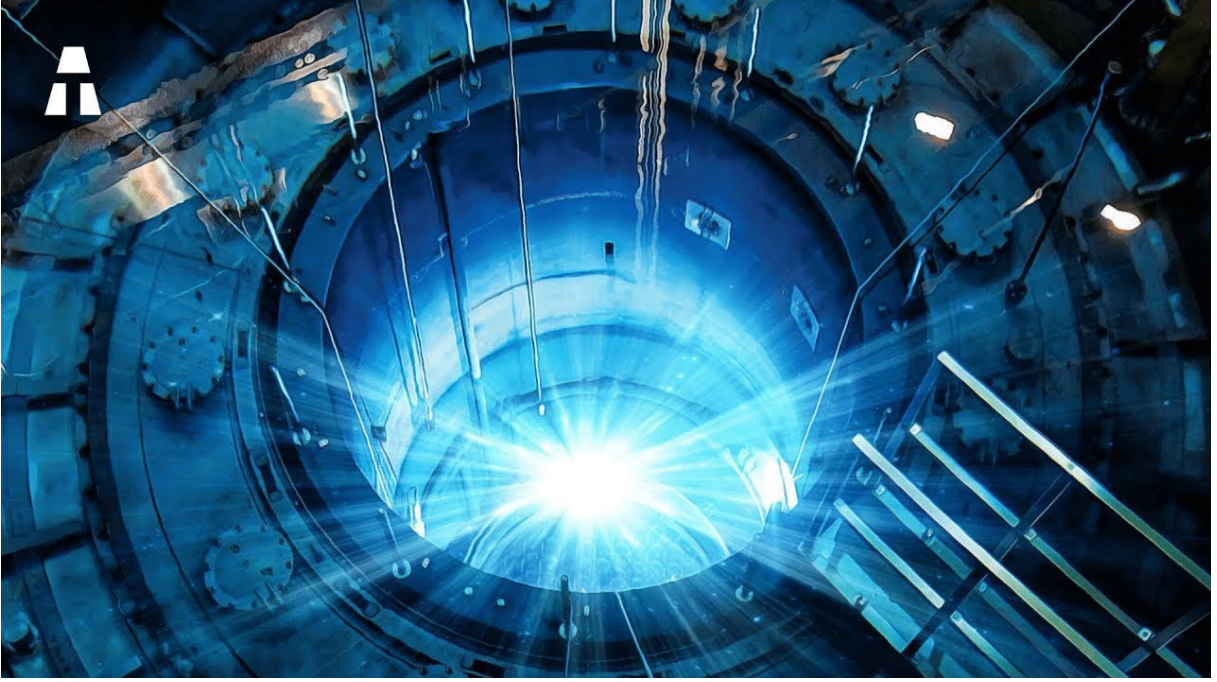
- Erimiş tuz reaktörleri yüksek sıcaklıklarda çalışabilir ve yüksek termal verimlilik sağlayabilir. Bu, boyutu, masrafı ve çevresel etkileri azaltır.

- Toryum reaktörler, ARE tarafından gösterildiği gibi yüksek bir "özellik güç" (düşük kütlede yüksek güç) sunabilir.

- Potansiyel nötron ekonomisi, Toryum reaktörlerin nötron bakımından zayıf toryum yakıt çevriminden yararlanabileceğini düşündürmektedir.

Dezavantajları

- Dolaşımli yakıt tuzu tasarımlarında, radyonüklidler pompalar ve ısı değiştiriciler gibi yakıtla temas eden ekipmanlarda



çözünerek potansiyel olarak tamamen uzaktan bakım gerektirebilir.

- Bazı toryum reaktörler, çekirdek karışımını yönetmek ve fisyon ürünlerini uzaklaştırmak için yerinde kimyasal işleme ihtiyaç duyar.

- Geleneksel olmayan tasarım özelliklerini karşılamak için düzenleyici değişiklikler

- Bazı toryum reaktör tasarımları, erimiş tuzu tutmak için pahalı nikel alaşımlarına güvenir. Bu tür alaşımlar, yüksek nötron akısı altında kırılganlığa eğilimlidir.

- Korozyon riski. Erimiş tuzlar, korozyon risklerini yönetmek için oksidasyon durumlarının dikkatli bir şekilde yönetilmesini gerektirir. Bu, izotopların ve bozunma ürünlerinin bir karışımının reaktörde dolaştığı dolaşım tasarımlar için özellikle zordur. Statik tasarımlar, sorunu modüler hale getirmekten faydalanır: yakıt tuzu, esas olarak nötron ışınlaması nedeniyle düzenli olarak değiştirilen

yakıt pimlerinin içinde bulunur ve normalleştirilir; soğutma tuzu ise daha basit bir kimyasal bileşime sahiptir ve yakıt pimlerine veya reaktör kabına korozyon riski oluşturmaz. ORNL' de 1960'larda geliştirilen Toryum reaktörler yalnızca birkaç yıl çalıştırılmak için güvenliydi ve yalnızca yaklaşık 650 °C'de (1.202 °F) çalıştılar. Korozyon riskleri, sıvı florür toryum tuzları tarafından 700 °C'den (1.292 °F) daha yüksek sıcaklıkta kromun çözünmesini içerir, bu nedenle paslanmaz çelik bileşenleri tehlikeye atar. Nötron radyasyonu, Co ve Ni gibi yaygın alaşım maddelerini dönüştürerek ömrünü kısaltabilir.

Trityum oluşumunu azaltmak için Li (trityum paslanmaz çeliklere nüfuz edebilir, kırılganlığa neden olabilir ve çevreye kaçabilir). ORNL, bu sorunları gidermek için Hastelloy N'yi geliştirdi, 316H, 800H ve inconel 617 gibi diğer yapısal çelikler de kabul edilebilir.

- Bazı toryum reaktör tasarımları, silah sınıfı nükleer malzeme üretmek için bir üretici reaktöre dönüştürülebilir.

- MSRE ve ARE, silah sınıfına yaklaşan yüksek zenginleştirilmiş uranyum kullanmıştır. Bu seviyeler, çoğu modern enerji santrali düzenleme rejiminde yasadışı olacaktır. Çoğu modern tasarım, daha düşük zenginleştirilmiş yakıtlar kullanır.

- Katı moderatör malzemelerdeki nötron hasarı çekirdek ömrünü sınırlayabilir. Örneğin, MSRE, grafit moderatörünün gevşek toleranslara sahip olması için tasarlanmıştır, böylece nötron hasarı bunları sonuçsuz bir şekilde değiştirebilir. "İki akışkan" MSR tasarımları grafit boru lama kullanmaz çünkü grafit nötronlarla bombardıman edildiğinde boyut değişir. Hızlı nötronlar kullanan MSR'ler grafit kullanamaz çünkü grafit nötronları yumuşatır.

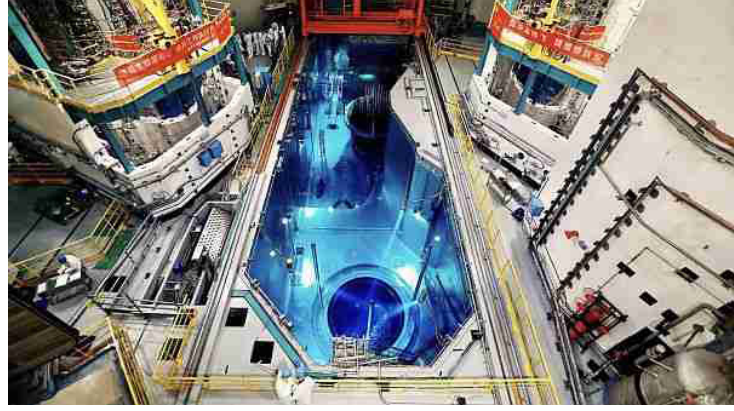
- Termal toryum reaktörlerin üreme oranları hızlı nötron üreticilerine göre daha düşüktür, ancak iki katına çıkma süreleri daha kısa olabilir. [4]

PEKİ DÜNYADA NELER OLUYOR?

Amerikalı araştırmacılar ve Çin Bilimler Akademisi/SINAP öncelikli olarak katı yakıtlı MSR teknolojisi üzerinde çalışmaktadır. Bunun başlıca nedeni, bunun gerçekçi bir ilk adım olmasıdır. Çin'de bu, toryum yakıtlı versiyonlara odaklanmıştır.

GIF 2014 yol haritasında, gösteri reaktörlerinin faaliyete geçmesi için tuzlar üzerinde çok fazla çalışma yapılması gerektiği belirtilirken, uygulanabilirlik Ar-Ge aşamasının sonunun 2025 yılı olduğu belirtildi.

Rusya'nın Erimiş Tuz Aktinit Geri Dönüştürücüsü ve Transmuteri (MOSART), yalnızca uranyumdan transuranik (TRU) florürler ve MOX LWR kullanılmış yakıtla çalışan hızlı bir reaktördür. RIAR, Kurchatov ve diğer araştırma kuruluşlarını



içeren MARS projesinin (erimiş tuzda küçük aktinit geri dönüşümü) bir parçasıdır. 2400 MWt tasarımı, grafit moderatörü olmayan homojen bir Li-Na-Be veya Li-Be florür çekirdeğine sahiptir ve orijinal ABD tasarımına kıyasla daha az yeniden işleme sahiptir. Toryum da kullanılabilir, ancak bir üreticiden ziyade bir brülör-dönüştürücü olarak tanımlanmaktadır.

Hollanda merkezli ve Avrupa Komisyonu tarafından finanse edilen SAMOFAR (Erimiş Tuz Hızlı Reaktörünün Güvenlik Değerlendirmesi) projesi, MSFR'nin toryumdan üretim modundaki güvenlik kavramlarını kanıtlamayı amaçlıyor. Nükleer güvenlik ve optimum atık yönetiminde bir atılım sağlamak ve paydaşlardan oluşan bir konsorsiyum oluşturmak için gelişmiş deneysel ve sayısal teknikler planlıyor. Bu çalışmalar 2015 yılından beri devam ediyor.

Çin'in İkili Programı

Çin, TMSR-SF'nin ülkenin daha düşük nüfus yoğunluğu ve az su bulunan kuzey-batı yarısı için bir enerji çözümü olmasını planlıyor. Kurak bölgelerde susuz soğutmanın uygulanması yaklaşık 2025'ten itibaren öngörülüyor.

Çin Bilimler Akademisi Ocak 2011'de LFTR'ler üzerinde bir Ar-Ge programı başlattı, orada toryum yetiştirme erimiş

tuz reaktörü olarak biliniyordu ve teknoloji üzerinde tam fikri mülkiyet hakları elde etmeyi umarak, bunun üzerinde dünyanın en büyük ulusal çabasına sahip olduğunu iddia etti. Bu ayrıca florür tuzu soğutmalı yüksek sıcaklık reaktörü (FHR) olarak da bilinir. Jiading' deki Şanghay Nükleer Uygulamalı Fizik Enstitüsü'ndeki (SINAP, Çin Bilimler Akademisi'ne bağlı) TMSR Merkezi sorumludur. 1970'lerde SINAP, 25 MWe' lik bir MSR inşa etmek için çalıştı, ancak bu çaba Qinshan PWR projesine yol açtı. Amaç, 20-30 yıllık bir zaman diliminde hem toryum yakıt çevrimini hem de elektrik dışı uygulamaları geliştirmektir.

TMSR-SF programı, Çin Nükleer Güç Enstitüsü (NPIC) ve Şanghay Nükleer Mühendislik Araştırma ve Tasarım Enstitüsü (SNERDI) ile iş birliği içinde ön mühendislik tasarımına devam ediyor. Yapılar için nikel bazlı alaşımlar ve çok ince taneli grafit geliştiriliyor.

ABD Enerji Bakanlığı, 350 milyon dolarlık başlangıç bütçesine sahip olan programda Çin Bilimler Akademisi ile iş birliği yapıyor. TMSR' nin ticari dağıtımının 2030'larda gerçekleşmesi öngörülüyor [5]

ÜLKEMİZDE VE DÜNYADA TORYUM YATAKLARI

Toryum doğada serbest halde bulunmaz, yaklaşık 50 civarında mineralin yapısı içinde yer alır.

Bunlardan sadece monazit, torit, torianit ve allanit toryum üretiminde kullanılmaktadır. Bu mineraller de genellikle nadir toprak elementleri (NTE) ile birlikte bulunmaktadır. Küresel olarak, monazit esas olarak nadir toprak element içeriği için üretilmektedir ve üretilen yan ürünün sadece küçük bir kısmını toryum

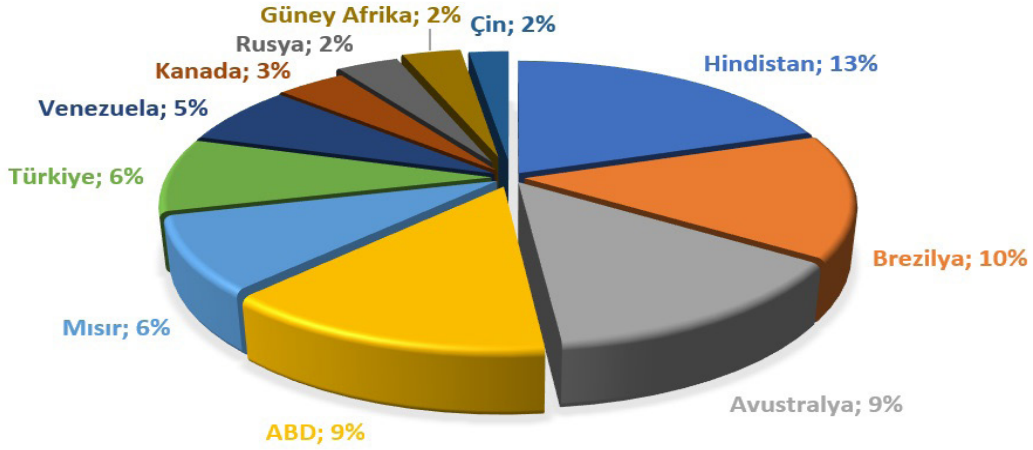
oluşturmaktadır.

Toryum, sırasını bekleyen bir nükleer yakıt hammaddesi durumundadır. Bunun en büyük nedeni, nükleer yakıt çevriminin sorunudur. Toryum-232, bazı proseslerle uranyum-233'e dönüştürülebilmektedir. Toryum-233 de uranyum-235 gibi parçalanabilir bir maddedir. Bu parçalanma sonucunda da büyük bir enerji açığa çıkmaktadır. Yakıt çevrimi sorunu nedeniyle, bugün için toryumla çalışan ticari ölçekte santraller bulunmamakla birlikte, bu santrallerin prototipleri İngiltere, Almanya ve ABD'de uzun zamandır denenmektedir. Ayrıca, toryum bazlı nükleer araştırmalar; Rusya, Hindistan, Belçika, Brezilya, Kanada, Çin, Çekya, Fransa, İsrail, Japonya, Hollanda ve Norveç'te devam etmektedir.

Toryumun yakıt döngüsünde kullanılmasıyla uranyumdan daha az plütonyum ve diğer trans-uranyum elementleri üretmesinden dolayı toryum, nükleer santrallerin en temiz yakıtı olarak kabul edilir. Yüksek sıcaklıklarda magnezyumun direncini artırmak amacıyla alaşımlarda, elektronik cihazlarda ve aydınlatmada tungsten filamanların kaplanması, yüksek ısıya dayanıklı potaların yapımında, yüksek kaliteli kamera merceklerinde ve nükleer teknolojide kullanılmaktadır. Gaz tungsten ark kaynağında %1 toryum katkılı elektrotlar ark duyarlılığını



Dünya Toryum Kaynakları



artırmak amacı ile kullanılmaktadır. Ayrıca toryum yüksek erime noktasına sahip olduğu için gaz lambalarında, kamp lambalarında ve sinemalarda yer alan projektorlerde de kullanılmaktadır.

Dünyada 6,36 milyon ton toryum kaynağı bulunmaktadır. Toryum üretimi ise ağırlıklı olarak monazit kumlarından yapılmaktadır.

Türkiye’ de, geçmiş yıllarda Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü tarafından yapılan çalışmalar sonucunda, Eskişehir-Sivrihisar’daki 380.141 ton %0,02 tenörlü toryum rezervine ilave olarak, 2020 yılında MTA tarafından Malatya-Kuluncak sahasında 3,8 milyon ton 2,032 ppm tenörlü toryum kaynağı keşfedilmiştir. ETİ MADEN tarafından da Eskişehir Beylikova-Sivrihisar’da 694 milyon ton 788 ppm ThO₂ kaynağı tespit edilmiştir. MTA keşfine yönelik ekonomikliği ve teknolojik kazanımı hakkında bir çalışma yapılmamıştır. Bu bölge haricinde, toryum yatakları tespit edilmiş olan Malatya-Hekimhan-Kuluncak, Kayseri-Felâhiye, Sivas, Diyarbakır ve Burdur-Çanakkale sahaslarında daha ayrıntılı arama çalışmalarının yapılması sonucunda, ülkemizin toryum rezervinin artacağı tahmin edil-

mektedir. Bulunan ve araştırılmakta olan toryum yatakları ile Türkiye’nin, dünyanın en büyük toryum rezervine sahip ülkelerden biri konumunda olduğu söylenebilir. Teknolojik sorunların çözülmesi şartıyla, Türkiye, nükleer enerji hammaddesi olan toryum açısından önemli bir potansiyele sahiptir.

Toryum fiyatları 2017 yılındaki yaklaşık %10’luk artışın ardından 3 yıl yatay seyretilmiştir. 2019 yılında toryum 72 ABD \$/kg’dan işlem görmüştür. 2020, 2021 ve 2022 yılına ait fiyat bilgisi mevcut olmamakla birlikte 2023 yılında toryum fiyatı 74 ABD \$/kg’dır. [6]

Kaynaklar:

- [1] Robert Hargraves Ralph Moir Kısaltarak Çeviren: Şakir Ayık "An old idea in nuclear power gets reexamined", American Scientist, Cilt 98, Sayı 4, 2010
- [2] <https://dunyaenerji.org.tr/cin-dunyanin-ilk-toryum-nukleer-reaktorune-son-rotuslari-yapiyor/>
- [3] <https://interestingengineering.com/energy/china-world-first-molten-salt>
- [4] https://en.wikipedia.org/wiki/Molten-salt_reactor
- [5] <https://world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/molten-salt-reactors>
- [6] <https://enerji.gov.tr/tabii-kaynaklar-toryum>



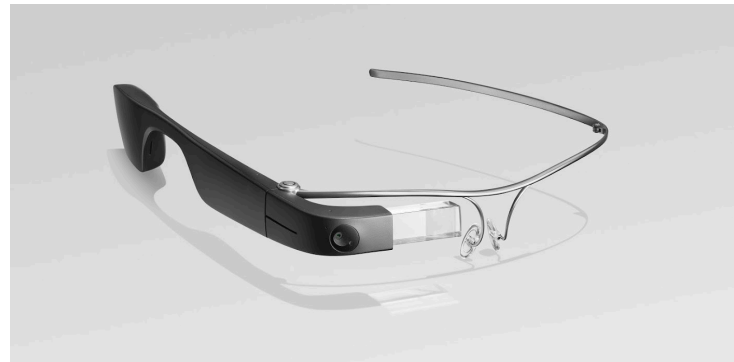
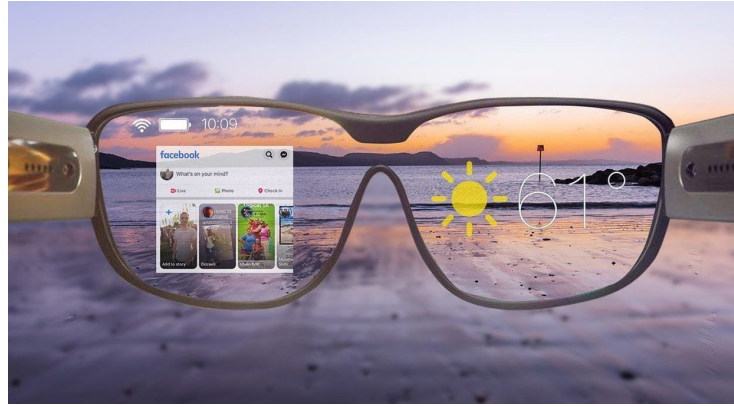
Yeni Nesil Akıllı Gözlükler

Hayal gücümüzü zorlayan teknolojiler artık günlük hayatımızın bir parçası. Sosyal medya, yapay zekâ ve giyilebilir teknolojilerin hızla geliştiği bu dönemde ortaya çıkan Akıllı Gözlükler, teknolojinin moda ile nasıl şık bir şekilde bir araya gelebileceğinin en iyi örneklerinden. Geçtiğimiz yıllarda çıkan günlük yaşamınızı daha bağlantılı ve dinamik hale getiren Meta Ray-Ban Akıllı Gözlük, fotoğraf ve video çekme özelliğinden telefon görüşmelerine, anında sosyal medya paylaşımından sesli asistan kullanımına kadar birçok işlev sunuyor. Özellikle sürekli hareket halinde olanlar için eller serbest özelliğiyle hayatı pratikleştiren bir yardımcıya dönüşüyor.

Üzerinde mikrofon, hoparlör ve kamera sistemleri bulunan gözlükler son gelişmeler ile birlikte yapay zekâ ile konuşması, anlık yabancı dil çevirileri, çalan müziği anında bulabilmesi, sosyal medyada canlı yayın yapabilme gibi özellikleriyle ile hayatımıza hızla gireceğe benziyor.

Kaynak:

<https://webrazzi.com/2023/09/28/meta-ve-ray-ban-is-birligi-ile-gelistirilen-meta-smart-glasses-tanitildi/>



2. Türk Dünyası Uluslararası Mühendislik Zirvesi 2025 Bilim ve Teknolojide Yenilikler Konferansı

Tarih : 13-16 Mayıs 2025
Yer : Hoca Ahmet Yesevi Uluslararası Türk-Kazak Üniversitesi,
Türkistan, Kazakistan

Türk Dünyası Uluslararası Mühendislik Zirvesi

Derneğimiz, üyelerinin sosyal yardımlaşma ve dayanışmalarını sağlamak, bilgi ve genel kültürlerini artırıcı faaliyetlerde bulunmak, ülkenin teknolojik kalkınma-

sına katkı sunacak nitelikli mühendisler yetiştirmek ve üyelerimizin özlük haklarını iyileştirmek amacıyla çalışmalarını sürdürmektedir.

Bu kapsamda, "Türk Dünyası Uluslararası Mühendislik Zirvesi'nin ilki, 6 Aralık 2024 tarihinde Ankara'da, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu Konferans Salonu'nda gerçekleştirilmiştir. Zirveye Azerbaycan, Kazakistan ve Kırgızistan gibi ülkelerin yanı sıra Ulaştırma ve Altyapı Bakan Yardımcısı, AK Parti Genel Başkan Yardımcısı, Kurumlarımızın yetkilileri, sendikalar, odalar ve sivil toplum kuruluşları geniş katılım sağlanmıştır.

İlki büyük bir coşkuyla tamamlanan zirvemiz, Türk coğrafyasındaki mühendisleri ortak bir platformda buluşturmuş, istihdam ve eğitim alanlarında yeni ufuklar açmayı başarmıştır. Bu etkinlik, ülkeler arası bilgi ve deneyim paylaşımını teşvik ederek mühendislerin mesleki gelişimlerine katkı sağlamış, ortak sorunlara çözümler sunmuş ve iş birliğini güçlendirmiştir.

2. Türk Dünyası Uluslararası Mühendislik Zirvesi

Türk Dünyası 2. Uluslararası Mühendislik Zirvesi, bu yıl "Bilim ve Teknolojideki Yenilik" temasıyla 13-15 Mayıs 2025 tarihleri arasında Kazakistan'ın Türkistan şehrinde düzenlenecektir. Zirve, Türkistan Hoca Ahmet Yesevi Uluslararası Türk-Kazak Üniversitesi'nin konferans salonunda gerçekleştirilecektir. Türk Devletleri Teşkilatı üye ve gözlemci ülkelerinin katılımıyla düzenlenecek zirve, bilim ve teknoloji alanındaki yeniliklerin ele alınacağı kapsamlı bir platform sunmayı hedeflemektedir.

Zirvede mühendislik alanındaki yeni teknolojiler, yenilikçi uygulamalar ve bilimsel gelişmeler ele alınarak Türk dünyasındaki iş birliği güçlendirilecektir. Alanında uzman mühendisler, akademisyenler ve sektör temsilcilerinin yer alacağı etkinlikte konferanslar, paneller, atölye

çalışmaları ve ağ kurma (networking) etkinlikleri düzenlenecektir.

Zirve ile ilgili detaylı bilgi ve kayıt için yakında duyurulacak olan web sitemizi takip edebilirsiniz. Türk dünyasının bilim ve teknoloji alanındaki yeniliklere öncülük ettiği bu önemli buluşmada sizleri de aramızda görmekten mutluluk duyarız.

2. Türk Dünyası Uluslararası Mühendislik Zirvesi' nin Amaçları

1. Türk dünyasında mühendislik, bilim ve teknoloji alanında yenilikçi yaklaşımları teşvik ederek ülkeler arasında bilgi ve tecrübe paylaşımını artırmak.
2. Mühendislik alanında yaşanan sorunları ele alarak ortak çözümler üretmek ve mesleki standartların yükseltilmesine katkı sağlamak.
3. Bilim ve teknoloji odaklı yenilikçi projeleri ve teknolojik çözümleri tanıtarak bu projelerin hayata geçirilmesini desteklemek.
4. Türk dünyasındaki mühendis ve akademisyenlerin birbirleriyle iletişim kurmasını sağlayarak onların bilimsel çalışmalarını desteklemek.
5. Türk dünyasının ortak kültürel bağlarını güçlendirirken, bilim ve teknoloji ekseninde yeni köprüler kurmak.
6. Mühendislik alanında sürdürülebilir kalkınmayı destekleyen yenilikçi yöntemler üzerinde çalışarak Türk dünyasının ekonomik ve teknolojik ilerlemesine katkıda bulunmak.
7. Zirveye katılacak ülkeler arasında bilimsel ve teknolojik stratejiler belirleyerek geleceğe yönelik ortak hedefler oluşturmak.



Ahmet Yesevi Üniversitesi



Ahmet Yesevi Üniversitesi, 33 yıllık köklü geçmişiyle yalnızca akademik mükemmeliyeti hedefleyen bir kurum olmanın ötesine geçerek kültür, teknoloji ve uluslararası iş birliğinde öncü

bir model sergilemektedir. 6 Haziran 1991'de Kazakistan Cumhurbaşkanı Nursultan Nazarbayev'in vizyonu ile Türkistan Devlet Üniversitesi olarak başlayan bu yolculuk, 31 Ekim 1992'de Türkiye ile Kazakistan arasındaki imzalanan uluslararası anlaşma sayesinde Hoca Ahmet Yesevi Uluslararası Türk-Kazak Üniversitesi adını alarak iki ülke arasında gerçek bir eğitim köprüsüne dönüşmüştür. Bu süreç, hem Türk hem de Kazak toplumlarının tarihsel bağlarını ve kültürel mirasını yansıtan aynı zamanda modern eğitim anlayışını kucaklayan bir yapıyı ortaya koymuştur.

Ahmet Yesevi Üniversitenin yönetimi, Türkiye ve Kazakistan hükümetlerince atanan 10 kişilik Mütevelli Heyeti tarafından yürütülmektedir. Mütevelli Heyet Başkanı, Türkiye Cumhuriyeti tarafından, Rektör Kazakistan Cumhuriyeti tarafından atanmaktadır. Mütevelli Heyet Başkanlığı görevini Prof. Dr. Muhittin Şimşek yapmaktadır.

Kurumun manevi temelini oluşturan Hoca Ahmet Yesevi, Türk tasavvuf geleneğinin önderi ve dilimize büyük katkılar sağlayan şair kimliğiyle, üniversitenin misyonunun ruhunu oluşturuyor. Ahmet Yesevi Üniversitesi, adını bu büyük düşüncülerden alırken onun öğretilerini ve kültürel mirasını gelecek nesillere aktarma görevini de üstleniyor. Bu bağlamda, üniversitenin akademik vizyonu, kültürlerarası diyalog ve hoşgörü üzerine inşa edilirken, aynı zamanda modern eğitim metotlarını ve teknolojik yenilikleri de bütünleştiriyor.

Kampüs yaşamında öğrencilerine sunduğu imkânlarla fark yaratan üniversite, geniş sosyal alanları, modern spor

tesisleri ve konforlu yaşam alanlarıyla öğrencilerin hem akademik hem de sosyal ihtiyaçlarına hitap ediyor. Geniş kampüs yerleşkeleri içerisinde konforlu barınma alanları, spor salonları, futbol, tenis, basketbol ve açık hava spor tesislerinin yanı sıra kapalı yüzme havuzları, öğrencilerin sağlıklı yaşam alışkanlıklarını destekleyerek dinamik bir yaşam tarzını mümkün kılıyor. 800 kişilik kapasitesiyle hizmet veren öğrenci yemekhanesi, ekonomik ve dengeli beslenme imkânı sunarken; 700.000 kitap kapasiteli kütüphane binası, hem araştırmacılar hem de öğrenciler için zengin bir bilgi kaynağı oluşturmaktadır. Tıp Fakültesi Hastanesi, Kazakistan'ın en modern sağlık tesislerinden biri olarak teknolojik altyapısı ve deneyimli kadrosuyla hem öğrencilere hem de topluma hizmet veriyor.

Bilimsel üretkenlik ve araştırma faaliyetleri, Ahmet Yesevi Üniversitesi'nin öncelikli alanlarından biri. Akademisyenlerin ve araştırmacıların desteklendiği projeler, yayınlar ve sempozyumlar, üniversitenin uluslararası arenada adını duyurmasını sağlıyor. Üniversite bünyesinde yayımlanan e-kitaplar, Hoca Ahmet Yesevi'nin eserlerinin çeşitli dillere yapılan çevirileriyle kültürel mirasın evrensel paylaşımını mümkün kılıyor. "Bilig Türk Dünyası Sosyal Bilimler Dergisi", Asya Avrupa ve Eurasian Research Journal gibi yayın organları, uluslararası bilim camiasıyla paylaşılan çalışmaların kalitesini ortaya koyarken Türk Edebiyatı İsimler Sözlüğü ve Türk Edebiyatı Eserler Sözlüğü projeleri, edebiyatımızın ve kültürümüzün zengin tarihini ansiklopedik boyutta belgeleyen önemli çalışmalar arasında yer alıyor.

Teknoloji alanındaki yatırımlar ise Ahmet Yesevi Üniversitesi'nin geleceğe dönük vizyonunun somut örneklerini



sergiliyor. TUSAŞ, Huawei gibi önde gelen uluslararası firmalarla kurulan iş birlikleri çerçevesinde havacılık, uzay sanayii ve bilgi teknolojileri alanında ileri teknoloji laboratuvarları hayata geçirildi. Dijital modelleme, 3D eğitim laboratuvarları,



FABLAB ve robotik kodlama kursları gibi uygulamalar, öğrencilerin kariyerlerine modern teknolojinin sunduğu imkânlarla güçlü bir başlangıç yapmalarını sağlıyor. Bu altyapı, akademik eğitimle teknolojiyi harmanlayan bir anlayışın göstergesi olarak, öğrencilerin küresel arenada rekabet edebilecek donanımına ulaşmasını mümkün kılıyor.

Uzaktan eğitimde Türkiye’de öncü konumda olan üniversite, TÜRTEP (Türkiye Türkçesiyle Uzaktan Eğitim Programları) uygulaması ile de dikkat çekiyor. Ön lisans, lisans ve yüksek lisans düzeyinde sunulan programlar canlı derslerle destekleniyor. Canlı derslerin kayıt altına alınması, öğrencilerin diledikleri zaman ders materyallerine erişim sağlamalarına olanak tanırken mekânsal kısıtlamaların ortadan kalkmasını sağlıyor. Bu esnek yapı, modern eğitim anlayışının dijital dönüşümünü destekleyerek evrensel erişilebilirlik ilkeleriyle uyumlu bir öğrenim deneyimi sunuyor.

Ahmet Yesevi Üniversitesi’nin kurumsal kimliğinde, aynı zamanda kültürel ve sanatsal projelere verilen önem de öne çıkıyor. Üniversitenin 30. kuruluş yıl dönümüne özel olarak hayata geçirilen 30 büyük ölçekli proje, Ana Yurttan Ata Yurda 100 Ders Kitabı, Yesevi Bahar Okulu ve Ana Yurttan Ata Yurda Sağlık Köprüsü

gibi girişimlerle eğitim, sağlık, dil ve kültür alanlarında kapsamlı çözümler sundu. Bu projeler, üniversitenin yalnızca akademik başarıya odaklanmadığını, aynı zamanda kültürel mirasın korunması, öğretim kalitesinin artırılması ve toplumsal gelişime katkı sağlanması hedefleri doğrultusunda çeşitliliği benimsediğini göstermektedir.

Ahmet Yesevi Üniversitesi, modern eğitim anlayışı, teknolojik altyapısı, kültürel projeleri ve uluslararası iş birliğiyle, geleceğin liderlerini yetiştirme vizyonunu kararlılıkla sürdürüyor. Kurumun farklı dillerde eğitim veren programları, öğrenci odaklı kampüs yaşamı ve esnek uzaktan eğitim olanakları, global arena da rekabetçi ve nitelikli bireyler yetiştirilmesine zemin hazırlıyor. Aynı zamanda, kültürel mirası yaşatmaya yönelik projeler ve bilimsel araştırmalar, üniversitenin yalnızca bugünün değil, yarının da ihtiyaçlarına cevap veren dinamik bir kurum olduğunu gözler önüne seriyor.



Bağlantılı Araç Teknolojisi

Dr. Yasin Genç

Bilgi Teknolojileri ve İletişimi Kurumu

1. Giriş

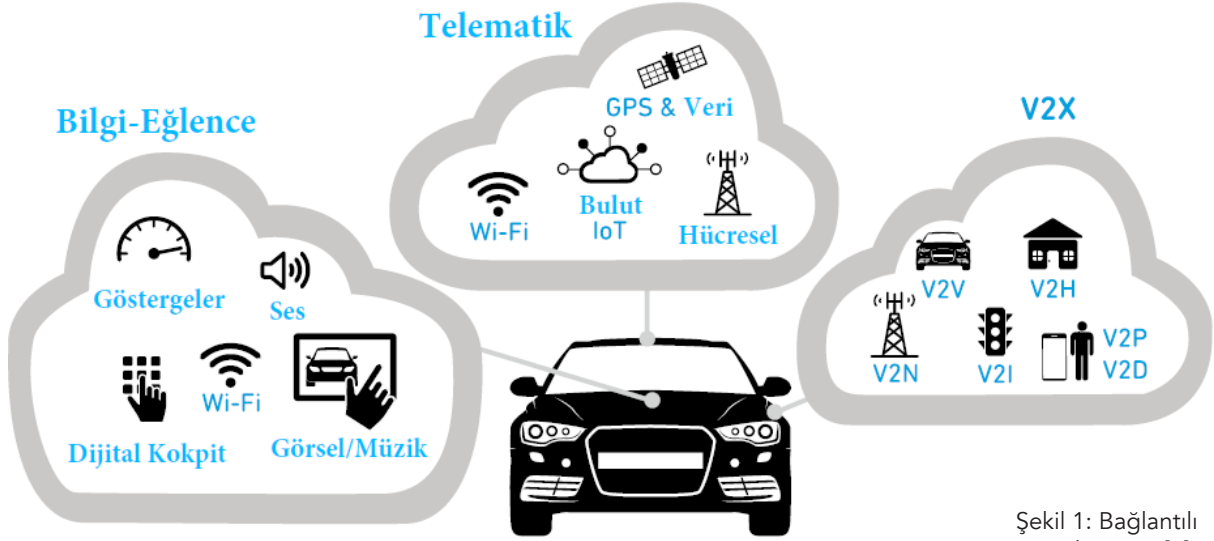
Günümüzde otomobil ve araç teknolojileri çok hızlı gelişim ve değişim gösteren alanlardan biridir. Bağlantılı ve otonom araçlar yeni teknolojilerin yaygınlaşması ile birlikte hızla yaygınlaşmaktadır. Özellikle haberleşme teknoloji (5G ve ötesi), akıllı ulaşım sistemleri, yapay zeka (AI), nesnelerin interneti (IoT) ve makine öğrenisi alanlarındaki gelişmeler bu araçların yaygınlaşmasında önemli bir rol oynamaktadır [1]. Modern otomobiller içerdikleri elektronik ve yazılım altyapısı dikkate alındığında dört tekerlek üzerindeki bilgisayar olarak adlandırılabilir [2].

Teknolojide meydana gelen baş dönürücü gelişimlerden etkilenen alanların başında modern ulaşım sistemleri gelmektedir. Bu sayede Akıllı Ulaşım Sistemleri (AUS) kavramı ortaya çıkmıştır. Bu modern ulaşım altyapı sisteminin vazgeçilmez öğelerinden biri hiç şüphesiz bağlantılı ve otonom araçlardır. AUS ile birlikte günümüzün önemli sorunlarından olan kazalardaki ölüm oranının, trafik sıkışıklığının, hava kirliliğinin ve trafik güvenliği gibi hususların en az seviyeye inmesi beklenmektedir. Bu hususlar dikkate alındığında bağlantılı ve otonom araçların önemi gittikçe artması beklenmektedir. Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı tarafından hazırlanan ulusal akıllı ulaşım sistemleri strateji belgesinde akıllı ulaşım sistemleri (AUS); "seyahat sürelerinin azaltılması, trafik güvenliğinin artırılması, mevcut yol kapasitelerinin verimli kullanılması, hareketliliğin artırılması, enerjinin verimli kullanılması ve çevreye verilen

zararın azaltılması gibi amaçlar doğrultusunda geliştirilen kullanıcı, araç, altyapı ve merkez arasında çok yönlü veri alış-verişi ile izleme, ölçme, analiz ve kontrol mekanizmalarını içeren bilgi iletişim temelli sistemlerdir" ifadesi ile tanımlanmaktadır (UAB, 2020a) [3].

Bağlantılı araç ve otonom araç kavramları birbirinden farklı kavramlar olup bu çalışmada bağlantılı araç kavramı üzerinde durulmaktadır. Bağlantılı araçlar; tam otonom araçlar gibi ileri seviye karar verme mekanizmaları ile donatılmamış olabilir. Ancak bununla birlikte temel görevleri gerçekleştirmek dışında çok fazla elektronik aksam içermeyen bir otomobil ve araçtan farklı olarak ise gelişmiş sensörlerle donatılmış olduğu söylenebilir. Bu sensörler, gömülü (yani bağlantılı aracın dahili sistemi tarafından sunulan) veya harici (örneğin bir akıllı telefon gibi harici bir cihaz aracılığıyla bağlanan) olabilir [2]. Bu temel farkla birlikte bağlantılı araç kavramını sözlük anlamını açıklayacak olursak Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı tarafından hazırlanan AUS terimler sözlüğünde bağlantılı araç: "Sürücüsüyle, yoldaki diğer araçlarla, yol kenarı altyapısıyla ve bulut aracılığıyla diğer sistem ve hizmetlerle iletişim kurmak için farklı iletişim teknolojilerini kullanan araç" olarak tanımlanmaktadır [4].

Özetle; bağlantılı araç, araç içindeki bulunan akıllı nesnelerin yanı sıra diğer araçlar, trafik ışıkları ve yol sensörleri gibi araç dışındaki akıllı nesnelerle veri paylaşımı için internete erişimi olan araçtır. Burada bahsi geçen "araç" terimi



Şekil 1: Bağlantılı araç kavramı [5]

sadece otomobille sınırlı kalmamaktadır. Bu kavram içinde iş makineleri, traktör ve diğer benzer araçlarda dahil edilebilir. Bağlantılı araçlar bir çok nesne ile bağlantı kuarabilirler. Şekil 1'de bir bağlantılı aracın diğer nesnelerle bağlantısı gösterilmiştir. Görüldüğü üzere bağlantılı araçlar diğer araçlara, yayalara, altyapıya ve ağa bağlanarak bu nesneler ile veri alış verişinde bulunabilir.

Bağlantılı aracın diğer nesnelerle haberleşmesi için farklı haberleşme modelleri tanımlanmaktadır. En temel bağlantılı araç haberleşme modelleri; araçtan araca (Vehicle to Vehicle - V2V), araçtan altyapıya (Vehicle to Infrastructure - V2I), araçtan buluta (Vehicle to Cloud - V2C), araçtan yayaya (Vehicle to Pedestrian - V2P) ve araçtan her şeye (Vehicle to Everything - V2X) olarak sayılabilir. Özellikle araçtan her şeye olarak adlandırılan V2X haberleşme modelinde dikkat edileceği üzere bir bağlantılı aracın diğer hangi nesne ile bağlanacağını bir sınırı bulunmamaktadır. Buradan anlaşıldığı üzere bir araç, diğer nesnelerin bağlanabilme özelliğine sahip olması durumunda iletişim kurabilecektir. Örneğim günümüzde gittikçe yaygınlaşan araçtan ağa (Vehicle

to Network - V2N), araçtan şebekeye (Vehicle to Grid - V2G), araçtan eve (Vehicle to Home - V2H) gibi haberleşme modelleri de ön plana çıkmaktadır. Şekil 2'de bağlantılı araçların diğer nesnelerle kurmuş olduğu haberleşme modelleri gösterilmiştir.

2. Bağlantılı Araçlardaki Haberleşme Teknolojileri

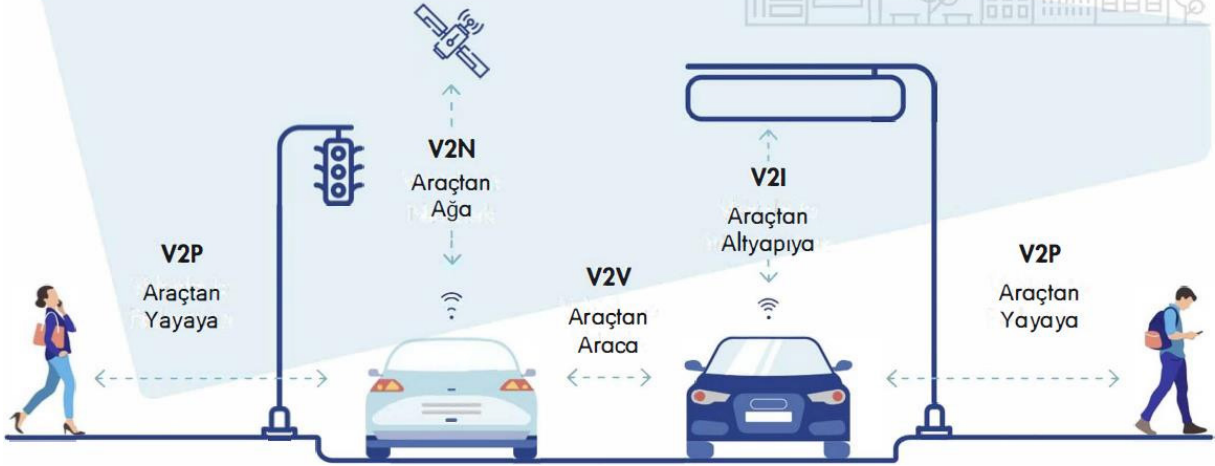
V2X yani araçtan her şeye, bir aracın diğer hareketli ve park halindeki araçlar, yayalar, trafik sinyalleri, yol işaretleri gibi nesnelerle iletişimini ifade etmek için kullanılan genel bir terimdir. Bir araç dış dünya ile sensörler, kameralar ve kablolu haberleşme teknolojileri vasıtasıyla iletişim kurabilir. Bağlantılı araca eklenen çevre sensörler ve kameralar ile aracın etrafında bulunan nesneler tespit edilebilir. Bu haberleşme teknolojisi aracın sahip olduğu sensör ve diğer nesneleri kullanarak nesneleri tespit edebilir.

Yukarıda bahsedilen temel kablosuz haberleşme teknolojilerinden ayrı olarak bağlantılı araçların sahip olduğu ve farklı özellikleri bünyesinde barındıran haberleşme teknolojileri vardır. Bu bölümde bu iki kavramdan bahsedilecektir.

BAĞLANTILI ARAÇLAR

Bağlantılı araçlar birbirleri ve diğer nesnelerle haberleşebilir.

Şekil 2: Bağlantılı araçların haberleşme modelleri [6]



Bağlantılı araçların diğer araçlara ve nesnelere mesaj göndermesini ve diğer araçlardan nesnelerden mesaj alabilmesini sağlayan Özel Kısa Menzilli İletişim (Dedicated Short-Range Communications - DSRC) ve hücreli ağları (4G-LTE ve 5G-NR) temel alan C-V2X kablosuz haberleşme teknoloji mevcuttur.

2.1. Özel Kısa Menzilli İletişim (DSRC)

Özel Kısa Menzilli İletişim (Dedicated Short-Range Communications – DSRC), araçların birbirleriyle ve diğer yol kullanıcılarıyla hücreli veya diğer altyapıları kullanmadan doğrudan iletişim kurmalarını sağlayan iki yönlü kısa-orta menzilli bir kablosuz haberleşme teknolojisidir. Bu teknoloji özellikle otomotiv ve ulaşım sektöründe kullanılmak üzere standart Wi-Fi' den geliştirilen IEEE 802.11p tabanlı bir WAVE teknolojisine dayanmaktadır. DSRC, araçların bilgi göndermesini ve almasını sağlayan kısa menzilli iletişim kurmak için WLAN teknolojisini kullanır [8-9].

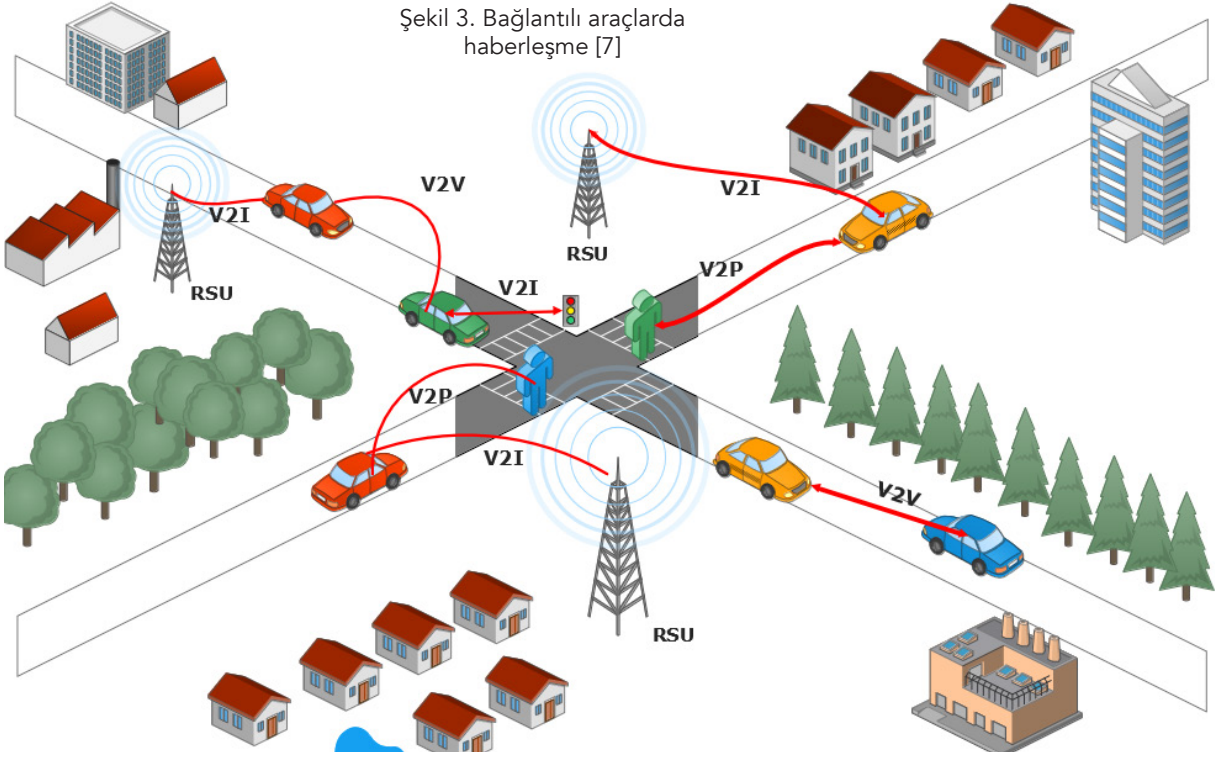
2.2. Hücreli Araçtan Her Şeye Haberleşme (C-V2X)

C-V2X (Cellular Vehicle-to-Everything – Hücreli Araçtan Her Şeye), araç haberleşmesi için endüstri standardı olarak kabul edilen bir teknolojidir. Üçüncü Nesil Ortaklık Projesi (3GPP10) tarafından standartlaştırılmıştır ve LTE/4G ve NR/5G gibi hücreli ağ teknolojilerini temel almaktadır. C-V2X haberleşme teknolojisi 2017 yılında standartlaştırılmıştır. 3GPP standartları (LTE-V2X: Sürüm 14,15; 5G-V2X: Sürüm 16, 17) tarafından tanımlanmıştır. DSRC standardı gibi, C-V2X de yoldaki diğer nesnelere temel güvenlik mesajlarını göndermek için 5.9 GHz frekans bandını kullanır. C-V2X, 5.9 GHz bandını kullanmanın yanı sıra mevcut hücreli ağlardan da yararlanarak V2V, V2I, V2P ve V2N gibi iletişim modlarını gerçekleştirir [8-9].

3. Sonuç

Günümüzde bağlantılı araçlar, akıllı ulaşım sisteminin dayandığı modern ulaşım sistemlerinin önemli bir parçası haline gelmiştir. Bu araçlar gelişmiş iletişim

Şekil 3. Bağlantılı araçlarda haberleşme [7]



teknolojileri sayesinde trafik güvenliğini artırma, trafik sıkışıklığını azaltma ve çevreye verilen zararı en aza indirme potansiyeline sahiptir. Bu araçlar, sensörler ve kablosuz iletişim teknolojileri kullanarak diğer araçlar ve altyapı veri alışverişinde bulunur. Bu sayede araçların kaza ile karşılaşma ihtimalini minimum hale getirerek can ve mal kayıplarının önleyebileceği de değerlendirilmektedir. Ancak bağlantılı araçların sunduğu faydaların yanı sıra kişisel veri güvenliği ve gizlilik konusunda da büyük endişeler söz konusudur. Bağlantılı araçlar çoğu durumda sürücünün bilgisi olmadan dahi çevreleri ve kişiler hakkında veri işleyip iletebilme yeteneğine sahiptir.

Kaynakça:

- [1] Mahmood Zaigham, 2020, Connected Vehicles in the Internet of Things: Concepts, Technologies and Frameworks for the IoV, Springer, Sayı 1.
- [2] TechDispatch : Connected Cars: https://www.edps.europa.eu/data-protection/our-work/publications/techdispatch/techdispatch-3-connected-cars_en
- [3] UAB, 2020a, Ulusal Akıllı Ulaşım Sistemleri Strateji Belgesi ve 2020-2023 Eylem Planı, <https://hgm.uab.gov.tr/uploads/pages/akilli-ulasim-sistemler-aus/aus-sep-kitap-web-1k.pdf> , (8.11.2020).
- [4] AUS kavramlar sözlüğü: <https://hgm.uab.gov.tr/uploads/announcements/akilli-ulasim-sistemleri-terimler-sozlugu-guncelle/aus-terimler-sozlugu.pdf>.
- [5] Qorvo, 2018, Connected car for dummies, <https://www.qorvo.com/design-hub/blog/v2x-in-the-connected-car-of-the-future>, (17.09.2023).
- [6] MTN Consulting, 2021, Connected cars: Telco strategies and growth opportunity, <https://www.mtn-c.com/connected-cars-telco-strategies-and-growth-opportunity/>, (23.09.2023).
- [7] Genc, Y., Bağlantılı Araç Verileri ve Uygulamaları Bağlamında Kişisel Verilerin İncelenmesi: Ülke Uygulamaları ve Türkiye için Öneriler; Bilgi Teknolojileri İletişim Kurumu Bilişim Uzmanlığı Tezi, 2024.
- [8] Zeadallyl S., 2020, A tutorial survey on vehicle-to-vehicle communications, Telecommunication Systems, s. 469–489.
- [9] Abboud K. Vd., 2016, Interworking of DSRC and cellular network technologies for V2X communications: A survey. IEEE Trans. Veh. Technol., s. 9457–9470.

Teknik Eğitim Sayfası

Merhaba, Mühendislik çalışmalarında en çok kullanılan temel program ve analizleri birlikte incelediğimiz köşemizin ilk yazısında, Excel’de çalışmalarımızı kolaylaştıran, analizlerde bize güçlü

özellikleriyle destek olan akıllı tablo formatını incelemiştik. Bu yazımızda akıllı tablo ile birlikte tablolarımızda veri işleme ve veri karşılaştırma özellikleriyle büyük avantajlar sağlayan Pivot Table yani Özet Tablo konusuna değineceğiz.

Excel’de Pivot Tablolarla Çalışmak

Yaşar AYDOĞDU

İnşaat Yük. Müh.

Excel’de oluşturduğumuz akıllı tablolarda verilerin analizi, ilave tabloların türetilmesi, verilerin karşılaştırılması ve yorumlanması, etkin grafik ve özet tabloların hazırlanması gibi pek çok konuda Pivot Tablolar yardımımıza yetişmektedir. Bir önceki yazımızda kullandığımız tablodan çalışmamıza devam ediyoruz. Çalışma tablolarımıza www.tmdweb.org/cms-uploads/EgitimDosyaları/UrunListesiPivotTablo.xlsx linkinden indirerek çalışmalarınızda kullanabilirsiniz.

Özet Tablo (Pivot Table) Oluşturulması ve Kullanımı

Öncelikle çalışmalarımızda kullanacağımız veri tablosundan pivot tablo

oluşturalım ve ardından oluşturduğumuz özet tablo üzerinde Pivot Tablo özelliklerini birlikte inceleyelim.

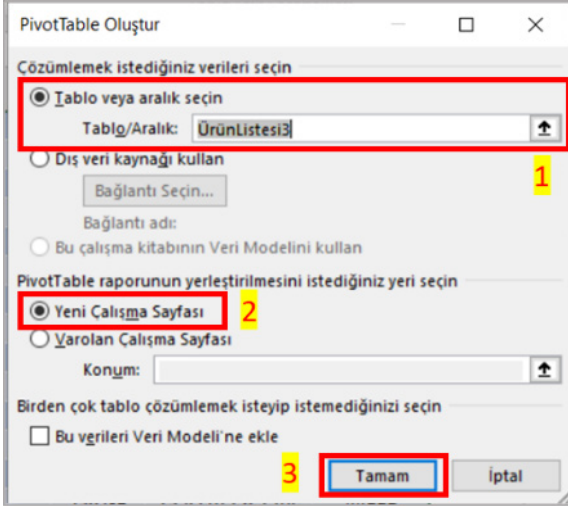
1. Pivot tablo oluşturmak için daha önce akıllı tabloya dönüştürdüğümüz tabloyu seçerek menüler kısmında açılan Tasarım sekmesinde “Pivot Table Kullanarak Özetle” düğmesine basıyoruz.

2. İsterseniz ana menülerimizden birisi olan Ekle sekmesinden de Çalışma Kitabınıza Pivot Tablo ekleyebilirsiniz. Akıllı tablo yerine biçimlendirilmemiş ve işlenmemiş ham bir veri tablonuz varsa, sadece bu yöntemle Çalışma Kitabınıza Pivot Tablo ekleyebileceğinizi unutmayın.

The screenshot shows the Excel interface with the 'Ekle' (Insert) tab selected. A red box highlights the 'PivotTable Kullanarak Özetle' (PivotTable Using Summary) button. Below the ribbon, a table of iPhone data is visible.

Ürün N°	Marka	Model	Hafız	Ekran Boyutu	Fiyatı
1	Apple	iPhone 11	128 GB	15.4 cm / 6.1 inç	24899
2	Apple	iPhone 11	64 GB	15.4 cm / 6.1 inç	22199
3	Apple	iPhone 15	128 GB	15.4 cm / 6.1 inç	53799
4	Apple	iPhone 15 Plus	128 GB	17.01 cm / 6.7 inç	58999
5	Apple	iPhone 15 Pro Max	256 GB	17.01 cm / 6.7 inç	85799
6	Apple	iPhone 15	256 GB	15.4 cm / 6.1 inç	57999
7	Apple	iPhone 15 Pro	256 GB	15.4 cm / 6.1 inç	77899

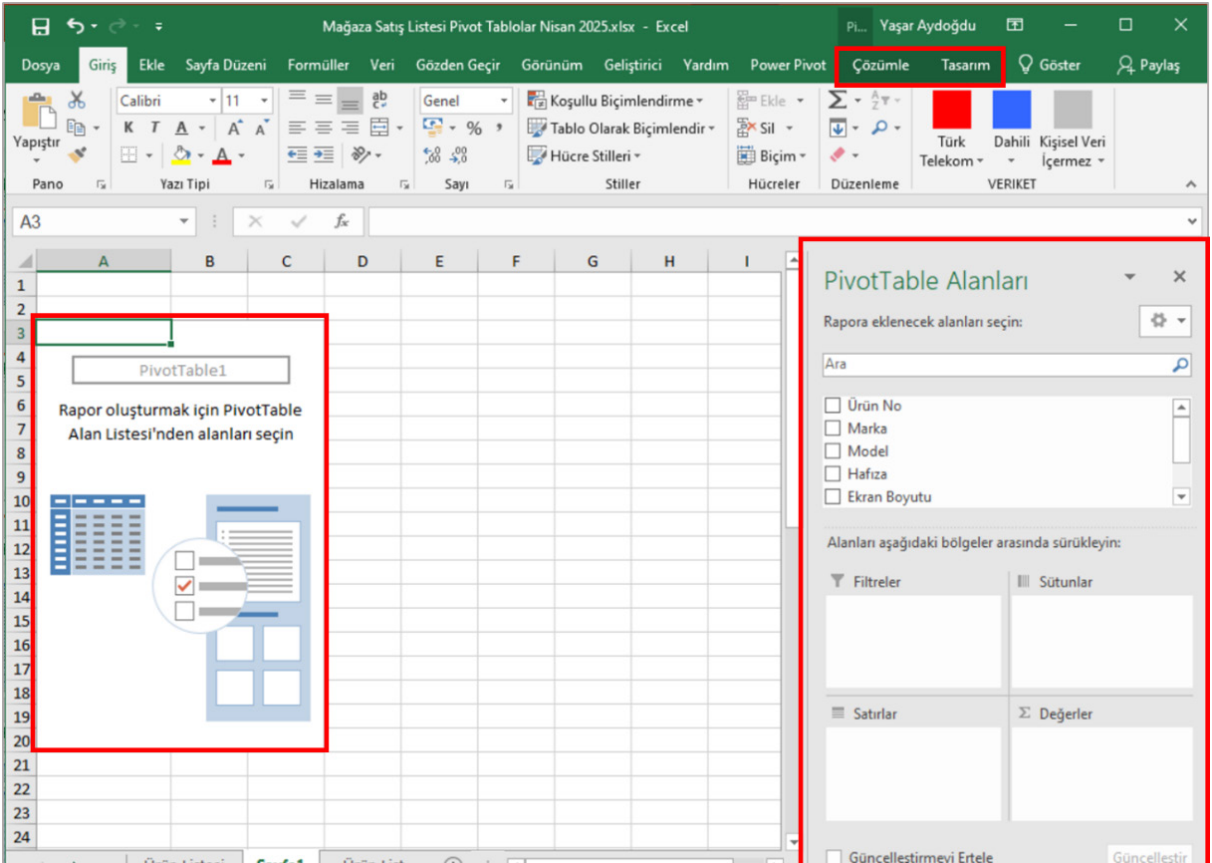
3. Daha sonra açılan diyalog penceresinde önce tablomuzu seçip ardından “Yeni Çalışma Sayfası” seçeneğini işaretleyerek tablomuzu yeni bir sekmede oluşturuyoruz. Burada isterseniz “Varolan Çalışma Sayfası” seçeneğini de seçebilir ve mevcut sekmelerden herhangi birinde özet tablonuzu oluşturabilirsiniz.



4. Oluşturduğumuz Pivot Tablo Sayfa 1 adıyla açılan yeni sekmemizde yer alacaktır. Sonrasında sayfa ismini istediğiniz gibi değiştirebilirsiniz. Sağda açılan pencerede “PivotTable Alanları” bölümünde kaynak tablomuzda yer alan sütun başlıkları listelenecektir. Aşağıda ise 4’e bölünmüş olarak Filtreler, Sütunlar, Satırlar ve Değerler bölmeleri görülecektir.

Pivot Tablo seçili iken yukarıda yeni açılan “Çözümle” ve “Tasarım” menüleri de Pivot Tablomuzu daha etkin kullanmamızı, görsel olarak daha etkili sonuçlar elde etmemizi sağlayacak özellikleri barındırmaktadır. Bu bölümleri yani Pivot Tablo Çözümle ve Tasarım konu başlıklarını ileriki derslerimizde detaylı olarak işleyeceğiz.

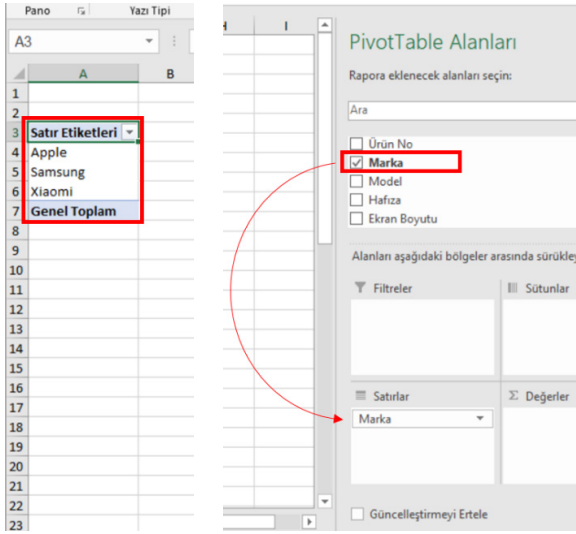
Etki ve kullanım sıklığı sırasıyla Pivot Table Alanlarını ve özelliklerini aşağıda sizlerle paylaşıyorum.



Satırlar

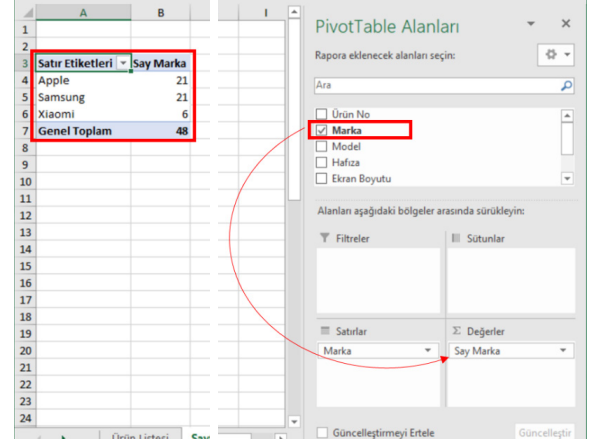
Pivot Tabloda en çok kullandığımız ve özet bilgisini aldığımız Pivot Tablo bölümü burasıdır. Çalışma sayfamızda bulunan, Pivot Tabloda sıralı herhangi bir sütun başlığını (bu örnekte başlıklarımız Ürün No, Marka, Model, Hafıza, Ekran Boyutu, Fiyatı) seçip sürükleyerek Satırlar bölümüne taşımamız yeterli olacaktır.

Aşağıda Marka başlığını fare ile sürükleyerek Satırlar bölümüne taşıdığımızda, Pivot Tablo hücrelerinde Satır Etiketleri başlığı altında kaynak tablomuzdaki tüm markaların, özet şekliyle sıralanmış halde olduğunu görebilirsiniz. Yine istersek fare ile sürüklemeyen de Sütun başlıklarının yanındaki onay kutucuğunu seçtiğimizde, ilgili başlığı otomatik olarak Satırlar kısmına taşıyabiliriz.



Pivot tablodaki herhangi bir başlığı ilgili bölmeye fare ile seçip sürükleyerek Pivot Tabloda istediğimiz özette gösterimini sağlayabiliriz. Aşağıdaki örnekte ise bir önceki örneğin devamı olarak her markadan kaç adet olduğunu kolaylıkla bulabiliriz. Yine Marka başlığını Değerler bölümüne sürüklememiz yeterli olacaktır. Pivot Tablo kaynak tablomuzda ürün

gamında her markadan kaç adet olduğunu bize gösterecektir.



Şimdi de isterseniz Marka bazında özetin yanında her modelden kaç adet olduğunu, Pivot Tablo yardımıyla bulalım. PivotTable Alanları kısmında Model başlığını yine Satırlar bölümüne sürükleyerek taşımamız bize istediğimiz sonucu verecektir.

Pivot Tablomuzda her markanın altında modelleri ve her modelden kaç adet olduğu listelenecektir. Örneğin buradaki çalışmamızda Apple markasında iPhone 11, iPhone 12, iPhone13 iPhone 15 Pro Max, iPhone SE toplamda 10 model bulunurken, tüm bu modellerin kaç çeşit olduğu da sayı şeklinde yanlarında özetlenmiş olacaktır. Tüm modellerin toplamı ise Apple için 21 iken, Samsung için yine 21 model, Xiaomi için ise 6 model olmak üzere toplamda 48 adet olacaktır.

Pivot Tablomuzda her markanın altında model hafıza başlığını seçip "Alanı Kaldır" diyerek, yerine "Hafıza" başlığını eklediğimizde her marka telefonda hangi hafıza kapasitesinden kaç adet model çeşidi olduğunu rahatlıkla bulabiliriz.

Sütunlar

Pivot Tabloda Satırlar için geçerli tüm özellikler ve kullanım kolaylıkları Sütunlar

için de geçerlidir. Örneğin aşağıdaki gör-
seldeki gibi ilgili sütun başlığını Satırlar
bölmesi yerine Sütunlar bölümüne taşı-
mamız yeterli olacaktır. Markalar başlığı
Sütunlar bölümüne taşınmış ve böylece
Marka – Model matrisi oluşturulmuştur.
Samsung markasına ait modellerden ka-
çar adet olduğu ilgili ilk 16 hücreye yaz-
dırılırken, Apple ve Xiaomi markalarında
aynı model ismi bulunmadığından karşı-
lıklarındaki matris hücreleri boş kalmış,

Apple markasına ait modeller ise Samsung markasına ait modellerden sonra ilgili matris hücrelerine adetleri ile yazdırılmıştır.

Filtreler

Pivot Tablomuzda filtreleme özelliğini Filtreler bölmesini kullanarak Pivot Tablonun hemen üzerinde aktif hale getiriyoruz. Örneğin "Marka" başlığımızı Filtreler bölmesine taşıdığımızda Pivot Tablomuzun hemen üzerinde Marka filtresinin eklendiğini görebilirsiniz.

Hemen altındaki özet tablomuzda ise Satırlar bölmesindeki başlığımız olan "Hafıza" çeşitlerini satırlarda liste şeklinde karşılığında adetleriyle listelenmiştir. Burada markalardan bağımsız sırasıyla 1 TB, 512 GB, 256 GB, 128 GB, 64 GB kapasitesindeki Apple, Samsung, Xiaomi tüm ürün çeşitlerinin sayılarını vermektedir. Tüm markalarımızda 1 TB kapasitede 3 model bulunurken, bu sayı 256 GB kapasitede 23 modele kadar çıkmaktadır.

The screenshot shows an Excel PivotTable with 'Marka' as the filter and 'Hafıza' as the row label. The PivotTable Fields task pane on the right shows 'Marka' and 'Hafıza' selected for the filter and row label respectively. The PivotTable data is as follows:

Marka	Hafıza	Say Marka
1 TB	3	
128 GB	12	
256 GB	23	
512 GB	9	
64 GB	1	
Genel Toplam	48	

Marka filtremize gelip (Tümü) yazılı sekmede küçük oka tıklayıp, açılan pencerede Samsung markasını seçtiğimizde, Samsung markasının hafıza büyüklüklerine göre model sayılarını veren tabloyu elde ederiz. Toplamda 21 adet model

çeşidi bulunan Samsung markasında 1 TB modeli 2 adet iken, 512 GB model 4 adet, 256 GB model 12 adet, 128 GB modellerin ise 3 adet olduğunu tablodan öğreniyoruz.

A	B	A	B
1	Marka (Tümü)	1	Marka Samsung
2		2	
3	Satır Etiketleri Say Marka	3	Satır Etiketleri Say Marka
4	1 TB 2	4	1 TB 2
5	128 GB 3	5	128 GB 3
6	256 GB 12	6	256 GB 12
7	512 GB 4	7	512 GB 4
8	Genel Toplam 21	8	Genel Toplam 21
9		9	
10		10	
11		11	
12		12	
13		13	
14		14	
15		15	
16		16	
17		17	

Filtre seçeneğinde Birden Çok Öğe Seç seçeneğini kullanarak, tek bir marka değil aynı anda 2 ya da daha fazla marka seçeneklerini de pivot tabloda görüntüleyebilirsiniz. Aşağıdaki örneğimizde Samsung ile birlikte Xiaomi marka telefon model sayısını toplu olarak görüntüleyebiliriz.

A	B	A	B
1	Marka Samsung	1	Marka (Birden Çok Öğe)
2		2	
3	Satır Etiketleri Say Marka	3	Satır Etiketleri Say Marka
4	1 TB 2	4	1 TB 2
5	128 GB 4	5	128 GB 4
6	256 GB 16	6	256 GB 16
7	512 GB 5	7	512 GB 5
8	Genel Toplam 27	8	Genel Toplam 27
9		9	
10		10	
11		11	
12		12	
13		13	
14		14	
15		15	

Filtre sekmesinde seçtiğimiz öğeleri istersek sütunlar ya da satırlar bölmesine sürükleyerek; her bir marka bazında model sayılarımızı pivot tablomuzda görüntüleyebiliriz.

Aşağıdaki örneğimizde bir önceki örneğimizde seçtiğimiz Samsung ve Xiaomi marka cihazların kapasite özelinde

özet tablosunu görüyoruz. Burada tek yapmamız gereken filtre bölmesindeki Marka başlığını Satırlar bölümünde Hafıza öğesinin hemen üstüne fare ile sürükleyip bırakmak olacaktır.

Satır Etiketleri	Say Marka
Samsung	21
1 TB	2
128 GB	3
256 GB	12
512 GB	4
Xiaomi	6
128 GB	1
256 GB	4
512 GB	1
Genel Toplam	27

Filtreli Marka öğesini fare ile sürükleyerek Satırlar bölümünde Hafıza öğesinin hemen üzerine taşıdık.

Değerler

Uygulamamızın en başında Değerler bölümüne Marka başlığımızı sürüklemiştik, burada Marka başlığı altındaki tüm değerler metin veri türünde değerler olduğu için Excel tarafından otomatik olarak saydırılmıştır. Bu sebeple bu bölmede Say Marka şeklinde bir ifade gör-

mekteyiz. Bu bölmeye metin veri türü değil de sayı veri türünde değerler içeren bir başlık taşımış olsaydık; bu değerler otomatik olarak toplanarak pivot tabloya yazdırılacaktı.

Satır Etiketleri	Say Marka	Toplam Fiyatı
Samsung	21	932529
1 TB	2	178198
128 GB	3	28197
256 GB	12	425838
512 GB	4	300296
Xiaomi	6	73894
128 GB	1	7999
256 GB	4	47396
512 GB	1	18499
Genel Toplam	27	1006423

Yukarıdaki örnekte Marka bazında toplam fiyat tablosunu görüntülüyoruz. Tek yapmamız gereken Say Marka ifadesini tıklayıp kaldır demek ve ardından sütun başlıkları bölümünden "Fiyatı" başlığını sürükleyerek "Değerler" bölümüne bırakmaktır. Örneğimizde seçili Samsung ve Xiaomi marka telefonlarımıza ait Hafıza bazında elde bulunan modellerden kaç çeşit olduğunu Say Marka sütunu altında toplam 27 çeşit olduğunu, aynı

modellerin her birinden birer çeşit aldığımızda ise toplam değerinin 1.006.425 TL olduğunu görüyoruz.

İstersek "Toplam Fiyatı" sütunumuzda 1000'lik ayırıcı ve virgülden sonra değer ekleyerek daha okunabilir bir tablo elde edebiliriz. Bunun için ilgili sütunda herhangi bir hücrede sağ tıklayıp hücre biçimlendirme menüsünden "Numara Biçimi" seçeneğini seçmemiz yeterli olacaktır. Açılan Hücreleri Biçimlendir ekranında "Kategoriler" kısmından sayı türünü seçmemiz ve 1000 Ayırıcı Kullan seçeneğini seçerek Ondalık basamak sayısını belirlememiz yeterli olacaktır.

Yine "Değerler" bölümünde seçili ilgili marka ve modelin "Toplam Fiyatı" seçeneğini "Ortalama Fiyatı" hesaplayacak şekilde değiştirebiliriz. Bunun için de Değerler bölümündeki "Toplam Fiyatı" düğmesine tıklayarak Değer Alanı Ayarları menüsünü seçerek açılan ekrandan "Ortalama" seçeneğini seçmek yeterli olacaktır.

Satır Etiketleri	Say Marka	Toplam Fiyatı
3 Samsung	21	
5 1 TB	2	
6 128 GB	3	
7 256 GB	12	
8 512 GB	4	
9 Xiaomi	6	
10 128 GB	1	
11 256 GB	4	
12 512 GB	1	
13 Genel Toplam	27	

Hücreleri Biçimlendir

Kategori: Sayı

Örnek: 912.529,00

Ondalık basamak sayısı: 2

☒ 1000 Ayırıcı (.) Kullan

Negatif sayılar: -1.234,10

Sayı, genel sayı görünümü için kullanılır. Para Birimi ve Finansal değer için özelleştirilmiş biçimlendirme sunar.

Tamam İptal

PivotTable Alanları

Rapora eklenecek alanları seçin:

Ara

☐ Ürün No

☒ Marka

☐ Model

☒ Hafıza

☐ Ekran Boyutu

☒ Fiyatı

Alanları aşağıdaki bölge sürükleyin:

Filtreler

Satır Etiketlerine Taşı

Sütun Etiketlerine Taşı

Değerlere Taşı

Alanı Kaldır

Değer Alanı Ayarları...

Toplam Fiyatı

Güncelleştirmeyi Ertele Güncelleştir

Değer Alanı Ayarları

Kaynak Adı: Fiyatı

Özel Ad: Ortalama Fiyatı

Değerleri Özetleme Değer Gösterimi

Değer alanını özetle

Seçili alandan verileri özetlemek için kullanmak istediğiniz hesaplama türünü seçin

Toplam

Say

Ortalama

Max

Min

Çarpım

Sayı Biçimi Tamam İptal

Satır Etiketleri	Say Marka	Ortalama Fiyatı
4 Samsung	21	44.406,14
5 1 TB	2	89.099,00
6 128 GB	3	9.399,00
7 256 GB	12	35.486,50
8 512 GB	4	75.074,00
9 Xiaomi	6	12.315,67
10 128 GB	1	7.999,00
11 256 GB	4	11.849,00
12 512 GB	1	18.499,00
13 Genel Toplam	27	37.274,93

Hesaplama metodu değişmiş ve sayı formatı düzenlenmiş yeni tablomuzu yukarıda görebilirsiniz. Bir sonraki sayımızda Pivot Tablo ile yeni veriler türetme, hesaplamalar yapma, dinamik tablolar ve etkileşimli grafikler hazırlama konularına devam edeceğiz.



HAKLI DAVA **GÜÇLÜ** **SENDİKA**

kamusen.org.tr

Geleceğin siber güvenliği bugün yanınızda

Türk Telekom Siber Güvenlik Merkezi ile siber risklere karşı yanınızdayız. Uluslararası standartlarda çözümlerle verilerinizi güvende tutuyoruz.

- Zero trust mimarisi ile 360° güvenlik
- Yapay zeka ve makine öğrenimi
- 5G ve edge (uç) bilişimde özel çözümler
- IT/OT güvenliği
- Atak yüzeylerine özel yönetilen hizmetler
- 7/24 proaktif yönetim

**BU İŞTE
BERABERİZ**

Türk Telekom
Değerli Hissettirir

Detaylı bilgi için www.turktelekom.com.tr adresinden ulaşabilirsiniz