

MAYIS-AĞUSTOS

2023

MAY-AUG

C A R B O N

Sayı/No : 10

ISSN: 2757-6027

06





**TMMOB KİMYA MÜHENDİSLERİ ODASI ANKARA ŞUBESİ
ÖĞRENCİ KOMİSYONU E-DERGİSİ**

**UCTEA CHAMBER OF CHEMICAL ENGINEERS ANKARA
BRANCH STUDENT COMISSION E-JOURNAL**



TMMOB KİMYA MÜHENDİSLERİ ODASI ANKARA ŞUBESİ ÖĞRENCİ KOMİSYONU E-DERGİSİ

UCTEA CHAMBER OF CHEMICAL ENGINEERS ANKARA BRANCH
STUDENT COMMISSION JOURNAL

SAYI / NO	10
YÖNETİM YERİ / HEAD OFFICE	KARANFİL SK. 19/5 06650 KIZILAY ANKARA
TEL	+90 (312) 418 20 51
FAX	+90 (312) 418 16 54
KMO ANKARA ŞUBESİ ADINA SAHİBİ PUBLISHER	ALİ NAR
GENEL YAYIN YÖNETMENİ EDITORIAL IN CHIEF	İREM COŞKUN
EDİTÖR / EDITOR	ALİ BARAN ARIBAN
KAYNAK KONTROLÜ REFERENCE CONTROL	İREM COŞKUN
ÇEVİRMENLER INTERPRETERS	FERHAT BAŞTUĞ ELİF KALENDER
ÇEVİRİ DENETİMİ PROOFREADER	ALİ BARAN ARIBAN
SAYFA TASARIMI GRAPHIC DESIGN	AHMET ÖĞRETİR ESMA HANDE SAZLIK
BİLİMSEL YAYIN ARŞİVİ SCIENTIFIC PUBLICATION ARCHIVE	İREM COŞKUN ASLI OYMAN BORA MUTLU FATOŞ ANDIÇ

YAZARLAR / WRITERS

AHMET ÖĞRETİR - ARDA FEVZİ DAL - ERTUĞRUL KORKMAZ - BUSE TAŞKESEN
İREM COŞKUN - MELİS AYDIN - NİLAY DENİZ CAMKESE - RABİA YOZGATLI



ISSN : 2757 - 6027
CARBON06 DERGİSİ 400 ADET BASILMIŞTIR
MAYIS - AĞUSTOS 2023

BASKI : TEK SES OFSET MATBAACILIK LTD. ŞTİ. K. KARABEKİR CAD.
KÜLTÜR HAN NO: 7/11 İSKİTLER / ANKARA TEL: 0(312) 341 66 19

EDİTÖR NOTU

EDITOR'S NOTE



Editör / Editor
Ali Baran ARIBAN



Genel Yayın Yönetmeni / Editor-in-Chief
İrem COŞKUN

Değerli okuyucular;

CARBON06'nın bu sayısında enerjinin bugününü ve geleceğini mercek altına aldık. Dünya nüfusunun artmasıyla birlikte her geçen gün enerjiye duyulan ihtiyaç da artıyor. Fosil yakıtların hızla tükenmesi ve daha büyük bir sorun olan küresel ısınma sonucu oluşan iklim krizi, enerji ihtiyacını karşılamak için insanlığın alternatif ve daha sürdürülebilir yollar bulmasının zorunlu kılıyor.

Bu sayımızda yazarlarımız enerjinin ne olduğundan yenilenebilir enerji kaynaklarına birçok konuya değindiler. Dergimizin onuncu sayısı vesilesiyle bizler de editörler olarak bir kez daha ulusal bayramlarımızı kutlama fırsatı yakaladık. 19 Mayıs'ta Samsun'a çıkan Mustafa Kemal bizler için büyük bir ışık yakmıştır. 1919'da Samsun'da başlayan bu büyük bağımsızlık savaşı 30 Ağustos 1922'de büyük bir zaferle taçlandırılmıştır. Başta Gazi Mustafa Kemal olmak üzere bu uğurda bizler için canını veren ve gazi olanlara sonsuz şükranlarımızı sunarız. Bizler Türk gençliği olarak atamızın açtığı yolda durmadan yürüyeceğimize ve onun bıraktığı mirasları koruyacağımıza ant içeriz. 19 Mayıs Gençlik ve Spor Bayramı ve 30 Ağustos Zafer Bayramı kutlu olsun.

Ufuk açan yazılarıyla dergimize destek olan yazarlarımıza ve değerli okurlarımıza teşekkürü borç biliriz. Enerjinizin her daim yenileneceği keyifli bir yaz sezonu ve mutlu günler dileriz.

Keyifli okumalar...

Dear readers;

In this issue of CARBON06, we focused on the present and future of energy. Due to the increase in the world population, the need for energy is increasing day by day. The climate crisis caused by the rapid depletion of fossil fuels and a bigger problem, global warming, necessitates humanity to find alternative and more sustainable ways to meet its energy needs.

In this issue, our authors touched on many topics, from what energy is to renewable energy sources. On the occasion of the tenth issue of our magazine, we, as editors, once again had the opportunity to celebrate our national holidays. Mustafa Kemal, who went to Samsun on 19th of May, lit a great light for us. This great War of Independence, which started in Samsun in 1919, was crowned with a great victory on August 30, 1922. We would like to express our endless gratitude to those who gave their lives and became veterans for this cause, especially Gazi Mustafa Kemal. We, as Turkish youth, swear that we will continue to walk on the path opened by our ancestors and protect the legacies left by him. Happy 19 May Youth and Sports Day and 30 August Victory Day.

We would like to thank our authors and valuable readers who supported our journal with their insightful articles. We wish you a pleasant summer season and happy days in which your energy will always be renewed.

Happy reading...

CARBON 06



İÇİNDEKİLER

TABLE OF CONTENTS

YENİLENEBİLİR ENERJİ TEKNOLOJİLERİ VE ÇALIŞMA PRENSİPLERİ	1
<i>WORKING PRINCIPLES OF RENEWABLE ENERGY TECHNOLOGIES</i>	
ENERJİNİN GELECEĞİ	7
<i>THE FUTURE OF ENERGY</i>	
AYNI ENERJİNİN FARKLI ÜRÜNLERİ	9
<i>DIFFERENT PRODUCT OF THE SAME ENERGY</i>	
KARBON YAKALAMA VE DEPOLAMA: FOSİL YAKITA DAYALI ENERJİ ÜRETİMİNDEN YAKALANAN EMİSYONLARIN AZALTILMASI	11
<i>CARBON CAPTURE AND STORAGE: REDUCING EMISSIONS FROM FOSIL FUEL BASED ENERGY PRODUCTION</i>	
10 MİLYON KAR	15
<i>10 BILLION PROFIT</i>	
HİDROJEN DEPOLAMA YÖNTEMLERİ	19
<i>HIDROGEN STORAGE METHODS</i>	
BEYAZA BOYA	29
<i>PAINT IT WHITE</i>	
BİYOĞAZ	31
<i>BIOGAS</i>	
HAVA KİRLİLİĞİ VE SCR SİSTEMLERİ	37
<i>AIR POLLUTION AND SCR SYSTEMS</i>	
BİLİMSEL YAYIN ARŞİVİ	41
<i>SCIENTIFIC PUBLICATION ARCHIVE</i>	



19 MAYIS

ATATÜRK'Ü ANMA, GENÇLİK VE
SPOR BAYRAMI

Kutlu Olsun



30 AĞUSTOS

ZAFER BAYRAMI

Katlan Olsun!

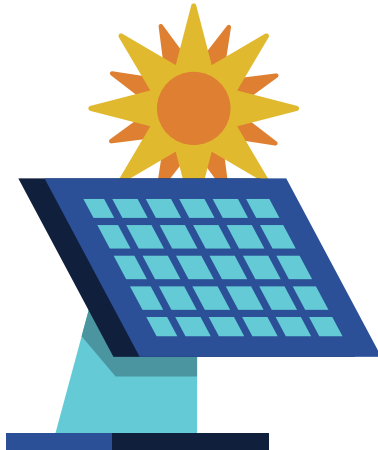


YENİLENEBİLİR ENERJİ TEKNOLOJİLERİ VE ÇALIŞMA PRENSİPLERİ

İnsan popülasyonundaki ani ve hızlı artıştan dolayı enerji ihtiyacımız gün geçtikçe artmaktadır. İnsanlık yıllar boyunca farklı enerji üretme yöntemleri geliştirmiş olsa da temelde enerji kaynaklarını yenilenebilir ve yenilenemez kaynaklar olarak iki başlıkta sınıflandırabiliriz. Adından da anlaşılacağı üzere yenilenemez enerji kaynakları yeniden oluşturulamayan ve kullanılmayan enerji kaynaklarıdır. Yenilenemez enerji kaynaklarına petrol, maden ve doğal gaz örnek gösterilebilir. Bu kaynakların kullanımı insanlığın enerji sorununu geçici olarak çöze de bambaşka sorunlar yaratmaktadır. Yenilenemez enerji kaynakları büyük miktarlarda sera gazı (Metan, Karbondioksit, Nitröz Oksit) ürettiği için iklim değişiklikleri, sağlık problemleri ve deniz seviyesinde değişiklik gibi sorunlara yol açmaktadır. [1] Bu ve bunun gibi sorunları en aza indirmek için 2016 yılında “Paris İklim Anlaşması” yürürlüğe girmiştir. Anlaşmanın en büyük amaçlarından biri küresel yüzey sıcaklığındaki artışı 2 derece ile sınırlandırmak, mümkünse 1.5 derecenin altında tutmaktır. [2] Yapılan bir araştırmaya göre bu yüzyılda sıcaklık artışının 2 derecenin altında tutulması ihtimali %5 olarak gözükmemektedir. [3] Bir başka çalışmada ise 2020-2030 yılları arasındaki enerji ihtiyacındaki artışın %80’inin sürdürülebilir enerji kaynaklarından elde edilebileceği sonucuna ulaşılmıştır. [4] Bu iki veri çelişiyor gibi gözükse de aslında çözülmesi gereken bir soruna yani yenilenebilir enerji kaynaklarındaki verimliliğin düşük olmasına dikkat çekmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları verimliliğin az olmasından dolayı sıcaklık yükselişini engelleme konusunda kısa vadede çözüm olarak gözükmemektedir. Bu soruna çözüm olarak iki şey yapılabilir: mevcut teknolojilerin verimliliğini artırmak veya daha verimli teknolojiler üretmek. İki olası çözüm için de mevcut yenilenebilir enerji teknolojilerinin mekanizmasını ve eksik yönlerini derinlemesine bilmek gerekiyor. Mevcut durumda enerji ihtiyacının sadece %10’luk bir kısmı yenilenebilir enerji kaynaklarından elde edildiği için konu daha fazla önem kazanıyor. [5] Bu bilgilerin ışığında bu yazımda güneş enerjisi, rüzgar enerjisi ve hidroelektrik enerjisi üzerinde duracağım.

1) Güneş Enerjisi:

Güneş enerjisi çağımızın en önemli sürdürülebilir enerji kaynaklarından biri olarak gelecekteki enerji ihtiyaçlarımızı karşılama konusunda önemli bir potansiyele sahiptir. Güneş enerjisi güneşten elde edebildiğimiz sonsuz ve temiz bir enerji kaynağıdır. Temelde “fotovoltaik paneller (PV)” ve “konsantre güneş enerjisi (CSP)” olarak iki başlıkta incelenebilir. Bu iki sistemin mekanizmaları arasındaki en büyük fark elektrik enerjisi üretme yollarıdır. PV paneller güneşin enerjisi yerine ışığını kullanırken CSP teknolojisi güneşin ısı enerjisini kullanır. Genel olarak Konsantre Güneş Enerjisi (CSP) teknolojisi daha iyi teknik performansa sahipken fotovoltaik (PV) teknolojisi çoğu bölgeye ekonomik olarak daha uygundur. [6]

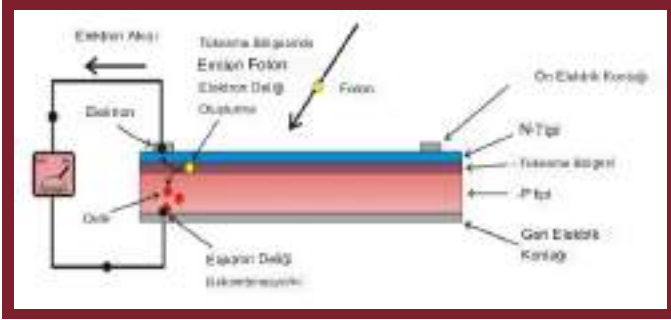


1.1) Fotovoltaik Paneller:

Solar panellerin içerisinde solar hücre olarak adlandırılan yapılar bulunur. Bu hücreler genellikle silikondan yapılır. Hücrelerde silikon tercih edilmesinin sebebi yarı-iletken davranış sergilemesidir. Diğer yarı-iletkenler yerine silikon tercih edilmesinin sebebi ise dünyada en yaygın bulunan ikinci element olmasıdır. Hücrelerin içinde iki farklı silikon katmanı bulunur. Bunlar P-tipi ve N-tipi olarak adlandırılır. Bu iki tip arasındaki tek fark elektron sayılarıdır. N-tipi katmanda silikondan bir fazla, P-tipi katmanda ise silikondan bir eksik elektron bulunmaktadır. Güneş ışınlarının taşıdığı fotonlar eğer silikon katmanına belirli bir enerji seviyesinde çarparsa hücrelerden elektron koparır. Bu sayede hücrede 1 adet elektron ve 1 adet boşluk oluşur. N-tipi ve P-tipi katmanların doğası gereği elektron N-tipi katmana çekilirken boşluk P-tipi katmana çekilir. Sürecin devamında N-tipi katmana çekilen elektron P-tipi katmandaki boşluğa ulaşmaya çalışır ve belirlenen yolda ilerlerken bir akım oluşturur. Bu sayede elektrik enerjisi üretilmiş olur. Bu hücrelerden 12 tanesini kullanarak bir panel yaparsanız telefonunuzu kolayca şarj edebilirsiniz. Daha yüksek miktarda enerji gerektiren işleri yapmak için ise daha fazla sayıda hücreye ihtiyacınız olacaktır.

2) Rüzgar Enerjisi:

Mekanizmadan anlaşılacağı üzere enerji üretiminde herhangi bir kimyasal reaksiyon gerçekleşmemektedir. Doğaya salınan herhangi bir gaz veya atık bulunmaz. Madde kaybı da yaşanmadığı için bu süreç yıllarca tekrarlanabilir ve yenilenebilir enerji elde edilebilir. [7]



Şekil 1: Solar Hücre Şeması (kaynak: <https://www.electrical4u.com/solar-cell/>)

1.2) Konsantre Güneş Enerjisi:

Konsantre Güneş Enerjisi (CSP) teknolojisi güneş ışığını parabolik aynalar, çanaklar veya kuleler gibi optik cihazlarla bir noktada toplar ve güneşin ısı enerjisini alıcı bir odak noktasında birleştirir. Bu odak noktasında yer alan alıcıda ısı transfer sıvısı (HTF) adı verilen bir akışkan bulunur. HTF seçerken özgül ısısı yüksek olan sıvılar tercih edilmektedir.

Güneş ışınları HTF'nin içinden geçerken akışkan ısınır ve termal enerji kazanır. Bu ısı Termal Enerji Depolama (TES) yöntemleriyle depolanabilir. Bu sayede güneşten enerji elde edilemeyecek durumlarda depolanmış enerji kullanılabilir.

Termal enerji depolandıktan sonra buhar üretmek için kullanılır. HTF buhar jeneratörüne gönderilir ve yüksek sıcaklık-basınç altında buhar üretilir. Oluşturulan buharın türbinin rotorunu döndürmesiyle mekanik enerji üretir.

Mekanik enerjinin elektrik enerjisine dönüştürülmesi için jeneratör kullanılır ancak enerji dönüşüm süreçlerinde her zaman biraz enerji kaybı gerçekleşeceğinden bu süreç Carnot çevrimi ile sınırlanmıştır. [8]

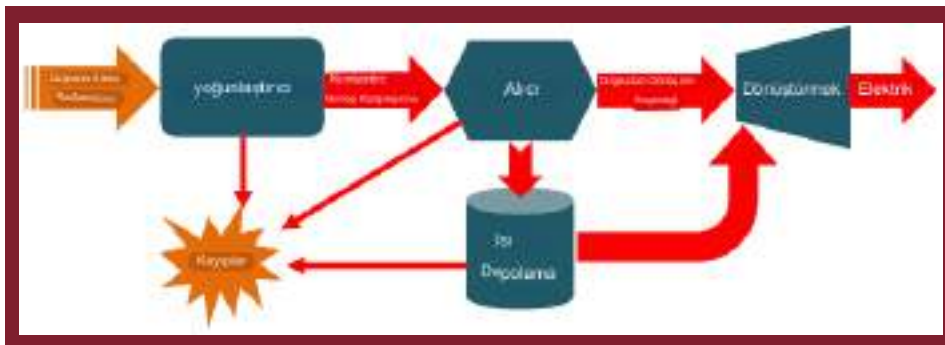
Rüzgar enerjisinin kaynağı rüzgarların da sebebi olan güneştir. Güneş enerjisi karaları ve denizleri aynı oranda ısıtmadığından oluşan basınç farkı rüzgarları meydana getirir. Rüzgar enerjisi günümüzde dünyanın elektrik ihtiyacının %2 kadarını karşılamaktadır. Bazı kaynaklarda en temiz yenilenebilir enerji kaynağı olarak sınıflandırılmaktadır. [9]

Çoğu rüzgar türbini üç adet kanadın monte edildiği çelik bir yapıya sahiptir. Daha az yaygın olan türleri iki kanatlı beton veya çelik kafesli kulelerdir. Kanatların yukarıda olmasının sebebi yüksekten esen hızlı rüzgarlardan faydalanıp enerji üretimini artırmaktır.

Türbinler pervane benzeri kanatları ile rüzgar enerjisini yakalar. Rüzgar eserken kanadın bir tarafında düşük basınçlı hava cepleri oluşur. Düşük basınçlı hava cepleri kanadı kendine doğru çeker ve rotorun dönmesini sağlar. Buna kaldırma kuvveti (lift) adı verilir. Kaldırma kuvveti kanadın ön yüzüne karşı gelen rüzgar kuvvetinden çok daha güçlüdür. Bu duruma direnç (drag) denir. Kaldırma ve direnç kuvvetlerinin birleşimi rotorun bir pervane gibi dönmesini sağlar. Pervanenin ana bileşenleri genellikle dişliler, rotor ve jeneratör gibi önemli parçaların yer aldığı akışkan bir kabin olan "nacelle" içinde bulunur. Türbin kulesinin arkasında olan bu "nacelle" bir helikopterin iniş pisti kadar büyük olabilir. [10]



Şekil 3: Rüzgar Paneli Gösterimi [10]



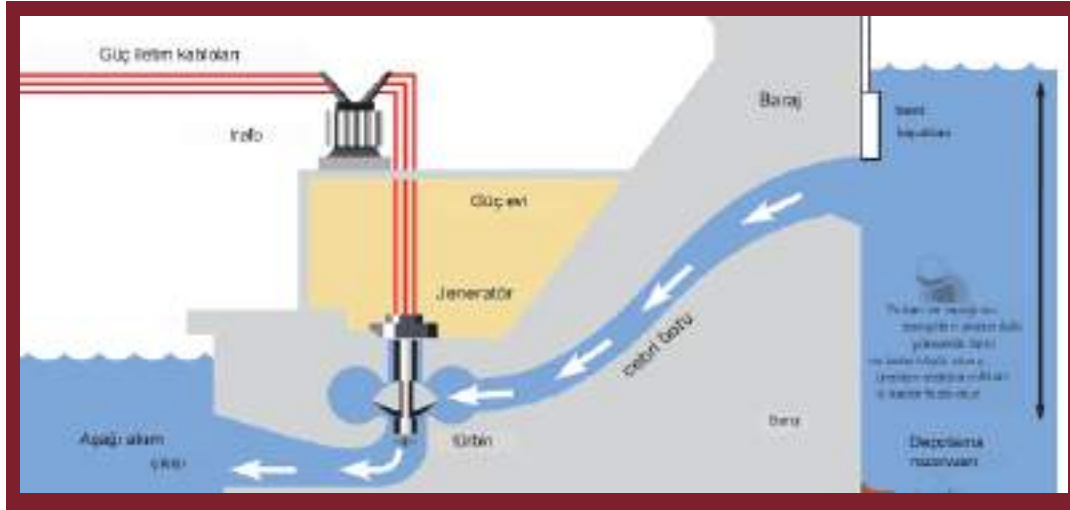
Şekil 2: Konsantre Güneş Enerjisi Şeması [8]

3) Hidroelektrik Enerjisi:

Hidroelektrik enerji en eski yenilenebilir enerji üretme yöntemlerinden biridir. Basit haliyle suyun potansiyel enerjisini elektrik enerjisine çevirir. Türkiye’de üretilen yenilenebilir enerjinin %60.8’i hidroelektrik enerjidir. [11]

Hidroelektrik enerji bir baraj veya suyun doğal akışını değiştiren bir yönlendirme yapısı kullanarak suyun gücünü elektrik enerjisine dönüştürür. Hidroelektrik enerji sürekli yenilenen su döngüsüne dayanır. Azalmayan veya ortadan kaldırılmayan bir yakıt olan suyu kullanır. Farklı tipte hidroelektrik enerji tesisleri bulunmasına rağmen genel olarak suyun akış hızı kullanılarak üretim gerçekleştirilir. Hidroelektrik türbinleri ve jeneratörlerle suyun potansiyel enerjisi elektrik enerjisine dönüştürülür. Hidroelektrik enerji elektrik üretimi için suya ihtiyaç duyduğundan santraller genellikle su kaynaklarının yakınında veya üzerinde yer alır. Hareketli suyun potansiyel enerji farkından yararlanır. Akış dolayısıyla potansiyel enerjinin daha yüksek olması üretilen elektrik miktarını artırır.

Santral düzeyinde su bir borunun içinden geçer ve türbindeki kanatları döndürür. Bu türbin nihayetinde elektrik üreten jeneratörü döndürür ve elektrik üretilir. [12]



Şekil 4: Hidroelektrik Santrali Mekanizması [12]

KAYNAKÇA:

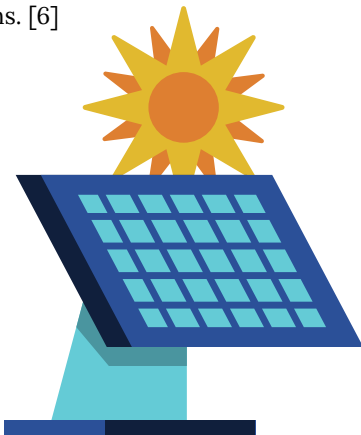
- [1] Renewable energy and sustainable development: a crucial review Ibrahim Dincer* Associate Professor, Department of Mechanical Engineering, King Fahd University of Petroleum and Minerals, Box 127, Dhahran, 31261, Saudi Arabia Received 10 February 1999; accepted 24 February 1999.
- [2] <https://iklim.gov.tr/paris-anlasmasi-i-34> (Erişim Tarihi: 28.07.2023)
- [3] Effects of fossil fuel and total anthropogenic emission removal on public health and climate J. Lelieveld,a,b,1, K. Klingmüller, A. Pozzera, R. T. Burnett, A. Hainesd, and V. Ramanathan Edited by Susan Solomon, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, and approved February 27, 2019 (received for review November 27, 2018)
- [4] Renewable energy potential towards attaining net-zero energy buildings status – A critical review Author links open overlay panelS. Christopher a, M.P. Vikram a, Chirodeep Bakli b, Amrit Kumar Thakur c, Y. Ma c, Zhenjun Ma d, Huijin Xu e, Pinar Mert Cuce f, Erdem Cuce Fh, Punit Singh i.
- [5] <https://www.c2es.org/content/renewable-energy/> (Erişim Tarihi: 28.07.2023)
- [6] Design and comparative analysis of photovoltaic and parabolic trough based CSP plants Ahmed Bilal Awana,* , Muhammad Zubaira , R.P. Praveena , Abdul Rauf Bhattib
- [7] <https://ed.ted.com/lessons/how-do-solar-panels-work-richard-komp> (Erişim Tarihi: 28.07.2023)
- [8] Progress in research and technological advancements of commercial concentrated solar thermal power plants Muhammad Imran Khan a, Faisal Asfand b, Sami G. Al-Ghamdi a,
- [9] https://fbe.bingol.edu.tr/programlar/_yenilenebilir-enerji-sistemleri/ (Erişim Tarihi: 28.07.2023)
- [10] <https://www.energy.gov/eere/wind/how-do-wind-turbines-work#:~:text=Wind%20turbines%20work%20on%20a%20generator%2C%20which%20creates%20electricity.> (Erişim Tarihi: 28.07.2023)
- [11] <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/yenilenebilir-kaynaklardan-uretilen-elektrik-orani-i-85810> (Erişim Tarihi: 28.07.2023)
- [12] <https://www.energy.gov/eere/water/how-hydropower-works> (Erişim Tarihi: 28.07.2023)

WORKING PRINCIPLES OF RENEWABLE ENERGY TECHNOLOGIES

Due to the sudden and rapid increase in the global population, our energy demand is growing day by day. Although humanity has developed various methods of energy production over the years, we can fundamentally classify energy sources into two categories: renewable and non-renewable sources. As the name suggests, non-renewable sources are energy resources that cannot be regenerated or replenished for further use. Examples of non-renewable energy sources include oil, minerals, and natural gas. While the utilization of these resources may temporarily address humanity's energy needs, it also gives rise to entirely different problems. Non-renewable energy sources, due to their significant production of greenhouse gases (Methane, Carbon Dioxide, Nitrous Oxide), contribute to issues such as climate change, health problems and changes in sea levels.[1] To mitigate these and similar problems, the "Paris Climate Agreement" came into effect in 2016. One of the primary objectives of the agreement is to limit the increase in global surface temperature to 2 degrees Celsius, preferably keeping it below 1.5 degrees. [2] According to the conducted study, the probability of keeping the temperature increase below 2 degrees this century is estimated to be 5%. [3] In another study, it has been concluded that 80% of the increase in 2020 and 2030 can be met from sustainable energy sources. [4] While these two pieces of information might appear contradictory, they actually highlight an issue that needs to be addressed: the low efficiency of renewable energy sources. Due to the low efficiency of renewable energy sources, they do not seem to provide a short-term solution to preventing temperature rise. To address this issue, two things can be done as a solution: improving the efficiency of existing technologies or developing more efficient technologies. For both of these potential solutions, it's crucial to have an in-depth understanding of the mechanism and shortcomings of current renewable energy technologies. Currently, only about 10% of the energy demand is met from renewable energy sources, which makes the issue even more critical. [5] In light of this information, I will focus on solar energy, wind energy and hydroelectric energy in this writing.

1) Solar Energy:

Solar energy is one of the most significant sustainable energy sources of our era, holding substantial potential to meet our future energy needs. Solar energy is an infinite and clean source of energy obtained from the sun. It can be primarily examined under two categories: "photovoltaic panels (PV)" and "concentrated solar power (CSP)". The most significant difference between these two systems lies in the methods of generating electrical energy. PV panels utilize the sunlight directly whereas CSP technology harnesses the heat energy from the sun. Generally, Concentrated Solar Power (CSP) technology offers better technical performance while photovoltaic (PV) technology tends to be more economically viable for most regions. [6]



1.1) Photovoltaic Panels:

Inside solar panels, there are structures called solar cells. These cells are usually made of silicon. The reason for choosing silicon in the cells is its semiconductor behavior. The reason silicon is preferred over other semiconductors is that it is the second most abundant element found on Earth. Inside the cells, there are two different silicon layers. These are referred to as P-type and N-type. The only difference between these two types is the number of electrons. In the N-type layer, there is one extra electron compared to silicon while in the P-type layer, there is one less electron than silicon. In photons carried by sunlight that hits the silicon layer at a specific energy level, they dislodge electrons from the cells. This creates 1 electron and 1 hole in the cell. Due to the inherent nature of N-type and P-type layers, electrons are drawn to the N-type layer while holes are drawn to the P-type layer. In the continuation of the process, the electron drawn to the N-type layer attempts to reach the hole in the P-type layer and as it progresses along the defined path, generates a current. This results in the production of electrical energy. If you use 12 of these cells and create a panel, you can easily charge your phone. However, for tasks that require a higher amount of energy, you will have a greater number of cells.

2) Wind Power

As it is understood from the mechanism, there is no chemical reaction taking place in energy production. There is no emission of any gas or waste into the environment. Since no matter is lost, this process can be repeated for years, resulting in obtainable renewable energy. [7]

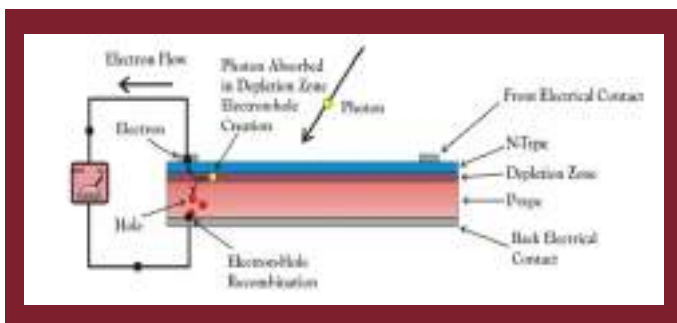


Figure 1: Solar Cell Diagram (resources: <https://www.electrical4u.com/solar-cell/>)

1.2) Concentrated Solar Power

Concentrated Solar Power (CSP) technology gathers sunlight at a single point using optical devices such as parabolic mirrors, dishes, or towers and concentrates the solar heat energy at a receiver's focal point. In the receiver located at this focal point, there is a fluid called Heat Transfer Fluid (HTF). When choosing HTF, liquids with high specific heat are preferred.

As sunlight passes through the HTF, the fluid heats up and gains thermal energy, this heat can be stored using Thermal Energy Storage (TES) methods. This way, stored energy can be utilized when solar energy cannot be obtained.

After thermal energy is stored, it is used to produce steam. The HTF is sent to a steam generator where steam is produced under high temperature and pressure. The generated steam produces mechanical energy by turning the turbine rotor.

A generator is used to convert mechanical energy into electrical energy. However, due to inevitable energy losses in energy conversion processes, this process is limited by the Carnot cycle. [8]

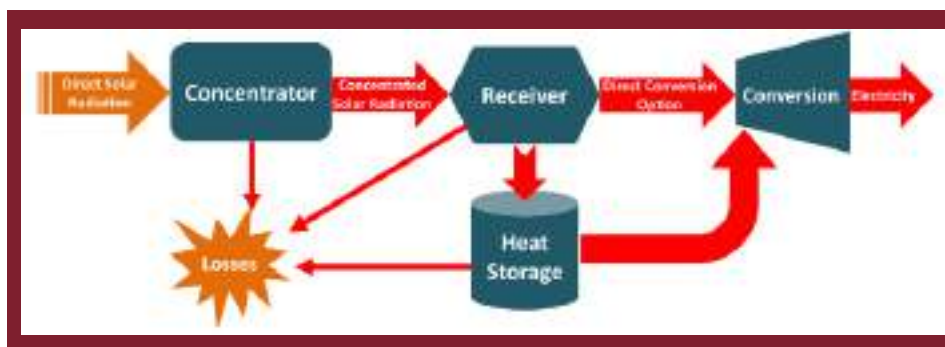


Figure 2. The Schema of Concentrated Solar Power [8]

The source of wind energy is the sun which is also the cause of winds. As solar energy heats up land and oceans unevenly, it creates pressure differences that lead to the formation of winds. Wind energy currently accounts for about 2% of the world's electricity needs. In some sources, it is classified as the cleanest renewable energy source. [9]

Most wind turbines have a steel structure with three blades mounted on it. Less common types include two-blade concrete or steel lattice towers. The reason the blades are positioned up high is to harness the power of strong winds at greater heights and increase energy production.

Turbines capture wind energy with blade-like vanes. As the wind blows, low-pressure air pockets form on one side of the blade. These low-pressure air pockets pull the blade toward themselves and cause the rotor to rotate. This is referred to as the lift force. The lift force is much stronger than the wind force against the front of the blade. This phenomenon is called drag. This combination of lift and drag forces enables the rotor to spin like a propeller. The main components of the propeller are usually located within a fluid-filled housing called a 'nacelle', which includes important parts such as gears, rotor and generator. This 'nacelle', situated behind the turbine tower, can be as large as a helicopter's landing pad. [10]

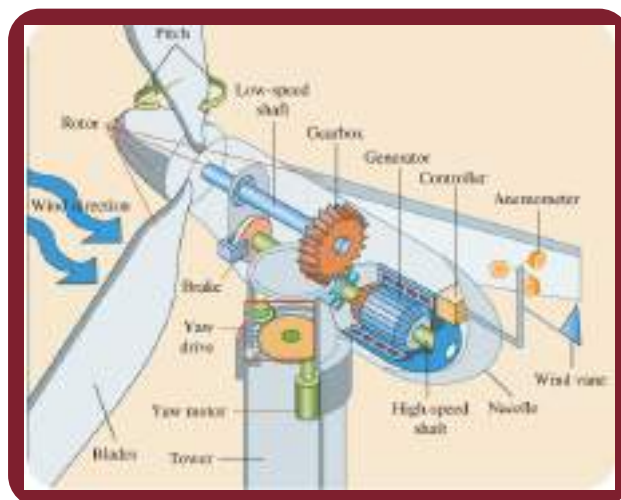


Figure 3: The Show of Wind Panel [10]

3) Hydro-Electric Power

Hydroelectric power is one of the oldest methods of generating renewable energy. In its simplest form, it converts the potential energy of water into electrical energy. In Türkiye, 60.8% of the produced renewable energy is hydroelectric energy. [11]

Hydroelectric energy converts the power of water into electrical energy using either a dam or a diversion structure that alters the natural flow of water. Hydroelectric energy relies on the continuously renewed water cycle, utilizing water as a fuel source that does not deplete or need to be eliminated. Despite the existence of various types of hydroelectric power plants, production is generally carried out by utilizing the flow velocity of water. Hydroelectric turbines and generators convert the potential energy of water into electric energy. Since hydroelectric energy requires water for electricity production, power plants are typically located near or on water resources. The potential energy difference of moving water is utilized. The higher potential energy due to the flow, the higher the amount of generated electricity.

For the power of the plant, water flows through a pipe and turns the blades of the turbine. This turbine eventually rotates the generator that produces electricity. [12]

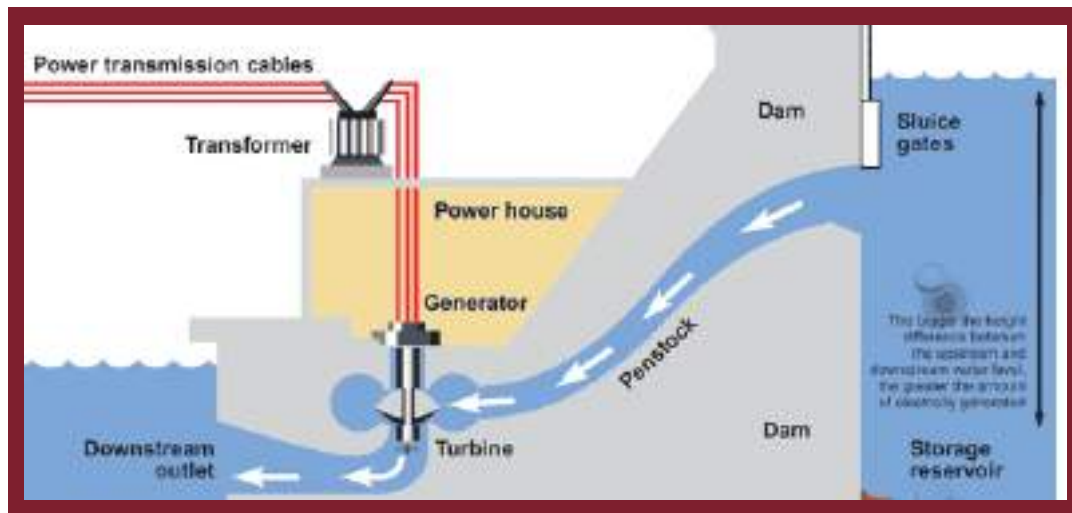
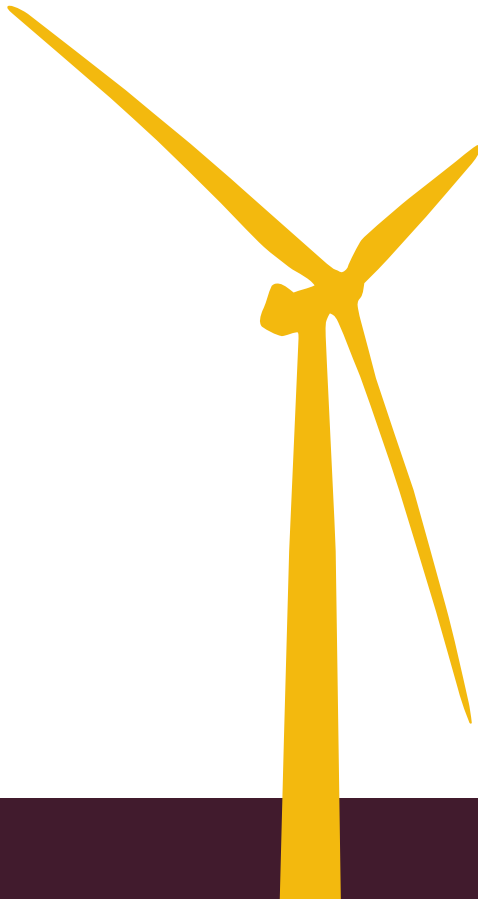


Figure 4: The Mechanism of Hydroelectric Power Plant [12]

RESOURCES:

- [1] Renewable energy and sustainable development: a crucial review Ibrahim Dincer* Associate Professor, Department of Mechanical Engineering, King Fahd University of Petroleum and Minerals, Box 127, Dhahran, 31261, Saudi Arabia Received 10 February 1999; accepted 24 February 1999.
- [2] <https://iklim.gov.tr/paris-anlasmasi-i-34> (Accessed On: 28.07.2023)
- [3] Effects of fossil fuel and total anthropogenic emission removal on public health and climate J. Lelieveld,a,b,1, K. Klingmüllera, A. Pozzera, R. T. Burnettc, A. Hainesd, and V. Ramanathan Edited by Susan Solomon, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA, and approved February 27, 2019 (received for review November 27, 2018)
- [4] Renewable energy potential towards attaining net-zero energy buildings status – A critical review Author links open overlay panelS. Christopher a, M.P. Vikram a, Chirodeep Bakli b, Amrit Kumar Thakur c, Y. Ma c, Zhenjun Ma d, Huijin Xu e, Pinar Mert Cuce f g, Erdem Cuce f h, Punit Singh i.
- [5] <https://www.c2es.org/content/renewable-energy/> (Accessed On: 28.07.2023)
- [6] Design and comparative analysis of photovoltaic and parabolic trough based CSP plants Ahmed Bilal Awana,* , Muhammad Zubaira , R.P. Praveena , Abdul Rauf Bhattib
- [7] <https://ed.ted.com/lessons/how-do-solar-panels-work-richard-komp> (Accessed On: 28.07.2023)
- [8] Progress in research and technological advancements of commercial concentrated solar thermal power plants Muhammad Imran Khan a, Faisal Asfand b, Sami G. Al-Ghamdi a,
- [9] https://fbe.bingol.edu.tr/programlar/_yenilenebilir-enerji-sistemleri/ (Accessed On: 28.07.2023)
- [10] <https://www.energy.gov/eere/wind/how-do-wind-turbines-work#:~:text=Wind%20turbines%20work%20on%20a%20generator%2C%20which%20creates%20electricity.> (Accessed On: 28.07.2023)
- [11] <https://cevresel@gostergeler.csb.gov.tr/yenilenebilir-kaynaklardan-uretilen-elektrik-orani-i-85810> (Accessed On: 28.07.2023)
- [12] <https://www.energy.gov/eere/water/how-hydropower-works> (Accessed On: 28.07.2023)



ENERJİNİN GELECEĞİ : GELİŞEN TEKNOLOJİ VE İZLENECEK TRENDLER

İREM COŞKUN
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
4.SINIF ÖĞRENCİSİ



Dünya nüfusunun artması ve endüstrileşmenin yaygınlaşması, enerji talebini sürekli bir şekilde artırmaktadır. Fosil yakıtların sınırlı rezervleri ve çevresel etkileri, enerji sektörünü daha sürdürülebilir ve çevre dostu çözümlere yönlendirmiştir. Bu bağlamda, enerjinin geleceği, çevre dostu ve sürdürülebilir enerji kaynaklarına olan talep ve teknolojik gelişmelerle şekillenmektedir. Bu yazıda, yenilenebilir enerji kaynakları, enerji depolama teknolojileri, akıllı şebekeler ve enerji verimliliği gibi kilit alanlardaki ilerlemeler ele alınacak ve enerji sektöründeki gelecek vizyonuna ışık tutacak önemli noktalar vurgulanacaktır.

Günümüzde enerji sektöründe yaşanan teknolojik gelişmelerin önemi giderek artmaktadır. Bu gelişmeler, enerjinin üretiminden tüketimine kadar birçok alanda büyük faydalar sağlamaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları, fosil yakıtların dönüşümü, enerji verimliliği ve tasarruf teknolojileri gibi alanlardaki ilerlemeler, enerji sektörünün geleceğini şekillendirmektedir. Bu teknolojiler hem çevresel sürdürülebilirliği desteklerken hem de ekonomik faydalar sağlamaktadır.

Yenilenebilir Enerji Kaynakları:

Yenilenebilir enerji kaynakları, enerjinin geleceğindeki en önemli trendlerden biridir. Fosil yakıtlardan kaynaklanan çevresel sorunlar ve enerji güvenliğine yönelik endişeler, yenilenebilir enerji kaynaklarının gelişimini hızlandırmıştır. Güneş enerjisi, rüzgar enerjisi ve hidroelektrik enerji gibi yenilenebilir enerji kaynakları, gelecekte enerji üretimi için büyük potansiyele sahiptir.

Güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, hidroelektrik enerji, biyokütle ve jeotermal enerji, düşük karbon salımı ve sınırsız doğal kullanım gibi sürdürülebilirlik açısından önemli avantajlar sunar. Güneş enerjisindeki fotovoltaik hücrelerin maliyetlerindeki düşüş ve rüzgar türbinlerinin daha verimli hale gelmesi, bu kaynakların daha yaygın kullanılmasını sağlamıştır.[1]

Fosil yakıtların dönüşümü ve karbon ayak izinin azaltılması da enerji sektöründe büyük bir öneme sahiptir. Karbon emisyonlarının azaltılması, iklim değişikliği ve çevre kirliliği gibi önemli sorunların çözümünde kritik bir faktördür. Yenilenebilir enerji kaynaklarının yaygın kullanımı ve karbon nötr enerji üretimi, enerji sektöründe sürdürülebilir bir geleceğin inşasına yardımcı olmaktadır.

Enerji Depolama Teknolojileri:

Yenilenebilir enerji kaynaklarının değişken doğası, enerji depolama teknolojilerine olan ihtiyacı artırmıştır. Enerji depolama, fazla üretilen enerjinin depolanmasını ve gerektiğinde kullanılmasını sağlar. Lityum iyon piller, hidrojen depolama ve sıvı tuz depolama gibi yeni nesil depolama çözümleri, enerji depolama alanında önemli bir ilerleme kaydetmiştir.[2]

Akıllı Şebekeler:

Akıllı şebekeler, enerji üretiminden tüketimine kadar tüm ağı entegre ve otomatik bir şekilde yönetildiği şebekelerdir. Bu şebekeler, enerji verimliliğini artırır, enerji tüketimini yönetir ve enerjiyi güvenli bir şekilde dağıtır. Ayrıca, bu süreçteki maliyetleri en aza indirir. Sensörler, veri analitiği ve iletişim teknolojilerindeki gelişmeler, akıllı şebekelerin gerçeğe dönüşmesini sağlamıştır.[3],[4]

Enerji Verimliliği:

Enerji verimliliği, enerji talebini azaltmanın en etkili yollarından biridir. Gelişen teknolojiler ve farkındalık, binaların, ulaşım araçlarının ve endüstrinin daha verimli hale gelmesini sağlamaktadır. LED aydınlatma, yüksek verimli izolasyon malzemeleri ve enerji etkin üretim süreçleri gibi gelişmeler, enerji verimliliğinde önemli adımlar atmaktadır.[5]

Enerjinin geleceği, gelişen teknoloji ve izlenecek trendlerle birlikte daha sürdürülebilir ve çevre dostu bir hale gelmektedir. Yenilenebilir enerji kaynakları, enerji depolama teknolojileri, akıllı şebekeler ve enerji verimliliği, enerji sektöründeki dönüşümün temel direklerini oluşturmaktadır. Bu teknolojilerin yaygınlaşması ve maliyetlerin düşmesiyle, enerji sektöründe daha temiz, daha güvenli ve daha ekonomik bir geleceğe doğru ilerlemekteyiz.

KAYNAÇÇA:

- [1] Jacobson, M. Z., ve Delucchi, M. A. (2011). Providing all global energy with wind, water, and solar power, Part I: Technologies, energy resources, quantities and areas of infrastructure, and materials. *Energy Policy*, 39(3), 1154-1169.
- [2] Chu, S., ve Majumdar, A. (2012). Opportunities and challenges for a sustainable energy future. *Nature*, 488(7411), 294-303.
- [3] Liu, Y., ve Lund, H. (2018). Large-scale integration of wind and solar power into the Nordic electricity system: Temporal and spatial balancing of energy and reserves. *Applied Energy*, 222, 872-886.
- [4] What are smart grids? <https://www.ica.org/energy-system/electricity/smart-grids> (Erişim Tarihi: 20.07.2023)
- [5] Başaran, T., & Aksoy, U. T. (2021). Energy Efficiency and Its Importance in Sustainable Development: A Review. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 11(1), 262-267.

THE FUTURE OF ENERGY: EMERGING TECHNOLOGIES AND FOLLOWED TRENDS

İREM COŞKUN
ANKARA UNIVERSITY
4TH YEAR STUDENT



The increasing global population and widespread industrialization continuously raise the demand for energy. The limited reserves and environmental impacts of fossil fuels have directed the energy sector towards more sustainable and eco-friendly solutions. In this context, the future of energy is being shaped by the demand for environmentally friendly and sustainable energy sources along with technological advancements. In this article, advancements in key areas such as renewable energy sources, energy storage technologies, smart grids and energy efficiency will be discussed, highlighting crucial points that will shed light on the future vision of the energy sector.

The importance of technological advancements in the energy sector is increasingly growing in today's world. These developments bring significant benefits in many areas, from energy production to consumption. Progress in fields such as renewable energy sources, transformation of fossil fuels, energy efficiency and conservation technologies in shaping the future of the energy sector. These technologies support both environmental sustainability and provide economic benefits.

Renewable Energy Sources:

Renewable energy sources are one of the most significant trends in the future of energy. Environmental issues stemming from fossil fuels and concern about energy security have accelerated the development of renewable energy sources. Renewable energy sources such as solar energy, wind energy, and hydroelectric power hold great potential for future energy production.

Solar energy, wind energy, hydroelectric power, biomass, and geothermal energy offer significant advantages in terms of sustainability such as low carbon emissions and unlimited natural use. The decrease in costs of photovoltaic cells in solar energy and the increased efficiency of wind turbines have facilitated the wider adoption of these sources. [1]

The transformation of fossil fuels and the reduction of carbon footprint also hold great importance in the energy sector. Reducing carbon emissions is a critical factor in addressing significant issues like climate change and environmental pollution. The widespread use of renewable energy sources and carbon-neutral energy production contribute to building a sustainable future in the energy sector.

The Technologies of Energy Storage:

The variable nature of renewable energy sources has increased the need for energy storage technologies. Energy storage allows for storing excess generated energy and using it when needed. Next-generation storage solutions such as lithium-ion batteries, hydrogen storage and liquid salt storage have made significant advancements in the field of energy storage. [2]

Smart Grids:

Smart grids are networks where the entire system, from energy production to consumption, is integrated and managed automatically. These grids enhance energy efficiency, regulate energy consumption and securely distribute energy. Additionally, they minimize costs throughout this process. Advances in sensor technology, data analytics and communication technologies have enabled the realization of smart grids. [3],[4]

Energy Efficiency:

Energy efficiency is one of the most effective ways to reduce energy demand. Evolving technologies and increasing awareness enable buildings, transportation and industries to become more efficient. Developments such as LED lighting, high-efficiency insulation materials and energy-efficient production processes are taking significant steps towards enhancing energy efficiency. [5]

The future of energy, along with evolving technologies and followed trends, is becoming more sustainable and environmentally friendly. Renewable energy sources, energy storage technologies, smart grids and energy efficiency constitute the fundamental pillars of transformation in the energy sector. With the proliferation of these technologies and decreasing costs, we are moving towards a cleaner, safer and more economical future in the energy sector.

RESOURCES:

- [1] Jacobson, M. Z., ve Delucchi, M. A. (2011). Providing all global energy with wind, water, and solar power, Part I: Technologies, energy resources, quantities and areas of infrastructure, and materials. *Energy Policy*, 39(3), 1154-1169.
- [2] Chu, S., ve Majumdar, A. (2012). Opportunities and challenges for a sustainable energy future. *Nature*, 488(7411), 294-303.
- [3] Liu, Y., ve Lund, H. (2018). Large-scale integration of wind and solar power into the Nordic electricity system: Temporal and spatial balancing of energy and reserves. *Applied Energy*, 222, 872-886.
- [4] What are smart grids? <https://www.ica.org/energy-system/electricity/smart-grids> (Accessed On: 20.07.2023)
- [5] Başaran, T., & Aksoy, U. T. (2021). Energy Efficiency and Its Importance in Sustainable Development: A Review. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 11(1), 262-267.

AYNI ENERJİNİN FARKLI ÜRÜNLERİ

RABİA YOZGATLI - ANKARA ÜNİVERSİTESİ 4. SINIF ÖĞRENCİSİ

Enerji, Eski Yunanca'da "bir şey yapmak" ya da "bir şey olmak" anlamını taşıyan "energeia" kelimesinden türetilmiştir. Fizik bilimi ise en basit hali ile enerjiyi "bir iş yapabilme potansiyeli" olarak tanımlar [1]. Enerjiyi çeşitli sınıflandırmalar ile alt gruplara ayırmak mümkündür. Temelde, yenilenebilir ve yenilenemez enerji olarak ikiye ayrılabilir. Yenilenebilir enerji; doğal bir çevrim sürecinde aynen kalabilen, kullanılmasına rağmen azalmayan, tükenmeyen enerji, yenilenemeyen enerji ise bir kez kullanıldığında kendini yenileyemeyen enerji olarak tanımlanabilir [2].

Evrenin yapı taşlarından biri olan enerji, aynı zamanda canlıların hayatlarını sürdürebilmeleri için ihtiyaç duydukları hayati gereksinimlerinden biridir. İnsan vücudunda hücrelerin enerji ihtiyacını mitokondri adındaki yapı sağlar. Mitokondrinin sağladığı enerji vücutta üretilen enerjinin %95'ine karşılık gelmektedir. Bu enerji; hücrelerin gelişmesi, büyümesi, çoğalması gibi işlevler için kullanılır [3]. Enerjinin üretimi, depolanması ve kullanımı sistematik ve dengelidir. Termodinamik yasalarının da ortaya koyduğu üzere enerji yoktan var edilemediği gibi var olan enerji de yok edilememektedir. Enerji işin yalnızca bir dönüşüm söz konusudur.

Bu yazımda enerjiyi daha felsefi bir yaklaşımla ele alarak size yeni bir bakış açısı için küçük bir pencere aralamak istiyorum. Hayatımızın sürdürebilmemizi sağlayan şeyin enerji olduğunu biliyoruz. Bu bilgiyi temel alarak insanın bir enerji ürünü olduğunu varsayalım. Enerjinin ürünü oluşumuza göre yoktan var olamaz veya varken yok edilemeyiz. Bu noktada yıllardır bilimin en temel arayışlarından biri olan, "Enerji nasıl var oldu, nerden geldi?" sorularını bir kenara bırakmanızı istiyorum. Enerjinin bir noktada var olmaya başladığı ve bizim de enerjinin bir ürünü olarak var olduğumuz varsayımı üzerinden düşünmeye devam edeceğiz.

Sizin var olmanızın sebebinin anne ve babanızın sahip olduğu enerji olduğunu söyleyelim. Ebeveynleriniz enerjisi başka bir enerjiye dönüşerek sizin var olmanıza sebep oldu. Siz hayatınız boyunca sürdürebilirliğinizi devam ettirmek için etrafınızdaki enerjiyi değiştirmeye ve dönüştürmeye devam ettiniz. Yaşam döngünüzün sonuna geldiğinizde sahip olduğunuz enerjiyi dönüştürmeye devam ederek diğer moleküllere aktardınız. Böylece yeni bir yaşam döngüsü oluşturmuş oldunuz. Enerjinizi dönüştürerek yeni bir enerji formunda varlığınızı sürdürmeye devam ettiniz. Bu varsayımımıza göre; hepimizin bir noktada var olmaya başlayan ve farklı formlara dönüşerek bizim var olmamızı sağlayan enerjinin bir ürünü olduğumuzu söylememiz mümkün olabilir. Bu da bazı insanları kendimize daha yakın görmemizi ve daha derin bağlar kuramızın temel sebebi olarak gösterilebilir. Fakat şunu unutmamamız gerekir ki, bir enerji birden fazla forma dönüşebilir ve farklı amaçlar için kullanılabilir. Örneğin; bitkiler güneş enerjisini fotosentez ile kimyasal bağ enerjisine dönüştür ve yaşamsal faaliyetleri için kullanırlar, biz insanlar ise güneş enerjinin paneller aracılığı ile elektrik enerjisine dönüştürür ve bu dönüştürdüğümüz enerjiyi de elektronik cihazları çalıştırmak için kullanıyoruz. Öyleyse, bizi birbirimizden ayıran şeyin de geçirdiğimiz değişim ve dönüşümlerin farklı olması olarak açıklayabiliriz. Sonuç olarak; bazı farklılıklarımız olsa da hepimiz aynı enerjinin ürünleriyiz. Hepimiz farklı bir önem arz ediyoruz ve hiçbirimiz birbirimizden üstün değiliz. Çünkü yaptığımız varsayımımıza göre hepimizin birbirine dönüşebilme ihtimali ve şansı var. Lütfen çevrenizdeki insanları farklılıkları nedeniyle ayırtırmaya ve soyutlamaya çalışmak yerine ortak noktalar bulmayı deneyin. Sahip olduğunuz enerjiler farklı frekanslara sahip olabilir ya da enerjilerinizi farklı amaçlar uğruna kullanıyor olabilirsiniz. Bu sizi daha önemli ya da karşınızdaki insandan daha önemsiz kılmıyor. Bunu unutmamaya çalışın...

KAYNAKÇA:

[1] Übelacker, E. Neden ve Nasıl Cilt 2-Enerji. Tudem Yayınları, 2005, s. 4-5.

[2] Kaya, K., Şenel, M. C. & Koç, E. (2018). Dünyada ve Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Değerlendirilmesi. Technological Applied Sciences, 13 (3), 219-234.

[3] Coşkun, A. 2011, "Hücrenin Enerji Santrali Mitokondri," Bilim ve Teknik, Nisan, 521, s. 76-79.

DIFFERENT PRODUCT OF THE SAME ENERGY

RABİA YOZGATLI - ANKARA UNIVERSITY 4TH YEAR STUDENT

Energy is derived from the Ancient Greek word 'energia', which means 'to do' or 'to be'. In physics, energy is defined as the 'capacity to do work' [1]. Energy can be classified into various subgroups. Essentially, it can be divided into renewable and non-renewable energy. Renewable energy refers to the type of energy that can be sustained in a neutral cycle, does not deplete with use and is inexhaustible. On the other hand, non-renewable energy can be defined as energy that cannot replenish itself once used [2].

Energy, one of the building blocks of the universe, is also vital necessity for living organisms to sustain their lives. In the human body, the energy needs of cells are provided by a structure called mitochondria. The energy supplied by mitochondria accounts for about 95% of the energy product in the body. This energy is utilized for functions such as cell development, growth and reproduction [3]. The production, storage and utilization of energy are systematic and balanced. As the laws of thermodynamics state, energy cannot be created out of nothing and existing energy cannot be destroyed. Energy only undergoes a transformation in any given process.

In this paragraph, I would like to approach energy from a more philosophical perspective and open a small window for a new point of view. We know that energy is what enables us to sustain our lives. Let's assume, based on this knowledge, that humans are products of energy. As the products of energy, we cannot come into existence out of nothing or be destroyed when we already exist. At this point, I urge you to set aside one of the most fundamental quests of science for years: the question of "How did energy come into existence, where did it come from?" We will continue to ponder based on the assumption that energy began to exist at some point and we ourselves exist as products of energy.

Let's say that the reason for your existence is the energy possessed by your parents. Your parents' energy transformed into another form of energy, which led to your existence. Throughout your life, you have continued to change and transform the energy around you for your sustainability. When you reach the end of your life cycle, you continue to transform the energy you possess and pass it onto other molecules. In this way, you create a new cycle of life. You have continued to sustain your existence by transforming your energy into a new form of energy. According to this assumption, it is possible to say that we all are products of energy that started to exist at some point and enabled our existence by transforming into different forms. This could be seen as a reason for feeling closer to each other and forming deeper connections with others. However, we must not forget that energy can transform into multiple forms and can be used for different purposes. For instance, plants convert solar energy into chemical bond energy through photosynthesis and use it for their vital activities, while we humans convert solar energy into electrical energy through solar energy panels and use this transformed energy to operate electronic devices. Therefore, we can explain that the thing that sets us apart from each other is the differences in the changes and transformations we undergo. In conclusion, despite some differences, we are all products of the same energy. We all hold equal significance and none of us is superior to others. According to the assumption we have made, we all have the possibility and chance to transform into one another. Please try to find common ground with the people around you instead of trying to segregate and abstract them based on their differences. Your energies may have different frequencies or you might be using your energies for different purposes. However, this does not make you more important or the other person less significant. Try not to forget this.

RESOURCES:

[1] Übelacker, E. Neden ve Nasıl Cilt 2-Enerji. Tudem Yayınları, 2005, s. 4-5.

[2] Kaya, K., Şenel, M. C. & Koç, E. (2018). Dünyada ve Türkiye'de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Değerlendirilmesi. Technological Applied Sciences, 13 (3), 219-234.

[3] Coşkun, A. 2011, "Hücrenin Enerji Santrali Mitokondri," Bilim ve Teknik, Nisan, 521, s. 76-79.

KARBON YAKALAMA VE DEPOLAMA (CCS): FOSİL YAKITA DAYALI ENERJİ ÜRETİMİNDEN KAYNAKLANAN EMİSYONLARIN AZALMASI

Kömür, doğal gaz ve petrol gibi kaynaklardan enerji üretiminde fosil yakıtlar yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu süreçte meydana gelen CO₂ emisyonları, sera gazı oluşturarak küresel ısınma ve iklim değişikliğine yol açar.

Son birkaç yılda CCS teknolojileri daha güçlü iklim hedefleri ve finansal teşvikler sayesinde yeni bir ivme kazanmıştır. Küresel ısınmanın risk ve etkilerini azaltmak amacıyla Türkiye'nin de içinde bulunduğu 200'e yakın ülke, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi (BMİDÇS) kapsamında düzenlenen Paris İklim Anlaşması'na imza atmıştır [1]. Bu sözleşmeyle birlikte küresel sıcaklık artışı, sanayi öncesi seviyeye kıyasla 1.5 °C ile sınırlandırılmıştır. Küresel ısınmayı bu seviyede sınırlamak için, nötr bir karbon dengesine ve 2050 itibarıyla "net sıfır" CO₂ salınımlarından O₂ elde edilmesine ihtiyaç vardır [1]. 2050 karbon nötr hedefi doğrultusunda geliştirilen teknolojilerden birisi de Karbon Yakalama ve Depolama (Carbon Capture and Storage) (CCS) teknolojisidir [2].

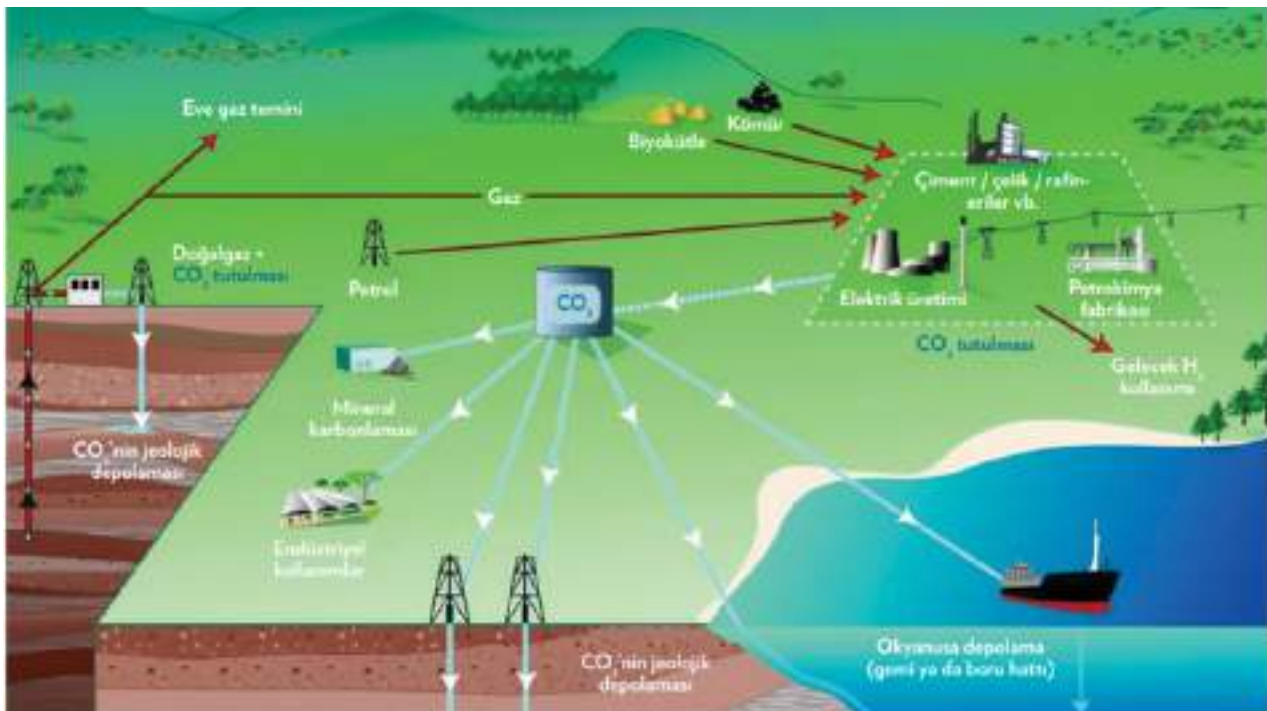
Karbon Yakalama ve Depolama (CCS), fosil yakıtların ve biyokütle kullanıldığı tesislerde veya endüstriyel üretim tesislerinde salınan CO₂'i yakalamak ve depolamak için kullanılan bir teknolojidir.

Uluslararası Enerji Ajansı raporunda CCS projelerinin, karbondioksit yayılımını neredeyse beşte bir oranında; iklim krizi ile mücadeledeki maliyeti ise %70 oranında azaltabileceği belirtilmiştir [2].

CCS teknolojilerinin optimize edilmesi için şu kararların doğru bir şekilde verilmesi gerekmektedir; CO₂'nin hangi kaynaklardan ve ne kadar yakılacağı, CO₂ yakalamak için hangi teknolojilerin kullanılacağı, boru hatlarının nereye inşa edileceği ve çaplarının ne kadar olacağı, hangi rezervuarlarda CO₂ depolanacağı ve ne kadar CO₂ enjekte edileceği, kaynak ve rezervuar arasındaki dağıtım ağının nasıl olacağı ve yakalanan CO₂'in hangi kullanım alanlarında değerlendirilebileceği [3].

CO₂ yakalama ve depolama teknolojileri; karbon yakalama, belirli basınca kadar sıkıştırma, belirli bir bölgeye taşıma ve yakalanan CO₂'in depolanması gibi birçok teknolojinin kombinasyonunu içerisinde barındırır [4].

Karbondioksit yakalama işlemi başlıca üç yöntemle yapılır. Bunlar, yanma sonrası yakalama (post-combustion), yanma öncesi yakalama (pre-combustion) ve oksijen-yakıt yanma (oxy-fuel combustion) teknolojileridir [4].



1. Yanma Sonrası Karbondioksit Yakalama: Yanma sisteminde herhangi bir değişiklik yapılmadan, yakıtın yanmasından sonra çıkan baca gazından karbondioksitin uzaklaştırılması prensibine dayanır [6].

Bu sistemde absorpsiyon (kimyasal ve fiziksel çözücüler), adsorpsiyon (aktif karbon vb.), membranlar, metal organik yapılar, enzim bazlı sistemler gibi birçok farklı ayırma teknolojisi kullanılır [7]. Kullanılan çözücü madde, CO₂'den ısı kullanarak ayrıştırılır ve geri dönüştürülerek yeniden kullanıma sokulur. Uzaklaştırılan CO₂ ise yerin altında, kayalarda depolanır [8].

2. Yanma öncesi Karbondioksit Yakalama: Yakıt, buhar ve hava veya oksijen ile reaksiyona girer ve genellikle syngas (sentez gaz) olarak adlandırılan bir karbonmonoksit ve hidrojen karışımına dönüştürülür. Bu teknikte karbon, sentez gazı yanmadan önce fiziksel veya kimyasal absorpsiyon yöntemleriyle ayrıştırılır ve depolanır [9].

3. Oksi-Yakıt Yanma ile Karbondioksit Yakalama: Ana prensip, yanma olayı için hava yerine oksijen kullanılmasıdır. Baca gazı temel olarak su buharı ve CO₂'den oluşur ve böylece CO₂ ayrışması için gereken enerji tüketimi azalır [9].

Yakalanan CO₂, taşıma işleminde sıkıştırılır ve uygun bir depolama alanına veya kullanım tesisine nakledilir. Karbondioksitin taşınması; boru hattı ile, gemi tankeri ile, kara tankeri ya da trenler ile yapılabilmektedir [10].

CO₂'in, yeterli gözeneklilik, geçirgenlik ve güvenlik ile özenle seçilmiş yeraltı gözenekli kaya oluşumlarında kalıcı olarak depolanması gerekir. Depolama derinlikleri tipik olarak 1-5 km arasındadır. CO₂'in enjekte edildikten sonra sızma riski çok küçüktür ve araştırmalar CO₂'in %98' inin 10.000 yıl boyunca hapsolmuş halde kalabileceğini göstermektedir [6].

Yeraltı tuzlu oluşumları, kömür çıkarılmayan yeraltı kömür ocakları, gelişmiş petrol geri kazanım sahaları (EOR) ve tükenmiş petrol ve doğal gaz sahaları jeolojik depolama için uygun alanlardır [11].

CCS teknolojisinin maliyetinin yüksek olması sebebiyle depolanan karbonun bir kısmı kullanılmak üzere dönüştürülmektedir. Böylece bu teknolojinin maliyeti düşürülebilir.

Yakalanan karbonun başka bir kullanım amacıyla dönüştürülmesi teknolojisine de Karbon Yakalama, Kullanma ve Depolama Teknolojileri (CCUS) adı verilmektedir [2].

CCUS teknolojisiyle yakalanan CO₂; gelişmiş petrol geri kazanımında (EOR), diğer petrol ve doğal gaz endüstrisi uygulamalarında, gıda işleme, muhafaza ve paketlenmede, kahve kafeinsizleştirmede, selüloz ve kağıt işlemede, çelik imalatında, kömür yataklarında metan gazının üretiminde, kimya endüstrisinde metanol ve üretilmesinde, yangın tüplerinde ve yangın söndürme sistemlerinde, dondurulmuş gıda meyve ve sebze stoklanması ve muhafazasında, madenlerde patlayıcı maddelerin soğutulmasında, tehlikeli sıvıların transferinde ve daha birçok uygulama alanında kullanılmaktadır [12]



KAYNAKÇA:

- [1] Güllü, G. ve Akdağ, A. S. "Net Sıfır" Hedefinde Karbon Yakalama, Kullanım ve Depolama Teknolojilerinin Yeri. Çevre, Şehir ve İklim Dergisi. Ocak 2022, 1, s. 62-79.
- [2] Kumcu, Sena ve Özyörük, Bahar. Sürdürülebilir yeşil bir kalkınma için salınan karbonun yakalanması, depolanması ve kullanımına yönelik bir araştırma. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi. 2023, Cilt 12, 2, s. 386-394.
- [3] Middleton, Richard S. and Bielicki, Jeffrey M. A scalable infrastructure model for carbon capture and storage. SimCCS, Energy Policy, 3, 2009, 37, pp. 1052-1060.
- [4] Coşkun, Tuba. Dolaşım Akişkan Yatak Sisteminde Türk Linyitlerinin Oksijene Zengin Ortamda Yakılması ve CO₂ Tutulumunun Tekno-Ekonomik Analizi. Enerji Sistemleri Anabilim Dalı, Karabük Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü. 2020. Doktora Tezi.
- [5] IPCC Special Report: Carbon Dioxide Capture and Storage. Rubin, E., Meyer, L., de Coninck, H., Abanades, J. C., Akai, M., Cambridge, United Kingdom and New York : s.n., 2005. Cambridge University Press.
- [6] Climate change: science and solutions, Carbon dioxide capture and storage: A route to net zero for power and industry. The Royal Society. [Online] May 19, 2021. [Erişim Tarihi: 18.07.2023.] <https://royalsociety.org/topics-policy/projects/climate-change-science-solutions/>.
- [7] Çeliktaş, Berk. Oksi Yanma Şartlarında Oluşan Karbondioksitin Soğutma/Sıkıştırma Yöntemiyle Tutulması Üzerine Deneysel Çalışmalar. Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul Teknik Üniversitesi. İstanbul : yazarı bilinmiyor, 2016. Yüksek Lisans Tezi.
- [8] Karbon Yakalama Teknolojisi Nedir? Dünyayı Nasıl İyileştirebilir? SOCAR. [Çevrimiçi] 18 Aralık 2022. [Erişim Tarihi: 18.07.2023.] <https://www.socar.com.tr/blog/3/karbon-yakalama-teknolojisinin-nedir#:~:text=%2D%20Yapay%20%2F%20jeolojik%20karbon%20yakalama%20ve,nin%20yakalanmas%C4%B1%20ve%20yeralt%C4%B1nda%20depolanmas%C4%B1.>
- [9] Cormos, Calin-Cristian. Oxy-combustion of coal, lignite and biomass: A techno-economic analysis for a large scale Carbon Capture and Storage (CCS) project in Romania. Fuel. April 1, 2016, 169, pp. 50-57.
- [10] Lu, Hongfang, et al. Carbon dioxide transport via pipelines: A systematic review. Journal of Cleaner Production. September 1, 2020, 266.
- [11] Accelerating the uptake of CCS: industrial use of captured carbon dioxide. Global CCS Institute. [Online] December 20, 2011. [Erişim Tarihi: 20.07.2023] <https://www.globalccsinstitute.com/resources/publications-reports-research/accelerating-the-uptake-of-ccs-industrial-use-of-captured-carbon-dioxide/>.
- [12] Zhang, Zhien, et al. Recent advances in carbon dioxide utilization. Renewable and Sustainable Energy Reviews. June 2020, 125.

CARBON CAPTURE AND STORAGE (CCS): REDUCING EMISSIONS FROM FOSSIL FUEL-BASED ENERGY PRODUCTION

In energy production from sources such as coal, natural gas and oil, fossil fuels are widely used. During this process, the CO₂ emissions that occur contribute to the greenhouse effect, leading to global warming and climate change.

In recent years, CCS Technologies have gained new momentum due to stronger climate targets and financial incentives. Nearly 200 countries, including Turkey, have signed the Paris Climate Agreement, which was organized under the United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC), to reduce the risks and impacts of global warming [1]. With this agreement, global temperature increase has been limited to 1.5 °C compared to preindustrial levels. To limit global warming to this level, achieving a carbon-neutral balance and obtaining O₂ from “net zero” CO₂ emissions by 2050 are necessary [1]. One of the technologies developed in line with the 2050 carbon-neutral target is Carbon Capture and Storage (CCS) technology [2].

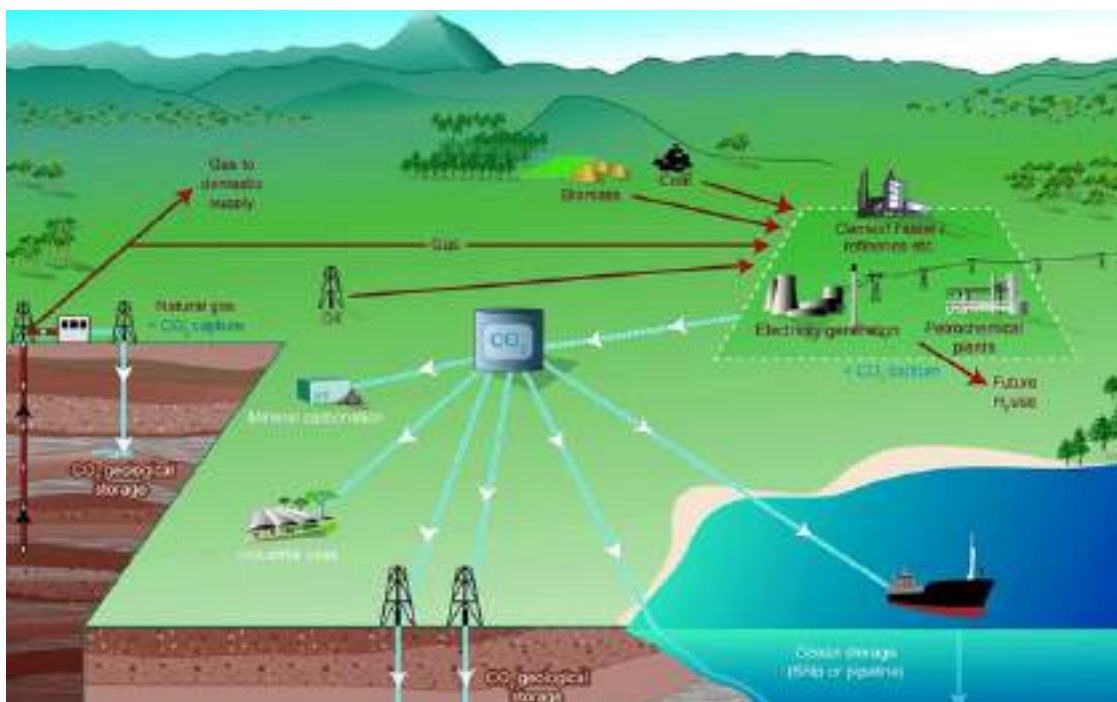
Carbon Capture and Storage (CCS) is a technology used to capture and store CO₂ emitted from facilities using fossil fuels and biomass or from industrial production facilities.

According to the International Energy Agency report, CCS projects are said to reduce carbon dioxide emissions by almost one-fifth and could lower the cost of combating the climate crisis by 70% [2].

To optimize CCS Technologies, the following decisions need to be made accurately: determining the sources and amounts of CO₂ to be captured, selecting the technologies for CO₂ capture, deciding where and what size pipelines will be constructed, identifying the reservoirs for CO₂ storage and the amount of CO₂ to be injected, planning the distribution network between the sources and reservoirs, and determining the potential utilization areas for the captured CO₂ [3].

CO₂ capture and storage technologies encompass a combination of various techniques, including carbon capture, compression up to a specific pressure, transportation to a designated area, and storage of the captured CO₂ [4].

Carbon dioxide capture is primarily performed through three main methods: post-combustion capture, pre-combustion capture, and oxy-fuel combustion technologies [4].



1. Post-Combustion Carbon Dioxide Capture: It is based on the principle of removing carbon dioxide from the flue gas emitted after the combustion of fuel without making any changes to the combustion system.

In this system, various separation technologies such as absorption (chemical and physical solvents), adsorption (activated carbon, etc.), membranes, metal-organic frameworks, and enzyme-based systems are used [7]. The solvent used is regenerated by separating it from CO₂ using heat and then recycled for reuse. The captured CO₂ is stored underground in geological formations [8].

2. Pre-Combustion Carbon Dioxide Capture: The fuel reacts with steam and air or oxygen, typically converting into a mixture of carbon monoxide and hydrogen known as syngas (synthesis gas). In this technique, carbon is separated and captured from the syngas before it undergoes combustion through physical or chemical absorption and is then stored [9].

3. Carbon Dioxide Capture with Oxy-Fuel Combustion: The main principle is the use of oxygen instead of the air combustion process. The fuel gas primarily consists of water vapor and CO₂ thereby reducing the energy consumption required for CO₂ separation [9].

The captured CO₂ is compressed during the transportation process and then conveyed to a suitable storage site or utilization facility. The transportation of carbon dioxide can be done through pipelines, tanker ships, road tankers or trains [10].

CO₂ needs to be permanently stored in carefully selected underground porous rock formations with sufficient porosity, permeability and security. Storage depths typically range from 1 to 5 km. After injection, the risk of leakage is very low and research indicates that around 98% of the injected CO₂ can remain trapped for 10,000 years [6]. Underground saline formations, abandoned underground coal mines, advanced oil recovery fields (EOR) and depleted oil and natural gas fields are suitable areas for geological storage [11].

Due to the high cost of CCS technologies, a portion of the stored carbon is converted for utilization, thus reducing the overall cost of the technology. The process of converting captured carbon for another use is known as Carbon Capture, Utilization and Storage (CCUS) technologies [2].

CO₂ captured through CCUS technology is used in various applications, including advanced oil recovery (EOR), other oil natural gas industry applications, food processing, preservation and packaging, decaffeination of coffee, cellulose and paper processing, steel manufacturing, methane gas production in coal beds, methanol and urea production in the chemical industry, preservation, cooling of explosives in mines, transfer of hazardous liquids and many other application areas [12].



REFERENCES:

- [1] Güllü, G. ve Akdağ, A. S. "Net Sıfır" Hedefinde Karbon Yakalama, Kullanım ve Depolama Teknolojilerinin Yeri. Çevre, Şehir ve İklim Dergisi. Ocak 2022, 1, s. 62-79.
- [2] Kumcu, Sena ve Özyörük, Bahar. Sürdürülebilir yeşil bir kalkınma için salınan karbonun yakalanması, depolanması ve kullanımına yönelik bir araştırma. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi. 2023, Cilt 12, 2, s. 386-394.
- [3] Middleton, Richard S. and Bielicki, Jeffrey M. A scalable infrastructure model for carbon capture and storage. *SimCCS, Energy Policy*, 3, 2009, 37, pp. 1052-1060.
- [4] Coşkun, Tuba. Dolaşım Akışkan Yatak Sisteminde Türk Linyitlerinin Oksijen Zengin Ortamda Yakılması ve CO₂ Tutulumunun Tekno-Ekonomik Analizi. Enerji Sistemleri Anabilim Dalı, Karabük Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü. 2020. Doktora Tezi.
- [5] IPCC Special Report: Carbon Dioxide Capture and Storage. Rubin, E., Meyer, L., de Coninck, H., Abanades, J. C., Akai, M., Cambridge, United Kingdom and New York : s.n., 2005. Cambridge University Press.
- [6] Climate change: science and solutions. Carbon dioxide capture and storage: A route to net zero for power and industry. The Royal Society. [Online] May 19, 2021. [Accessed On: July 18, 2023.] <https://royalsociety.org/topics-policy/projects/climate-change-science-solutions/>.
- [7] Çeliktaş, Berk. Oksi Yanma Şartlarında Oluşan Karbondioksit Soğutma/Sıkıştırma Yöntemiyle Tutulması Üzerine Deneysel Çalışmalar. Fen Bilimleri Enstitüsü Kimya Mühendisliği Anabilim Dalı, İstanbul Teknik Üniversitesi. İstanbul : yazarı bilinmiyor, 2016. Yüksek Lisans Tezi.
- [8] Karbon Yakalama Teknolojisi Nedir? Dünyayı Nasıl İyileştirebilir? SOCAR. 18 Aralık 2022. [Accessed On: 18 Temmuz 2023.] <https://www.socar.com.tr/blog/3/karbon-yakalama-teknolojisi-nedir#:~:text=%2D%20Yapay%20%2F%20jeolojik%20karbon%20yakalama%20ve,nin%20yakalanmas%C4%B1%20ve%20yeralt%C4%B1nda%20depolanmas%C4%B1.>
- [9] Cormos, Calin-Cristian. Oxy-combustion of coal, lignite and biomass: A techno-economic analysis for a large scale Carbon Capture and Storage (CCS) project in Romania. *Fuel*. April 1, 2016, 169, pp. 50-57.
- [10] Lu, Hongfang, et al. Carbon dioxide transport via pipelines: A systematic review. *Journal of Cleaner Production*. September 1, 2020, 266.
- [11] Accelerating the uptake of CCS: industrial use of captured carbon dioxide. Global CCS Institute. [Online] December 20, 2011. [Accessed On: July 20, 2023.] <https://www.globalccsinstitute.com/resources/publications-reports-research/accelerating-the-uptake-of-ccs-industrial-use-of-captured-carbon-dioxide/>.
- [12] Zhang, Zhien, et al. Recent advances in carbon dioxide utilization. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. June 2020, 125.

10 MİLYARLIK KÂR

Yenilenebilir enerjinin günümüzde ne kadar önem arz ettiğini hepimiz biliyoruz. Gerek Covid-19 salgınının normalleşme süreci, gerek Rusya-Ukrayna savaşı gibi etmenler yüzünden enerji tüketimi ve enerjiye ulaşım yolları çalkantılı süreçler geçirdi. Türkiye, bu konuda dışa bağılılığından dolayı gelişmiş ülkelere nazaran daha çok etkilendi. Bu durum ülkemizin ekonomisini de oldukça etkiledi. Gün geçtikçe artan enerji ihtiyacımızı sadece kömür, petrol gibi tükenme sorunuyla karşı karşıya olan enerji kaynaklarıyla karşılamak akıllıca bir hareket olmayacaktır. Bu nedenle rüzgar, güneş enerjisi gibi yenilenebilir enerji kaynaklarını “nasıl, ne kadar kullanacağız?” gibi sorular asla gündemimizden düşmüyor, düşmemeli de.

Ekonomiden de bahsetmişken yenilenebilir enerjiye katkıda bulunmak adına kurulmuş SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi, 2023 yılında bir rapor yayınladı. Bu rapor, 2022 yılında rüzgar ve güneş enerjileri kullanımının iki kat artması durumunda 10 milyar dolarlık tasarruf yapılabileceğini ortaya koydu.

Raporda iki farklı senaryo bulunuyor: birincisi rüzgar ve güneş enerjisinin fazla olduğu; ikincisi rüzgar ve güneş enerjisinin olmadığı senaryo. Bu iki durum geniş çerçevelerden değerlendirip ekonomik ve çevre sağlığı bakımından ülkemize etkileri kıyaslanmıştır.

Rüzgar ve güneş ile enerji üretimi artırıldığında piyasa maliyet fiyatları, reel fiyatlardan %24 daha az bir yol seyretilmiş. Bu senaryoda rüzgar ve güneş enerjisi üretiminin artmasıyla ithal yakıt maliyetinde önemli bir düşüş gözlenmiş, sübvansiyon* maliyetleri de bu senaryoda azalmıştır.

Yazılanları biraz rakamsallaştıralım:

- Rüzgar ve güneş enerjisinin olmadığı senaryoda 2,2 milyarlık sübvansiyon uygulanırken diğer senaryoda 1.2 milyar dolarlık masraftan kaçınarak 3,1 milyar dolar kar elde edilebiliyor. Bu maliyet 2022 yılı reel durumunda ise 1,9 milyar dolar olarak hesaplanmıştır.
- 2022 yılı için reel durumda, piyasa maliyetleri 2.257 TL/MWh seviyesinde gerçekleşirken, Rüzgâr ve Güneş'in Fazla Olduğu Senaryo'da 1.699 TL/MWh seviyesinde gerçekleşmiştir. Güneş ve rüzgâr olmadığı durumlarda aynı değer 2.338 TL/MWh'dir.

- Çalışmada dikkate alınan projeksiyon dönemi (2022), elektrik üretimi için ithal edilen yakıt için toplam 18,6 milyar dolar gerekiyor. Rüzgâr ve Güneş olmadığı durumlarda bu değer 21 milyar dolar seviyesindeyken, Rüzgâr ve Güneş olduğu durumlarda 8,3 milyar dolar seviyesindedir. [1]

Rapora biraz da çevresel faktörler açısından bakalım. Türkiye, 2053 net-sıfır karbon hedefi ve Paris Anlaşması kapsamındaki taahhütleri nedeniyle karbon emisyonlarında kısa, orta ve uzun vadede önemli azaltımlar sağlamak durumundadır. 2022 için model sonuçları incelendiğinde, Rüzgâr ve Güneşin Fazla Olduğu Senaryo için hesaplanan emisyonların %21,4 daha düşük olduğu ve Rüzgâr ve Güneşin Olmadığı Senaryo için hesaplanan emisyonların %32,4 daha yüksek olduğu görülmektedir.

Raporda göze çarpan başka bir detay ise reel durumun, Rüzgar ve Güneş Enerjisinin Olmadığı Senaryoyla benzerlik göstermesi. Günümüzde Türkiye, enerji ihtiyacının yaklaşık olarak %35'ini kömürle, %22'sini doğal gazla, %11'ini rüzgarla, %5'ini güneşle ve %3'ünü jeotermal enerji ile karşılamakta. Daha temiz ve refah bir ülkede yaşamak için yenilenebilir enerji kaynak kullanımını elimizden geldiğince artırmalıyız. Bu nedenle yatırımcı ve tüketiciler teşvik edilmelidir. Daha temiz günlerde yaşamak hepimizin elinde.

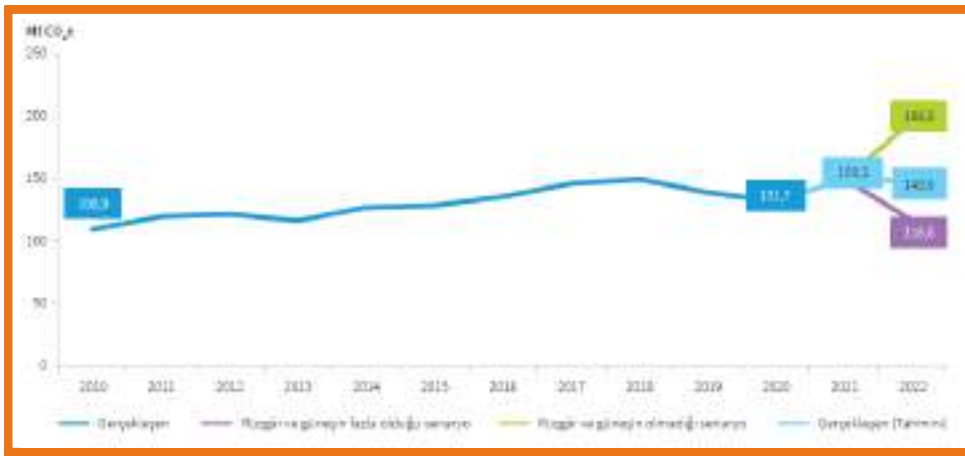
***Sübvansiyon: bir ürüne vb. devletçe yapılan para yardımı.**

Kaynakça:

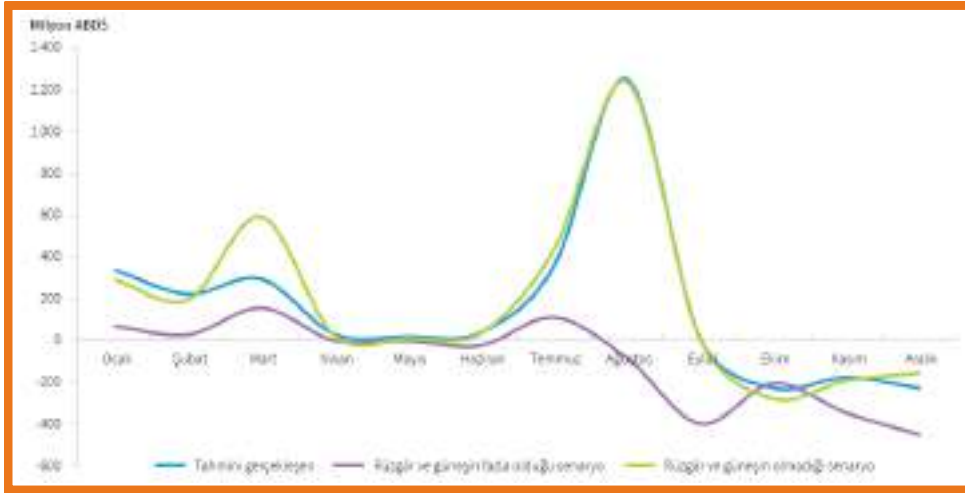
[1] H. Aksoy, S. Serhadlıoğlu, K. G. Bavbek, S. Sargın. (2023, May). Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Piyasasına Etkisi - 2022 Yılı Analizi. SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi.

Parametreler	Gerçekleşen	Rüzgar ve Güneşin Fazla Olduğu Senaryo	Rüzgar ve Güneşin Olmadığı Senaryo
Rüzgar ve Güneşin Üretimi Payı (%)	15,6	33,7	-
Doğal Gaz Üretimi Payı (%)	20,1	11,3	25,2
Kömürün Üretimi Payı (%)	34,3	28,5	45,6
Ortalama Piyasa Maliyeti (TL/MWh)	2.257,0	1.699,5	2.338,0
Toplam İthal Yakıt Maliyeti (Milyar ABD\$)	18.630	8.287	21.340
Elektrik Üretimi Kaynaklı Doğal Gaz Sübvansiyon Maliyeti (Milyar ABD\$)	1.000	1.201	2.238
Elektrik Üretimi Kaynaklı Toplam Emisyon Miktarı (milyon CO ₂ e)	148,8	116,0	193,3

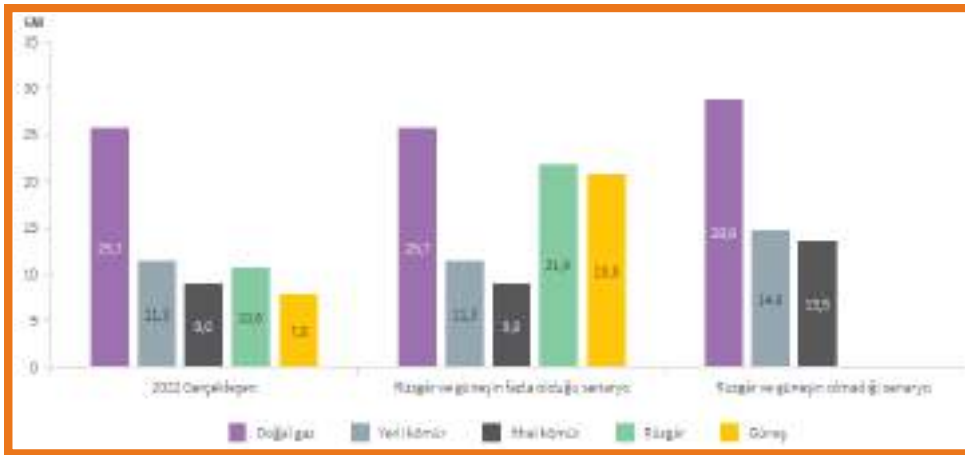
2022 yılı için gerçekleşmiş ve modellenmiş sonuçların parametrik karşılaştırması



Geçmiş dönemli gerçekleşen ve senaryolar kapsamında projekte edilen emisyon değerleri (mt CO2e)



2022 yılı için tahmini gerçekleşen ve modellenen aylık doğal gaz sübvansiyon maliyetleri



2022 yılı başı itibarıyla gerçekleşmiş ve modellenmiş kaynak bazlı kuruluş güç verileri

Kaynak	2022		
	Gerçekleşen*	Rüzgâr ve Güneşin Fazla Olduğu Senaryo	Rüzgâr ve Güneşin Olmadığı Senaryo
Doğal Gaz	72.536	36.389	75.138
İthal Kömür	52.481	43.211	66.170
Linyit	44.746	43.778	63.585
Azaltık Kömür	1.543	1.598	1.883
Taş Kömür	4.041	3.408	11.740
Faaliyet Halinde	5.007	-	-
Bazalt Hidroelektrik	47.003	47.003	47.003
Nehir Tipi Hidroelektrik	20.187	20.187	20.187
Rüzgâr	28.447	71.345	-
Güneş	15.404	39.723	-
Jeotermal	10.440	20.440	10.440
Diğer	9.077	9.077	9.077
Uluslararası	2.704	2.704	2.704
Toplam	328.709	328.799	328.709

2022 yılı için gerçekleşen ve modellenmiş kaynak bazlı elektrik üretim miktarları (GWh)

10 BILLION PROFIT

We all know how important renewable energy is in today's world. Due to factors like the Covid-19 pandemic's normalization process and events such as the Russia-Ukraine war, energy consumption and access to energy sources have undergone turbulent changes. Turkey, due to its external dependence, was more affected compared to more independently developed countries. This situation also significantly impacted the country's economy. Meeting our increasing energy needs solely with energy sources facing depletion issues like coal and oil wouldn't be a wise move. Therefore, questions like "how much and how will we use" renewable energy sources like wind and solar energy remain on our agenda and should continue to do so.

Speaking of the economy, SHURA Energy Transition Center, established to contribute to renewable energy, released a report in 2023. This report revealed that if the usage of wind and solar energy doubled in 2022, a saving of 10 billion dollars could be achieved.

The report presents two different scenarios: one where wind and solar energy are abundant and the other where they are absent. These two scenarios are evaluated within broad frameworks, comparing their effects on our country's economy and environmental health.

When the production of energy with wind and solar is increased, market cost prices have followed a path of 24% lower than real prices. In this scenario, a significant decrease in imported fuel costs has been observed with the increase in wind and solar energy production and subsidy costs have also decreased.

Let's put it in some numbers:

- In the scenario where wind and solar energy are absent, subsidies of 2.2 billion dollars are applied, while in the other scenario, a profit of 3.1 billion dollars can be obtained by avoiding a cost of 1.2 billion dollars. This cost was calculated to be 1.9 billion dollars in the real situation of 2022.
- For the real situation of 2022, market costs were realized at the level of 2,257 TL/MWh, while in the scenario of Abundant Wind and Solar, it was realized at the level of 1,699 TL/MWh. The same value when there's no wind and solar is 2,338 TL/MWh.

- Considering the projection period (2022) in the study, a total of 18.6 billion dollars is required for the imported fuel for electricity production. In the scenarios without Wind and Solar, this value is at the level of 21 billion dollars, while in the scenarios with Wind and Solar, it's at the level of 8.3 billion dollars.

Let's also look at the report from an environmental perspective. Due to Turkey's 2053 net-zero carbon target and commitments under the Paris Agreement, significant reductions in carbon emissions are necessary in the short, medium and long term. When model results for 2022 are examined, it's seen that emissions calculated for the Abundant Wind and Solar Scenario are 21.4% lower, while emissions calculated for the No Wind and Solar Scenario are 32.4% higher.

Another noteworthy detail in the report is the resemblance of the real situation to the scenario where Wind and Solar Energy are absent. Currently, Turkey meets approximately 35% of its energy needs with coal, 22% with natural gas, 11% with wind, 5% with solar, and 3% with geothermal energy. To live in a cleaner and more prosperous country, we should increase the use of renewable energy sources as much as possible. Therefore, investors and consumers should be encouraged. The possibility of living in cleaner days is in all our hands.

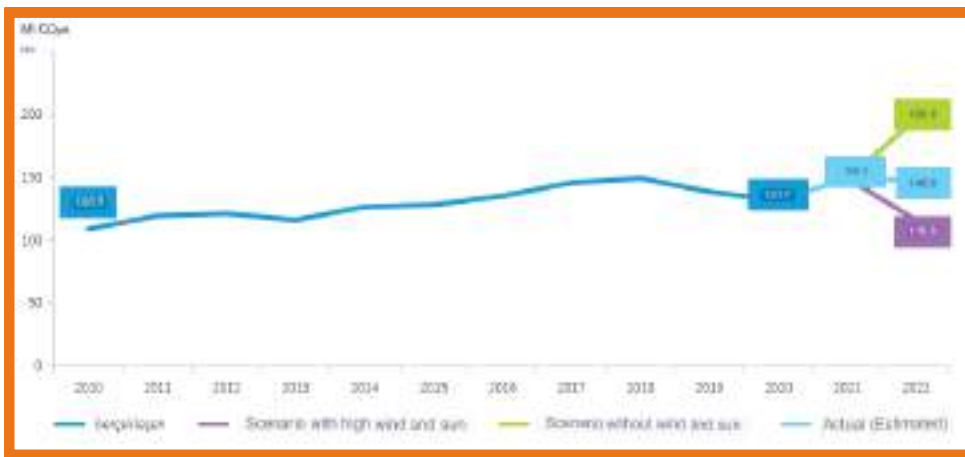
*Subsidy: Financial aid provided by the government for a product, etc.

References:

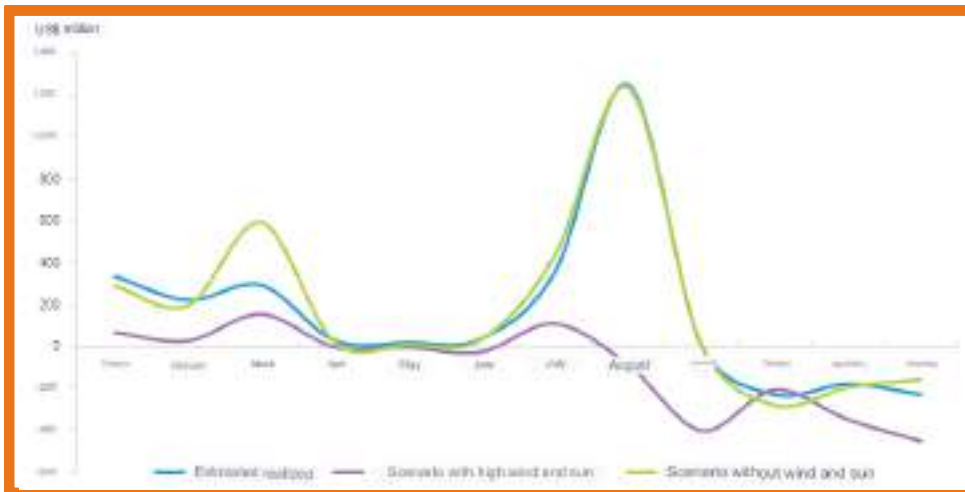
[1] H. Aksoy, S. Serhadıoğlu, K. G. Bavbek, S. Sargin. (2023, May). Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Piyasasına Etkisi - 2022 Yılı Analizi. SHURA Enerji Dönüşümü Merkezi.

	Realized	Scenario with Wind and Solar	Scenario with No Wind and Solar
Share of Natural Gas in Production (%)	44.1	38.1	44.1
Share of Natural Gas in Production (%)	44.1	41.2	44.1
Share of Coal in Production (%)	14.0	14.0	14.0
Average Market Cost (TL/MWh)	2257	1699	2338
Total Cost of Imported Fuel (US\$ Milliard)	17.9	8.3	21.4
Electricity Gas Subsidy Cost from Electricity Generation (US\$ Milliard)	1.9	0	2.2
Total Emissions from Electricity Generation (Mt CO ₂ e)	14.8	11.6	18.6

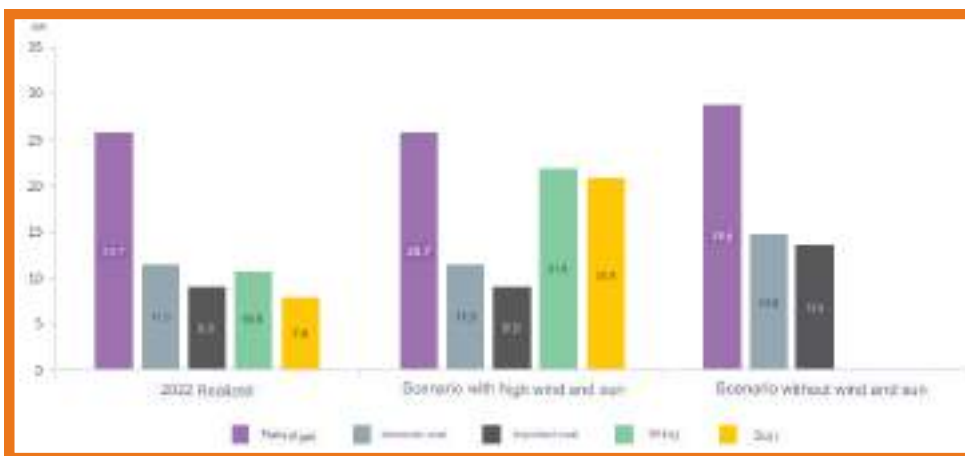
Parametric comparison of realized and modeled results for 2022



Emission values realized in the past and projected within the scope of the scenarios (mt CO2e)



Estimated actual and modeled monthly natural gas subsidy costs for 2022



Actual and modeled resource-based installed power data as of the beginning of 2022

Source	2022		
	Realized*	Scenario with 100 kWh Wind and Sun	Scenario Without Wind and Sun
Natural gas	32,336	36,865	46,130
Impaired Coal	62,267	43,074	46,130
Lignite	4,746	43,279	33,363
Anthracite Coal	1,386	1,386	1,386
Steam Coal	6,666	6,666	11,796
Feed Oil	1,000	-	-
Dam Hydroelectric	41,900	41,900	41,900
River Type Hydroelectric	26,700	21,000	26,700
Wind	26,447	71,146	-
Sun	6,444	34,700	-
Geothermal	18,344	6,444	18,344
Other	6,071	6,071	6,071
Unallocated	2,704	2,704	2,704
Total	208,798	220,700	228,798

Actual and modeled resource-based electricity generation amounts (GWh) for 2022

HİDROJEN DEPOLAMA YÖNTEMLERİ

Hidrojen... Evrenin kütlelerinin %75'ini oluşturan en hafif element.

Basit atomik yapısında çekirdeği bir adet proton ihtiva ederken nötronu yoktur. Kendisinden ağır diğer tüm elementlerin kaynağı, yıldızlarda gerçekleşen termonükleer füzyon reaksiyonlarının ise ham yakıtıdır. Keşfedilen evrendeki on atomdan dokuzunun hidrojen olduğu bilinmektedir. Fakat yer küremizde serbest haliyle (H₂) karşılaşmak düşük bir olasılıktır. Su ve organik moleküller başta olmak üzere hayati bileşiklerin yapısında sıklıkla karşılaştığımız bu elementi tek başına bulmak isteme sebebimiz ise neredeyse bir o kadar kritik: enerji çevrimine dahil etmek.

2000'li yılların başında, çevre sorunlarına ilişkin farkındalığın artmasıyla beraber, hidrojen üzerine yürütülen araştırmalar da önemli bir ivme kazanmıştır. Enerji taşıyıcısı olarak hidrojenin diğer tüm hammaddelerden daha fazla avantaja sahip olduğu ise artık su götürmez bir gerçek durumundadır. Sınırsız bollukta bir kaynak olmasının yanında kütleli nicelik başına en fazla enerji kapasitesine sahip olması ve kullanımı sonrası doğaya sadece su ya da su buharını atık olarak bırakması başlıca üstünlükleri olarak göze çarpmaktadır. Ekolojik dengenin altüst olma tehlikesiyle karşı karşıya olduğumuz ve iklim krizlerinin gündelik hayatın parçası haline geldiği bir çağdan geçmekteyiz. Bu bakımdan temiz enerjilere geçiş senaryoları, fosil yakıtlar tükenmeden gündeme gelmeye başladı.

Günümüz itibariyle saf hidrojen eldesini sağlayan yüzlerce metot mevcuttur. Halihazırda üretilen hidrojenin önemli bir kısmı fosil yakıt kaynaklıdır. Fakat bu tip üretim süreçlerinin atık kapasitesi, hidrokarbonların geleneksel yollarla yakıt olarak kullanılmasına göre çok daha düşük olmakla birlikte nispeten kontrol edilebilir kalmaktadır. Ayrıştırılan karbon atomlarının boş haldeki doğal gaz yataklarına ya da okyanus diplerine hapsedilmesi, zararlı atık tehlikesinin önüne geçebilecek başlıca alternatifler arasındadır. Bunun dışında rüzgâr ve güneş gibi yenilenebilir kaynaklardan elde ettiğimiz elektrik enerjisini depolamak için de hidrojen gayet uygun bir enstrümandır. Kullanım fazlası elektrik suyun elektrolizine yönlendirildiğinde saf hidrojen atomları sudan ayrıştırılır. Daha sonra ise arzu edilen çeşitli yollarla hidrojeni tekrar enerjiye dönüştürmek -geleneksel pillere ihtiyaç duymadan- mümkün olmaktadır.

Tüm bu bahsi geçen, gelecek adına umut vadeden fikirlerin nihayetinde karşımıza çıkan konu ise enerji taşıyıcısı olarak değerlendirmek istediğimiz hidrojenin, bu amaca uygun biçimde depolanması ve nakledilmesidir. Muhtemelen hidrojeni daha yaygın bir enerji kaynağı olarak kullanmamızın önündeki en büyük zorluklar bunlardır. Çünkü standart koşullarda hidrojen gazı, havanın 14,4 katı kadar yer kaplar ve yanıcı bir gazdır. Diğer yandan hidrojenin taşınması da geniş bir dağıtım ağı gerektirir. Hidrojen, boru hatları, boru römorkları ve gaz halindeki silindirlerin yanı sıra sıvı haldeki kriyojenik (<-140°C) tanklarla da taşınabilir. Her durumda, hidrojen dağıtım maliyetinin sıvı hidrokarbon yakıtlardan 15 kat daha pahalı olduğu tahmin edilmektedir [1]. Başlıca depolama yöntemlerine geçmeden önce, bu konuda ne tür bir tasnif kullanıldığı alttaki tablodan incelenebilir.

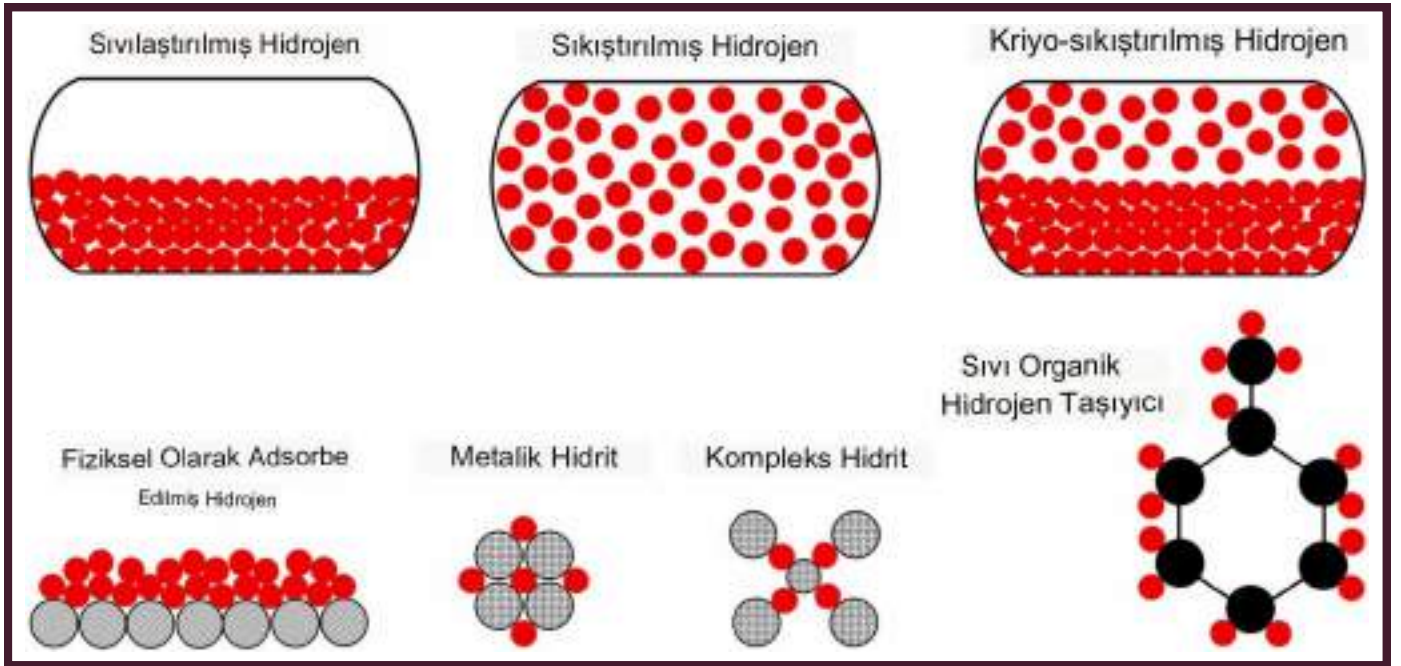


Görüldüğü üzere halihazırda uygulanan ve araştırılıp geliştirilen teknolojiler üç ana kategori altında toplanmaktadır. Fiziksel metodun ayırt edici yönü, hidrojenin gaz ya da sıvı halinde saklanması fark etmeksizin içine hapsedildiği materyal ile herhangi hiçbir kimyasal etkileşime girmemesidir. Taşınma ve depolamada dünya çapında kullanılan teknolojiler günümüzde yüksek yoğunlukla fiziksel yöntemler üzerinedir. Daha uzun bir ar-ge geçmişine sahip olması ve diğer metotlar kadar kompleks süreçler içermemesi; bu metodun ticari olarak çok daha yaygın bir şekilde tercih edilmesinin nedenleri olarak gösterilebilir. Bu noktadan yola çıkarak, bu sayıda fiziksel metotların çeşitleri ayrı bir başlık altında daha detaylı incelenmiştir.

Kimyasal yöntemlere bakıldığında üzerine çalışılan konuların fazlasıyla çeşitli olduğu görülür. Bunları kendiliğinden hidrojeni tekrar depolayabilen (katı tabanlı depolama) ve dış etken yardımı ile yeniden hidrojen kazanan araçlar (kimyasal depolama) olarak iki alt başlıkta toplayabiliriz. Malzeme bazlı hidrojen depolama olarak da adlandırılan bu yöntemler, hidrojenin depolama malzemeleri ile etkileşimine dayanır. Bu etkileşimler, zayıf (Van der Waals kuvvetleri) veya güçlü (yani, iyonik ve kovalent bağlar) olabilir. Etkileşimlerin gücü, hidrojen depolama yönteminin şarj/deşarj sıcaklığı ve basınç gibi çalışma koşullarını belirler. [2].

Teorik olarak hidrojen, belirli malzemeler içinde sıkıştırılmış veya sıvılaştırılmış hidrojen depolamaya kıyasla hem ağırlıkça hem de hacimce çok daha verimli bir şekilde depolanabilir [3]. Fakat teoride yakalanan başarılı oranların anlam kazanması, bu yöntemin yaygın hale gelmesi için gereken lojistik ve altyapının sağlanmasına bağlıdır. Son derece kompleks süreçler barındırmasının yanında en yeni ve pahalı teknolojileri gerektirmesi bu depolama metotlarının güçlükleri olarak dikkat çekmektedir.

Diğer iki metodun eksikliklerini gidermeye yönelik uğraşların alanı olan hibrit metotta ise hem fiziksel hem kimyasal yöntemlerden bir arada yararlanılmaya çalışılır. Sıkıştırma, aşırı soğutma, sıvılaştırma ve gözenekli materyaller yardımı ile hidrojen emilimine dayalı tüm teknikler bu metodun ilgi alanına girer. Hibrit metodun daha etkili sonuçlar vermesinin yolu birden fazla tekniğin tek bir depolama aygıtında bir arada kullanılmasından geçer. Oldukça yeni ve araştırma potansiyeli çok geniş bir alan olarak göze çarpmaktadır.



FİZİKSEL DEPOLAMA YÖNTEMLERİ

SIKIŞTIRILMIŞ HİDROJEN:

Standart basınç ve sıcaklıkta kaynama noktası -253 C olan hidrojeni gaz halinde sıkıştırarak saklamak en elverişli seçenektir. Bu kısımda göz geçireceğimiz tank tiplerinde hidrojenin oda sıcaklığında tutulduğuna dikkat edelim. Tipik olarak kullanılan gaz depolama tankları 150-200 bar basınca sahiptir. Fakat bu özelliğe sahip tanklar, ağırlıkça %1,5 hacimce 10-12 kg/m³ hidrojen barındırabilir. Bu rakamlar, hidrojenin diğer enerji hammaddeleriyle yarışabilmesi için belirlenmiş ABD Enerji Bakanlığının aşağıda verilen nihai hedefleri göz önüne alındığında tatmin edici olmaktan çok uzaktadır. Daha yüksek oranlara ulaşmak için tank basıncının artırılması gerekir. Fakat bu da beraberinde tank kabuğunun kalınlığının artırdığı için sistemin toplam kütlesi çok yüksek rakamlara ulaşır ve taşıdığı hidrojenin hem ağırlıkça hem de hacimce sisteme göre oranı düşük değerlere iner. Bu durum, taşımayı ve depolamayı daha zor bir hale getirdiği gibi artan tank kalınlığıyla birlikte üretim maliyetini de yükseltir.

Tablo 1. Hidrojen depolama teknolojilerin güncel durumları[9]

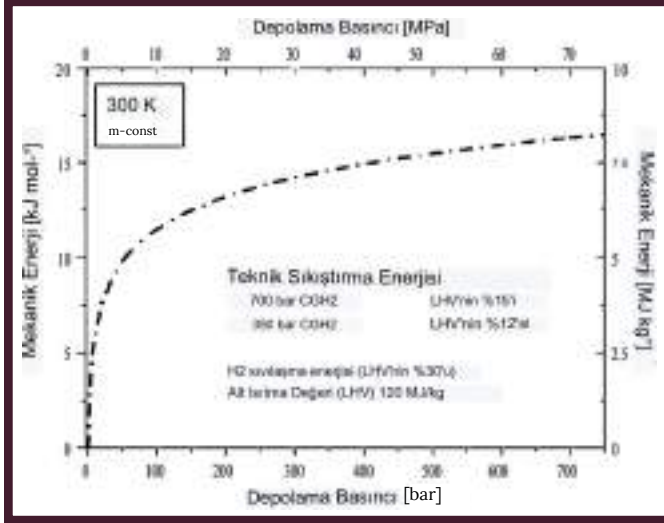
Depolama Türü	Depolama Şekli	Gravimetrik Kapasite (wt.%)	Volumetrik kapasite (g/L)
Fiziksel	Sıkıştırılmış (350bar)	2,8 - 3,8	16 - 18
	Sıkıştırılmış (700bar)	2,6 - 4,4	19 - 25
	Sıvı	4,8 - 6,8	31 - 39
Kimyasal	Kompleks hidrit	1,9 - 2,5	16 - 28
	Karbon(poroz)	2,9 - 3,1	13 - 15
	Kimyasal hidrit	2,6 - 3,5	22 - 29
Hibrit	Kriyojenik Sıkıştırılmış	5,0 - 5,8	28 - 38
Hedef	2020	5,2	40
	Nihai	7	70

Tank kabuğu ağırlığını indirmek için üstün özellikleri olan karbon fiber ile güçlendirilmiş kaplama teknolojileri son yıllarda kullanılmaya başlandı. Örneğin karbon elyaf kaplamalı bir hidrojen tankının basıncı 350 bara çıktığında %5,5, 700 bara çıktığında ise %5,2 değerlerine ulaşmaktadır. 70 MPa sistemin niçin daha az gravimetrik hidrojen yoğunluğuna sahip olduğunun cevabı ise az önce de belirttiğimiz gibi kullanılan malzeme miktarının artmasıdır. Örneğin 35 MPa bir tankta 18 mm kalınlığında karbon elyaf yeterli olurken 70 MPa'da bu oran 25.9 mm'ye çıkar.

35 MPa (ağırlıkça %5,5) sisteminin, 70 MPa sisteminden (%5,2 ağırlık) daha yüksek gravimetrik kapasiteye sahip olduğuna dikkat edilmelidir; ancak, 70 MPa sistem (26,3 kg/m³), 35 MPa sistemden (17,6 kg/m³) önemli ölçüde daha yüksek hacimsel kapasiteye sahiptir [4].

Sıkıştırma işlemi sırasında hidrojenin bir kısmı harcanmaktadır. 700 barda hapsedilen hidrojenin %15'i bu işlem esnasında kayıp olur. Ayrıca sistemin güvenli kalması için belirli aralıklarla soğutma süreçleri uygulanmaktadır. Sıkıştırma sırasında, sıcaklık ve basıncı güvenli seviyelerde tutmak ve mümkün olduğu kadar fazla hidrojen doldurmak için hidrojen tankının soğutulması gerekir.

Otomotiv endüstrisi, gaz depolamayı eksikliklerine rağmen en pratik seçenek olarak görmektedir ve bugüne kadar ticari olarak benimsenen tek teknolojidir.



SIVILAŞTIRILMIŞ HİDROJEN

Sıvı formda hidrojen çok daha yüksek yoğunluğa sahiptir ve bu nedenle hacimsel enerji yoğunluğu büyük ölçüde artar. Sıvı hidrojenin yoğunluğu, 20 Kelvin olan normal kaynama noktasında yaklaşık 71 g/L'dir; bu, 15 derecede 70 MPa'ya kadar basınçlandırılmış hidrojen gazının yoğunluğunun yaklaşık 1,8 katıdır. Bunun yanında sıvı halde depolama yönteminde de belirli sınırlamalar bulunmaktadır. Sıvı hidrojen çok düşük sıcaklıklarda kaynamaya başladığı için yoğun biçimde kullanılan soğutma teknolojileri, toplam enerji içeriğinin yaklaşık %30'unu tüketir [5]. Isı sızıntısını azaltmak içinse iyi yalıtım sistemleri ile donatılmış özel üretim çift cidarlı kaplar gereklidir. Bu nedenle, daha kompakt ve hafif kriyojenik basınçlı kaplar, sıkıştırılmış hidrojen tanklarına göre daha iyi güvenlik avantajları sağlar. Tüm bunların sonucunda ise sıvı haliyle hidrojen, sıkıştırılmış gaz haldeki üründen 4-5 kat daha pahalıya mal olmaktadır [6].

Bununla birlikte, hidrojenin sürekli kaynaması ve sıvılaştırma için gereken çok fazla enerji, sıvı hidrojen depolama sistemlerinin potansiyel kullanımını yüksek enerji yoğunluğu gerektiren uygulamalarla ve ayrıca hidrojen maliyetinin önemli olmadığı ve tüketiminin görece kısa sürede olduğu, örneğin hava, uzay ve otomotiv uygulamalarını içeren alanlarla sınırlar [5].

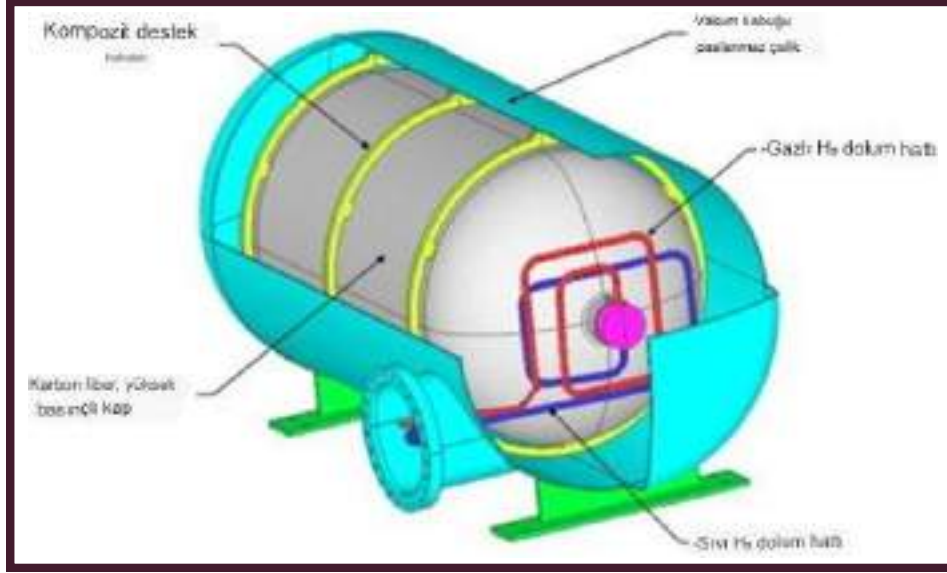
KRİYOJENİK BASINÇLI TANKLAR

Son gelişmelerden biri olan kriyo-sıkıştırılmış hidrojen depolama, yüksek basınçlarda gaz halinde sıkıştırma ile düşük sıcaklıklarda sıvılaştırmanın bir kombinasyonudur.

Sıkıştırılmış hidrojen depolamanın en önemli dezavantajları, gereken büyük hacimler ve yüksek basınçlardır. Sıvı halde depolamanın götürüsü ise kaçınılmaz kaynama kayıplarıdır. Kriyo-sıkıştırılmış depolama, bu zorlukların üstesinden gelmeye hizmet eder. Buradaki ana amaç, hidrojeni depolamak için kullanılan yalıtılmış kabın hem kriyojenik sıcaklıklara hem de yüksek basınçlara dayanabilmesidir. Bu, sıkıştırılmış hidrojen veya kriyojenik sıvı hidrojene göre hacimsel hidrojen depolama kapasitesini ve güvenliğini artırır. Bu bağlamda sıvılaştırılmış hidrojen, 20 Kelvin gibi aşırı düşük bir sıcaklıkta sıkıştırılarak hacimsel hidrojen depolama kapasitesi 1 bar'da 70 g/L'den 240 bar'da 87 g/L'ye çıkar [7]. Yüksek basınçları tutma kapasitesi olan yalıtılmış kap tankın içindeki sıvı hidrojenin buharlaşmasına engel olur. Bu sayede depolama yoğunluğu en üst seviyelerde kalmaya devam eder. Ayrıca kaynama kaybı düşürüldüğünden üretilip saklanan hidrojenin tüketime girene kadar olan dinlenme süresi de uzamış olur. Deniz yolu başta olmak üzere, hidrojenin uzun mesafelerde enerji yoğunluğu korunarak güvenli bir biçimde taşınması daha ekonomik hale geleceği için kriyo sıkıştırma yöntemi, kritik önem taşıyan bir araştırma sahasıdır.



Aynı zamanda, sıkıştırılmış hidrojen depolamaya (700 bar) göre kriyo-sıkıştırılmış hidrojen depolamada (tipik olarak <300 bar) kullanılan daha düşük basınçlar, daha maliyetli karbon fiber kompozitlere olan gereksinimi azaltabilir. Yapılan teknik değerlendirmeler sonucunda bu seçeneğin ABDEB hedeflerini gerçekleştirme potansiyelinin olduğu ortaya konmuştur [8]. 2012 yılında, otomotiv üreticisi BMW bir prototip kriyo sıkıştırılmış hidrojen teknolojisi bildirmiştir. Bununla birlikte, altyapının kullanılabilirliği ve maliyeti, bu depolama yöntemi için hala önemli engellerdir ve bu nedenle uygulanabilirliği sınırlıdır.



Şekilde kriyojenik depolama için kullanılan ikinci nesil bir tank görülmektedir. Bir vakum alanı içine alınmış iç kap, karbon fiber kompozit ile sarılmış bir alüminyum astardan oluşur ve çevreden kaba ısı transferini sınırlamak için yüksek oranda yansıtıcı metalize plastik levhalar içerir. Dış tarafı ise paslanmaz çelik ceketten oluşur [9].

SONUÇ

Yukarıda daha ziyade hidrojenin saf haliyle depolanmasından bahsedildi. Saf haliyle hidrojeni elde etme uğraşı da hala araştırmalara konu olan önemli bir alan. Bu kadar bol bulunan bir elementin çok farklı şekillerde temin edilme imkanının olması oldukça anlaşılır. Fakat ticari değer kazanıp yaygınlaşmasını sağlamanın yolu, onu daha ekonomik ve verimli bir şekilde üretmekten geçiyor. Birbirinden çok farklı yüzlerce yolun denendiği bu konuda, yeni buluşlar ve teknikler ortaya koymaya açıktır.

Depolama ve taşıma zorlukları, hidrojenin enerji kaynağı ya da taşıyıcısı olarak değerlendirilmesinin önündeki en büyük engellerdir. Görüldüğü üzere her metodun diğerine göre üstünlükleri ve zayıflıkları bulunmaktadır. Temel bilimlere dair bütün bildiklerimizi kullanarak sonuç almayı denediğimiz bu konu, epeyce derin ve sebatlı bir çalışmayı mecbur kılıyor. İşin ucunda doğa dostu bu enerji kaynağının ihtiyacı karşılama ihtimalinin olması ise insanlığı bu konuda olabildiğince gayret göstermeye teşvik etmeye yetiyor. Avrupa birliği başta olmak üzere iklim değişikliği ve küresel ısınma konularında farkındalığı artırma gayesi olan birçok büyük oluşum bu konuda araştırmacılara bilimsel destek ve fon sağlıyor. Bugün için özel amaçlarla kullanımı dışında diğer enerji kaynaklarının yerini alabilecek seviyede değilse de çok uzak olmayan bir gelecekte hidrojenin, sıfır atıklı bir yakıt olarak günlük hayatta boy göstereceği aşikardır.

KAYNAKÇA:

- [1] W. Lattin, V. Utgikar, Transition to hydrogen economy in the United States: a 2006 status report. Int. J. Hydrog. Energy 32, 3230–3237 (2007)
- [2] T.K. Hoang, D.M. Antonelli, Exploiting the Kubas interaction in the design of hydrogen storage materials. Adv. Mater. 21, 1787–1800 (2009)
- [3] A. Züttel, S. Rentsch, P. Fischer, P. Wenger, P. Sudan, P. Mauron, C. Emmenegger, Hydrogen storage properties of LiBH₄. J. Alloys Compd. 356, 515–520 (2003)
- [4] T. Hua, R. Ahluwalia, J.-K. Peng, M. Kromer, S. Lasher, K. McKenney, K. Law, J. Sinha, Technical assessment of compressed hydrogen storage tank systems for automotive applications. Int. J. Hydrog. Energy 36, 3037–3049 (2011)
- [5] Hydrogen energy, economy and storage: Review and recommendation. O. Abe a b, A.P.I. Popoola a, E. Ajenifuja a b c, O.M. Popoola b
- [6] Züttel A, Remhof A, Borgschulte A, Friedrichs O. Hydrogen: the future energy carrier. Philos Trans A Math Phys Eng Sci. 2010 Jul 28;368(1923):3329–42. doi: 10.1098/rsta.2010.0113. PMID: 20566514.
- [7] Ghorbani B, Zendejboudi S, Saady NMC, Duan X, Albayati TM. Strategies To Improve the Performance of Hydrogen Storage Systems by Liquefaction Methods: A Comprehensive Review. ACS Omega. 2023 May 18;8(21):18358–18399. doi: 10.1021/acsomega.3c01072. PMID: 37273600; PMCID: PMC10233851.
- [8] Vivanco-Martín B, Iranzo A. Analysis of the European Strategy for Hydrogen: A Comprehensive Review. Energies. 2023; 16(9):3866.
- [9] Electrochemical Power Sources: Fundamentals, Systems, and Applications. Hydrogen Production by Water Electrolysis Chapter 13 - Hydrogen Storage. Henrietta, W. Langmi a, Nicolaas Engelbrecht b, Phillimon M. Modisha b, Dmitri Bessarabov ba

HYDROGEN STORAGE METHODS

Hydrogen: the lightest element constituting 75% of the universe's mass.

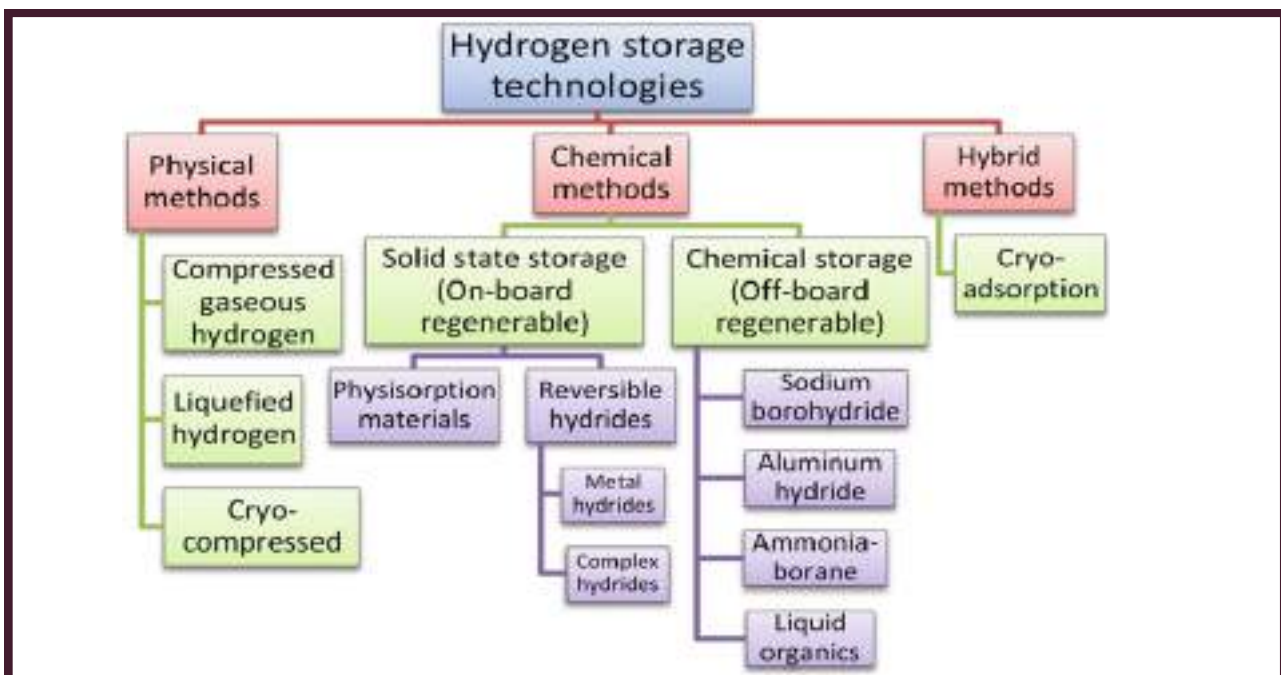
With its simple atomic structure, it contains one proton in its nucleus and lacks a neutron. It is known that nine out of ten atoms in the discovered universe are hydrogen. However, encountering hydrogen in its free state (H₂) on Earth is a low probability. The reason why we want to find this element on its own, frequently encountered in the structure of vital compounds, including water and organic molecules, is almost as critical as it gets: to involve it in energy cycles.

In the early 2000s, with the increasing awareness of environmental issues, research on hydrogen gained significant momentum. The fact that hydrogen has more advantages as an energy carrier compared to all other raw materials is now an undeniable reality. Besides being an abundant source, it has the highest energy capacity per mass quantity and after use, only releases water or water vapor into the environment, making it superior. We are living in an era in which the balance of ecology is at risk and climate crises have become a part of everyday life. In this regard, scenarios for transitioning to clean energy have started to emerge before fossil fuels are depleted.

As of today, there are hundreds of methods to obtain pure hydrogen. Currently produced hydrogen is derived from fossil fuel sources to a significant extent. However, the waste capacity of these production processes, although relatively controllable and much lower compared to traditional uses of hydrocarbons as fuel, remains relatively controlled. Storing the separated carbon atoms in empty natural gas reservoirs or ocean floors is among the main alternatives that could mitigate the threat of harmful waste. In addition, hydrogen is a suitable instrument for storing excess electricity obtained from renewable sources like wind and solar. When surplus electricity is directed towards the electrolysis of water, pure hydrogen atoms are separated from the water. Later, converting hydrogen back into energy through various desired methods becomes possible without the need for traditional batteries.

All these promising ideas for the future eventually lead us to the issue of storing and transporting hydrogen, which we want to evaluate as an energy carrier. These are likely the greatest challenges in utilizing hydrogen as a more widespread energy source. This is because, under standard conditions, hydrogen gas occupies about 14.4 times the volume of air and is a combustible gas. On the other hand, transporting hydrogen also requires an extensive distribution network. Hydrogen can be transported through pipelines, tube trailers, gas cylinders, as well as cryogenic (<-140°C) tanks in its liquid state. In any case, it is estimated that hydrogen distribution costs are about 15 times more expensive than liquid hydrocarbon fuels [1].

Before delving into the main storage methods, the classification used in this regard can be examined from the table below.

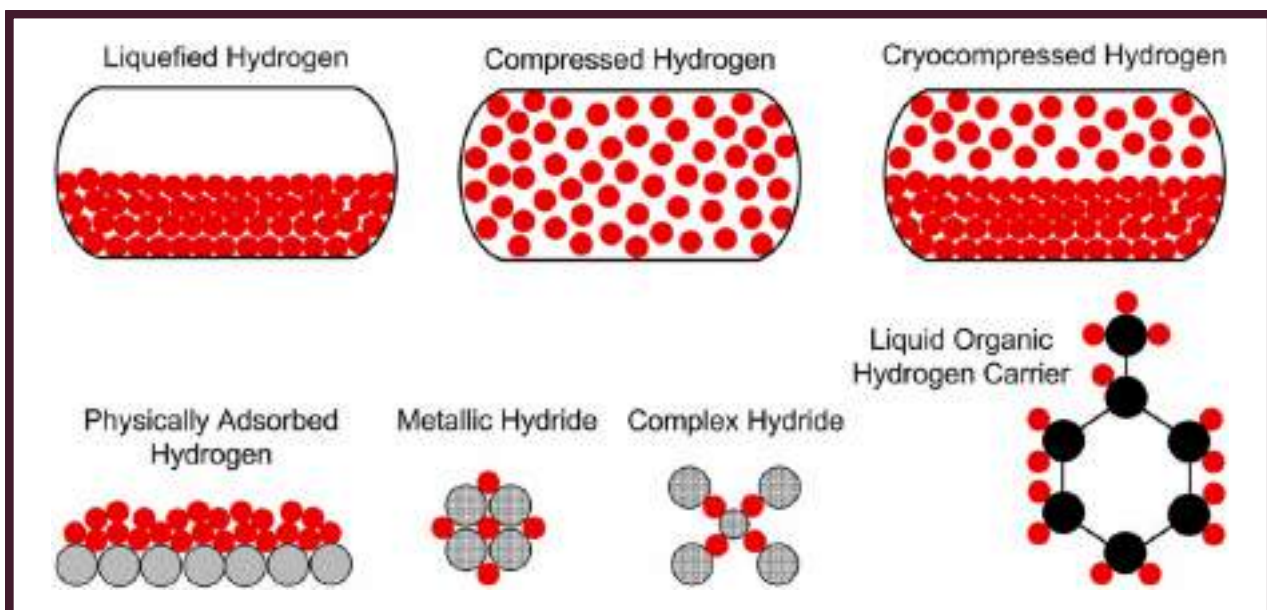


As seen, the currently implemented and researched technologies fall under three main categories. The distinctive aspect of the physical method is that hydrogen is encapsulated by a material without undergoing any chemical interactions, regardless of whether it is stored as a gas or a liquid. The technologies used globally for transportation and storage are predominantly based on physical methods. Its longer R&D history and relatively less complex processes can be cited as reasons for this method's more widespread commercial preference. Building on this point, the various types of physical methods have been further detailed under a separate heading.

When looking at chemical methods, it's apparent that the subjects being studied are quite diverse. We can classify these under two subheadings: systems that can spontaneously re-store hydrogen (solid-based storage) and systems that regain hydrogen through external assistance (chemical storage). These methods, also referred to as material-based hydrogen storage, are based on the interaction of hydrogen with storage materials. These interactions can be weak (Van der Waals forces) or strong (i.e., ionic and covalent bonds). The strength of these interactions determines the working conditions of the hydrogen storage method, such as charge/discharge temperature and pressure. [2]

In theory, hydrogen can be stored much more efficiently both by weight and volume within certain materials compared to compressed or liquefied hydrogen storage [3]. However, the realization of successful rates captured in theory depends on the provision of logistics and infrastructure required for this method to become widespread. Besides being highly complex and requiring the latest and most expensive technologies, these storage methods are noted for their challenges.

In the hybrid method, which aims to address the shortcomings of the other two methods, efforts are made simultaneously to utilize both physical and chemical methods. All techniques based on hydrogen absorption using compression, overcooling, liquefaction and porous materials fall under the purview of this method. The effectiveness of the hybrid method relies on the combination of multiple techniques in a single storage device. It stands out as a relatively new area with a broad research potential.



PHYSICAL STORAGE METHODS

COMPRESSED HYDROGEN:

Storing hydrogen by compressing it in its gaseous state at standard pressure and temperature with a boiling point of -253°C is the most favorable option. In this section, let's note that the hydrogen is maintained at room temperature in the tank types that we will briefly overview. Typically used gas storage tanks have pressures of 150–200 bar. However, tanks with these specifications can only hold about 1.5% by weight and 10–12 kg/m³ by volume of hydrogen. These figures are far from satisfactory when considering the ultimate goals set by the U.S. Department of Energy for hydrogen to compete with other energy raw materials. To achieve higher ratios, an increase in tank pressure is necessary. However, this also leads to an increase in the thickness of the tank shell, resulting in a significantly higher total mass of the system and lower ratios of hydrogen carried by weight and volume compared to the system. This situation not only makes transportation and storage more challenging but also raises production costs due to the increased tank thickness.

Hydrogen storage method		Gravimetric capacity (wt.%)	Volumetric capacity (g/L)
Physical storage	Compressed (350 bar)	2.8–3.8	16–18
	Compressed (700 bar)	2.6–4.4	19–25
	Liquid	4.8–6.8	31–39
Chemical storage	Complex hydride	1.9–2.5	16–28
	Carbon (porous)	2.9–3.1	13–15
	Chemical hydride	2.6–3.5	22–29
Hybrid storage	Cryo-compressed	5.0–5.8	28–38
Targets	2020	5.2	40
	Ultimate	7.0	70

To reduce the weight of the tank shell, advanced coating technologies reinforced with carbon fiber, which has superior properties, have been utilized in recent years. For example, in a hydrogen tank with a carbon fiber coating, the gravimetric capacity reaches 5.5% at a pressure of 350 bar and 5.2% at 700 bar. The reason why the 70 MPa system has lower gravimetric hydrogen density, as mentioned earlier, is due to the increased amount of material used. For instance, while an 18 mm thickness of carbon fiber is sufficient for a 35 MPa tank, this ratio increases to 25.9 mm for a 70 MPa tank.

It's important to note that the 35 MPa system (5.5% by weight) has a higher gravimetric capacity than the 70 MPa system (5.2% by weight). However, the 70 MPa system (26.3 kg/m³) has a significantly higher volumetric capacity than the 35 MPa system (17.6 kg/m³) [4].

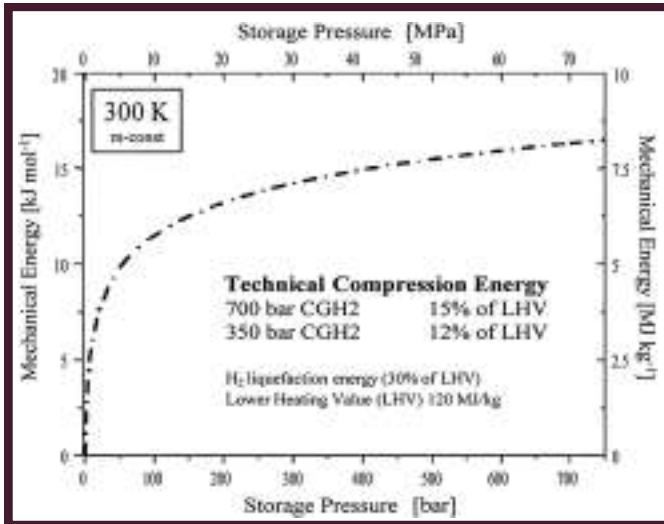
During the compression process, a portion of hydrogen is consumed. About 15% of the hydrogen stored at 700 bar is lost during this process. Additionally, cooling processes are applied at specific intervals to ensure the system's safety. During compression, the hydrogen tank needs to be cooled to maintain temperature and pressure at safe levels and to fill as much hydrogen as possible.



The automotive industry considers gas storage, despite its limitations, as the most practical option and it has been the only technology adopted commercially to date.

CRYOCOMPRESSED TANKS

One of the recent developments is cryo-compressed hydrogen storage, which is a combination of compressing hydrogen gas at high pressures and liquefying it at low temperatures.



LIQUIFIED HYDROGEN

Liquid hydrogen has a much higher density, resulting in a significantly increased volumetric energy density. The density of liquid hydrogen is about 71 g/L at its normal boiling point of 20 K, which is approximately 1.8 times higher than the density of hydrogen gas compressed to 70 MPa at 15. However, there are certain limitations in the method of storing hydrogen in liquid form as well.

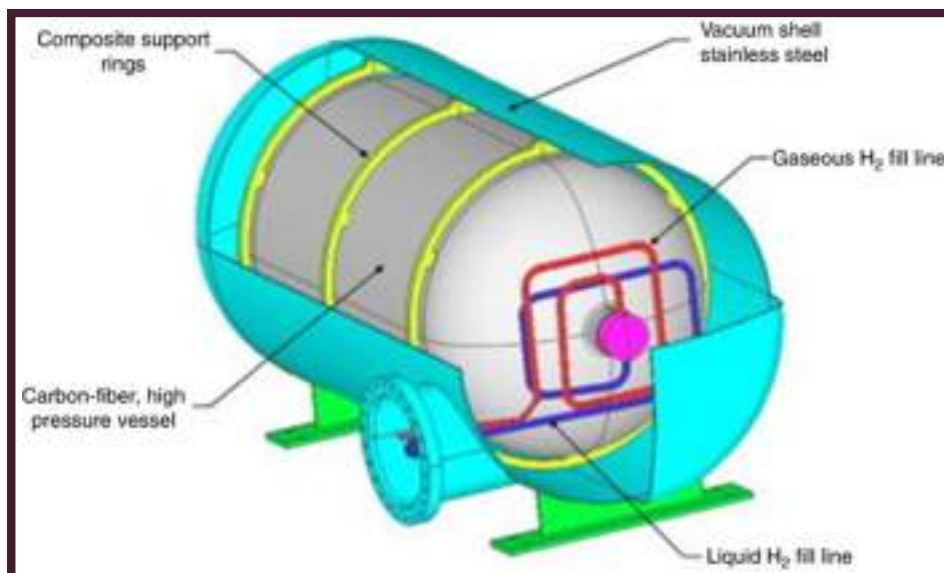
Because liquid hydrogen begins to boil at very low temperatures, heavily used cooling technologies consume about 30% of the total energy content [5]. To reduce heat leakage, specialized double-walled containers with good insulation systems are required. As a result, compact and lightweight cryogenic pressurized tanks offer better safety advantages compared to compressed hydrogen tanks. Consequently, liquid hydrogen ends up costing about 4-5 times more than its compressed gas counterpart [6].

However, the continuous boiling of hydrogen and the substantial energy required for liquefaction limit the potential use of liquid hydrogen storage systems to applications that require high energy density and where hydrogen cost is not a significant factor, such as areas involving high-energy-demanding applications like air, space and automotive applications, where hydrogen consumption is relatively rapid [5].

The major drawbacks of compressed hydrogen storage are the required large volumes and high pressures. The drawback of liquid storage is the inevitable boiling losses. Cryo-compressed storage serves to overcome these challenges. The main objective here is to create an insulated container for hydrogen storage that can withstand both cryogenic temperatures and high pressures. This enhances both the volumetric hydrogen storage capacity and the safety compared to compressed hydrogen or cryogenic liquid hydrogen storage. In this context, liquid hydrogen is compressed at extremely low temperatures, such as 20 K, increasing the volumetric hydrogen storage capacity from 70 g/L at 1 bar to 87 g/L at 240 bars [7]. The insulated tank with the capacity to hold high pressures prevents the liquid hydrogen inside from vaporizing, thus maintaining storage density at its highest levels. Additionally, by reducing boiling losses, the resting period for the produced and stored hydrogen until consumption can be extended. The cryo-compression method is a critically important research area, especially for transporting hydrogen safely over long distances while maintaining energy density, primarily in maritime transportation.



Furthermore, the lower pressures used in cryo-compressed hydrogen storage (typically <300 bar) compared to compressed hydrogen storage (700 bar) could reduce the need for more expensive carbon fiber composites. Technical evaluations have shown the potential of this option to achieve ADEB (European Directive on the Deployment of Alternative Fuels Infrastructure) goals [8]. In 2012, the automotive manufacturer BMW reported a prototype cryo-compressed hydrogen technology. However, the availability and cost of infrastructure remain significant obstacles for this storage method, limiting its applicability.



The figure shows a second generation tank used for cryogenic storage. Enclosed in a vacuum chamber, the inner vessel consists of an aluminum liner wrapped with carbon fiber composite and contains highly reflective metallized plastic sheets to limit heat transfer from the environment to the vessel. The outer side consists of a stainless steel jacket [9].

CONCLUSION

The above mainly discussed the storage of hydrogen in its pure form. The effort to obtain hydrogen in its pure form is still a significant area of research. It is quite understandable that an element so abundantly available can be sourced in various different ways. However, the path to achieving its commercial value and widespread use lies in producing it more economically and efficiently. In this regard, there have been numerous diverse methods tried, leaving room for new discoveries and techniques.

Storage and transportation challenges pose the greatest obstacles to evaluating hydrogen as an energy source or carrier. As seen, each method has its own advantages and weaknesses compared to others. The topic, where we strive to achieve results by utilizing all we know from fundamental sciences, requires deep and persistent research. The possibility of meeting the needs of this eco-friendly energy source serves as ample motivation for humanity to put forth maximum effort. Many major organizations, particularly the European Union, which aims to raise awareness about climate change and global warming, provide scientific support and funding for researchers in this field. Although it is not currently at a level to replace other energy sources except for specific purposes, it is evident that hydrogen will play a role as a zero-emission fuel in everyday life in the not-so-distant future.

REFERENCES:

- [1] W. Lattin, V. Utgikar, Transition to hydrogen economy in the United States: a 2006 status report. *Int. J. Hydrog. Energy* 32, 3230–3237 (2007)
- [2] T.K. Hoang, D.M. Antonelli, Exploiting the Kubas interaction in the design of hydrogen storage materials. *Adv. Mater.* 21, 1787–1800 (2009)
- [3] A. Züttel, S. Rentsch, P. Fischer, P. Wenger, P. Sudan, P. Mauron, C. Emmenegger, Hydrogen storage properties of LiBH₄. *J. Alloys Compd.* 356, 515–520 (2003)
- [4] T. Hua, R. Ahluwalia, J.-K. Peng, M. Kromer, S. Lasher, K. McKenney, K. Law, J. Sinha, Technical assessment of compressed hydrogen storage tank systems for automotive applications. *Int. J. Hydrog. Energy* 36, 3037–3049 (2011)
- [5] Hydrogen energy, economy and storage: Review and recommendation. O. Abe a b, A.P.I. Popoola a, E. Ajenifuja a b c, O.M. Popoola b
- [6] Züttel A, Remhof A, Borgschulte A, Friedrichs O. Hydrogen: the future energy carrier. *Philos Trans A Math Phys Eng Sci.* 2010 Jul 28;368(1923):3329–42. doi: 10.1098/rsta.2010.0113. PMID: 20566514.
- [7] Ghorbani B, Zendeheboudi S, Saady NMC, Duan X, Albayati TM. Strategies To Improve the Performance of Hydrogen Storage Systems by Liquefaction Methods: A Comprehensive Review. *ACS Omega.* 2023 May 18;8(21):18358–18399. doi: 10.1021/acsomega.3c01072. PMID: 37273600; PMCID: PMC10233851.
- [8] Vivanco-Martín B, Iranzo A. Analysis of the European Strategy for Hydrogen: A Comprehensive Review. *Energies.* 2023; 16(9):3866.
- [9] Electrochemical Power Sources: Fundamentals, Systems, and Applications. Hydrogen Production by Water Electrolysis Chapter 13 - Hydrogen Storage. Henrietta, W. Langmi a, Nicolaas Engelbrecht b, Phillimon M. Modisha b, Dmitri Bessarabov ba



BEYAZA BOYA

İREM COŞKUN
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
4.SINIF ÖĞRENCİSİ

İklim krizi kapımızı çalıyor! Bizler bu günlerde o kapının sesini daha şiddetli duymaya başladık. Dünya genelinde sıcaklıklar yükseliyor ve bu sıcaklar yüzünden insanlar hayatını kaybetmeye devam ediyor. Bilim insanları Dünya'yı soğutabilmek için güneş ışığını yansıtacak çeşitli kaplamalar ve filmler tasarlamaya çalışıyor. Araştırmalar devam ederken bu aşırı sıcakları azaltmak için ortaya atılan önerilerden biri de Dünya'nın yüzde ikisini beyaza boyamak.

Nedir bu beyaza boyama meselesi? Normal bir beyaz boya güneş ışığının yaklaşık %80-90'ını yansıtır. Amerika Birleşik Devletleri Purdue Üniversitesinden Profesör Xiulin ve ekibi beyaz boyayı güneş ışığının %95.5'ini geri yansıtacak şekilde geliştirdi. Daha sonra aynı ekibin bu oranı %98.1'e kadar çıkararak dünyanın en beyaz boyasını yapmayı başardığı belirtildi. [1]

Yüzeye gelen ışık ısı yaydığından ortamdaki sıcaklığı artırıyor. Bu boyanın ışığı bu denli yansıtma özelliği sayesinde kaplandığı alanlarda sıcaklığı 7.8 derece kadar düşürdüğü söyleniyor. [2] Peki bu şekilde küresel ısınmayı durdurabilir miyiz?

Küresel ısınma, sera gazlarının atmosferde birikmesi ve sera etkisi nedeniyle Dünya'nın yüzeyinin ısınması sonucu ortaya çıkan bir fenomendir. Dolayısıyla Dünya'yı beyaza boyamak küresel ısınmayı durduramaz. Kaliforniya Üniversitesinden Profesör Jeremy Munday yaptığı hesaplamalar sonucu Dünya'nın yüzde ikisi beyaza boyanırsa küresel sıcaklıkların yükselişinin duracağını ifade etti. Munday, bunun uzun vadeli bir çözüm olmadığını ve "Her şeyi kontrol altına almaya çalışırken daha kötü sorunları önlemek için yapabileceğiniz kısa süreli bir şey." olduğunu söyledi. [3],[4]

Dünya'nın yüzde ikisini beyaza boyama yöntemi ciddi ekolojik ve bilimsel sorunlara da yol açabilir. İlk olarak bu beyaz boyanın içinde baryum sülfat bulunuyor. [3] Baryum sülfat ilavesi karbon ayak izinin artmasına neden oluyor. Bu nedenle boya kullanıma çıkmadan önce baryum sülfat sorununun çözülmesi gerekiyor.

İkinci büyük sorun olarak da ekosistemlere olan etkisi sayılabilir. Boyanın bitki örtüsü, hayvanlar ve organizmalar üzerinde olumsuz etki yaratabileceği hatta biyolojik çeşitliliği tehlikeye atabileceği düşünülüyor. [3]

Ayrıca bu büyüklükte bir yüzeyi boyama işlemi için çok büyük miktarlarda kaynak, enerji ve maliyet gerekecektir. Buradan da bu yöntemin ekonomik olarak sürdürülebilir olmadığı kanısına varabiliriz.

Küresel ısınmanın etkileriyle mücadele etmek için öncelikle sera gazı emisyonlarını azaltmamız, ormanlarımızı korumamız ve fosil yakıtlar yerine yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını artırmamız gerekiyor. Hem dünyamızı korumak hem de gelecek nesiller için sürdürülebilir bir dünya sağlayabilmek için bilimsel ve toplumsal iş birliği önemli. Bu mücadelede herkese görev düşüyor.

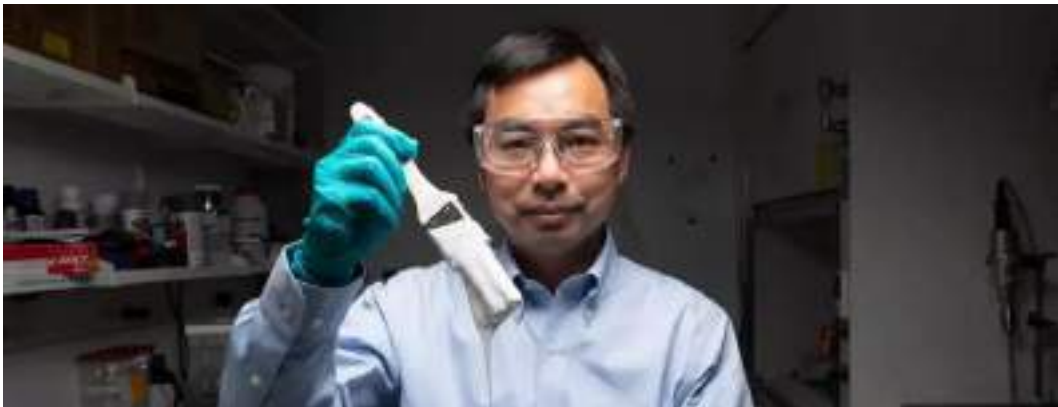
KAYNAKÇA:

[1] The whitest paint is here - and it's the coolest. Literally. Purdue University. (2021). <https://www.purdue.edu/newsroom/releases/2021/Q2/the-whitest-paint-is-here-and-its-the-coolest-literally.html> (Erişim Tarihi: 28.07.2023)

[2] This white paint could reduce the need for air conditioning by keeping surfaces cooler than surroundings. Purdue University. (2020). <https://www.purdue.edu/newsroom/releases/2020/Q4/this-white-paint-could-reduce-the-need-for-air-conditioning-by-keeping-surfaces-cooler-than-surroundings.html> (Erişim Tarihi: 28.07.2023)

[3] Buckley, C. To Help Cool a Hot Planet, the Whitest of White Coats. The New York Times. (July 12, 2023).

[4] Munday, J. N. (2019). Tackling Climate Change through Radiative Cooling. Joule, 3(9), 2057-2059.





PAINT IT WHITE

İREM COŞKUN
ANKARA UNIVERSITY
4TH YEAR STUDENT

The climate crisis is knocking on our door! These days, we are starting to hear the sound of that door more intensely. Global temperatures are rising and due to these temperatures, people continue to lose their lives. Scientists are working on designing various coatings and films that will reflect sunlight in order to cool down the Earth. While the research is going on, one of the suggestions to reduce these extreme temperatures is to paint two percent of the Earth's surface white.

What's the deal with white paint? Typical white paint reflects about 80-90% of sunlight. Professor Xiulin and his team from Purdue University in the United States developed white paint that reflects 95.5% of sunlight. Later, the same team managed to increase this rate to 98.1%, creating the world's whitest paint. [1]

Since the light that reaches the surface emits heat, it increases the ambient temperature. It is said that due to the highly reflective nature of this paint, it can lower temperatures by up to 7.8 degrees in the areas it covers. [2] Can we stop global warming this way?

Global warming is a phenomenon that occurs as a result of the accumulation of greenhouse gases in the atmosphere and the warming of the Earth's surface due to the greenhouse effect. Therefore, painting the Earth white cannot stop global warming. Professor Jeremy Munday from the University of California stated, after making calculations, that if two percent of the Earth is painted white, the rise in global temperatures would stop. Munday also said that this is not a long-term solution and that it is a "short-term thing you can do to prevent worse problems while trying to control everything." [3], [4]

Painting two percent of the Earth's surface white can also lead to serious ecological and scientific problems. Firstly, this white paint contains barium sulfate. [3] The addition of barium sulfate increases the carbon footprint. Therefore, the barium sulfate issue needs to be resolved before the paint is put to use.

Secondly, its impact on ecosystems can be considered a major problem. It is believed that the paint could have a negative impact on vegetation, animals and organisms and could even endanger biological diversity. [3]

Additionally, painting such a large surface would require significant amounts of resources, energy and cost. Hence, we can conclude that this method is not economically sustainable.

In order to combat the effects of global warming, we need to first reduce greenhouse gas emissions, protect our forests and increase the use of renewable energy sources instead of fossil fuels. Scientific and societal collaboration is important to both protect our planet and provide a sustainable world for future generations. Everyone has a role to play in this fight.

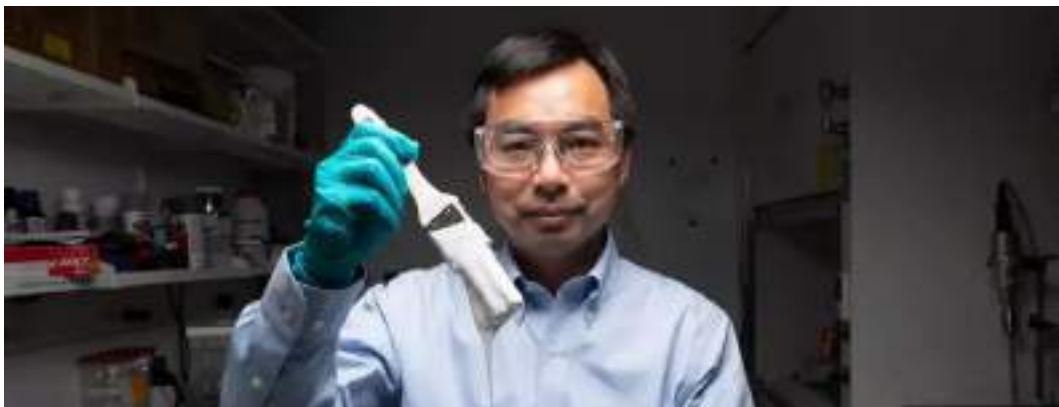
References:

[1] The whitest paint is here - and it's the coolest. Literally. Purdue University. (2021). <https://www.purdue.edu/newsroom/releases/2021/Q2/the-whitest-paint-is-here-and-its-the-coolest-literally.html/> (Accessed On: 28.07.2023)

[2] This white paint could reduce the need for air conditioning by keeping surfaces cooler than surroundings. Purdue University. (2020). <https://www.purdue.edu/newsroom/releases/2020/Q4/this-white-paint-could-reduce-the-need-for-air-conditioning-by-keeping-surfaces-cooler-than-surroundings.html> (Erişim Tarihi: 28.07.2023)

[3] Buckley, C. To Help Cool a Hot Planet, the Whitest of White Coats. The New York Times. (July 12, 2023).

[4] Munday, J. N. (2019). Tackling Climate Change through Radiative Cooling. Joule, 3(9), 2057-2059.



BİYOĞAZ

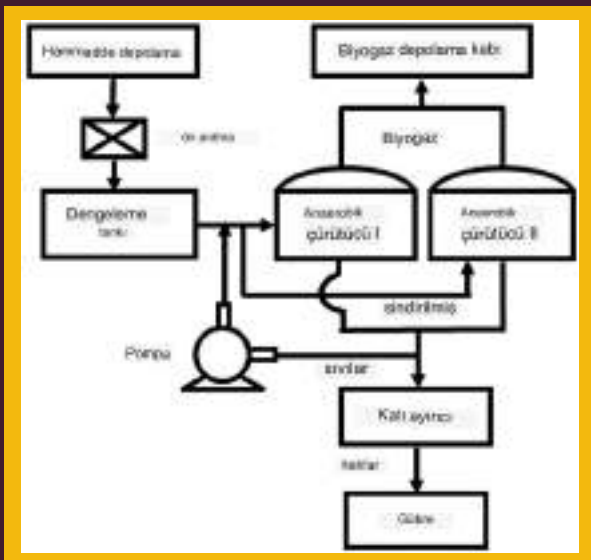
BUSE TAŞKESEN
ANKARA ÜNİVERSİTESİ
3. SINIF ÖĞRENCİSİ

Biyogaz, bitkisel ve hayvansal ürünler gibi organik maddelerin oksijensiz ortamda bakteriler tarafından anaerobik sindirim yoluyla parçalanmasıyla oluşturulur. Bu süreç, organik maddelerin parçalanarak enerji açısından zengin gazları, sıvı ve katı şeklinde faydalı toprak ürünlerini içeren biyogazın üretilmesini içerir. Anaerobik sindirim, çöplükler ve belirli hayvan gübresi yönetim sistemleri gibi çeşitli ortamlarda doğal olarak meydana gelirken anaerobik çürütücü kullanılarak geliştirilebilir, düzenlenebilir ve sınırlandırılabilir.

Biyogaz çoğunlukla doğal gazın ana bileşeni olan metandan (CH₄) oluşur. İçindeki metan oranı %50-75 arasında değişir. Ek olarak karbondioksit (CO₂), hidrojen sülfür (H₂S), su buharı ve eser miktarda diğer çeşitli gazları da içerir. Biyogazın içeriği, doğal gaz benzer diğer kullanımların yanı sıra, ısı sağlamak, elektrik üretmek ve soğutma sistemlerini çalıştırma gibi çok yönlü uygulamalara da olanak tanır. [1]

Ayrıca biyogaz, inert veya daha az değerli bileşenlerin (CO₂, su, H₂S vb.) çıkarılmasıyla yenilenebilir doğal gaz (RNG) elde edilerek arıtılabilir. Bu RNG; mevcut doğal gaz dağıtım ağına satılabilir ve enjekte edilebilir, araç yakıtı olarak kullanılmak üzere sıkıştırılabilir veya alternatif taşımacılık yakıtları, enerji ürünleri, ileri biyokimyasallar ve biyo-ürünler oluşturmak için daha fazla işlenebilir. Kombine ısı ve güç (KİG) işlemleri için kullanıldığında biyogaz çift amaçlı hizmet verir. Alternatif olarak yanma motorları, yakıt pilleri veya gaz türbinlerinin uygulanmasıyla elektrige dönüştürülebilir ve üretilen elektrik yerinde kullanılabilir.

Şekil 1: Akış Şemasında Biyogaz Üretimi



Bazı organik atıklar bir sindiricide diğerlerinden daha zor parçalanır. Gıda atıkları ve yağlar en kolay parçalanabilen organik atıklar iken hayvan atıkları genellikle en zor olanlardır. Aynı sindiricide birden fazla atığın karıştırılması ko-sindirimi olarak adlandırılır ve biyogaz verimini artırmaya yardımcı olabilir.

BİYOĞAZIN YARARLARI

Depolanmış biyogaz, kömür veya doğal gazın yerine geçen güvenlidir, yenilenebilir ve çevre dostu bir seçenek sunar. Doğal gaz gibi biyogaz da ihtiyaç duyulduğunda hızlı bir şekilde artırılarak zirve gücü sağlamak için kullanılabilir. Saklanmış biyogazın kullanımı atmosfere salınan metan emisyonlarını en aza indirmeye yardımcı olur ve fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltır. Ayrıca, biyogazdan üretilen sıkıştırılmış doğal gaz, petrol benzinine kıyasla %91 daha az sera gazı emisyonuna neden olur. [3] İklim üzerindeki olumlu etkisinin ötesinde anaerobik sindirim atık giderme maliyetlerini düşürebilir ve yerel ekonomilere katkıda bulunabilir.

Örnek olarak New York City, 14 milyon ton atığı yakma fırınlarına ve depolama alanlarına taşımak için her yıl yaklaşık 400 milyon dolar harcıyor. Bu atığın anaerobik çürütmeye yönlendirilmesi, bir maliyeti fırsata çevirerek enerji üretimini ve yan ürünlerden gelir elde edilmesini sağlayacaktır.

Biyometan olarak da bilinen yenilenebilir doğal gaz (YDG), karbondioksit, su buharı ve diğer eser gazları doğal gaz endüstrisi tarafından belirlenen standartlarla uyumlu hale getirmek için saflaştırılan biyogazdır.

Bu rafine edilmiş YDG, boru hatları da dahil olmak üzere mevcut doğal gaz şebekesine sorunsuz bir şekilde entegre edilebilir ve geleneksel doğal gazla birbirinin yerine kullanılabilir.

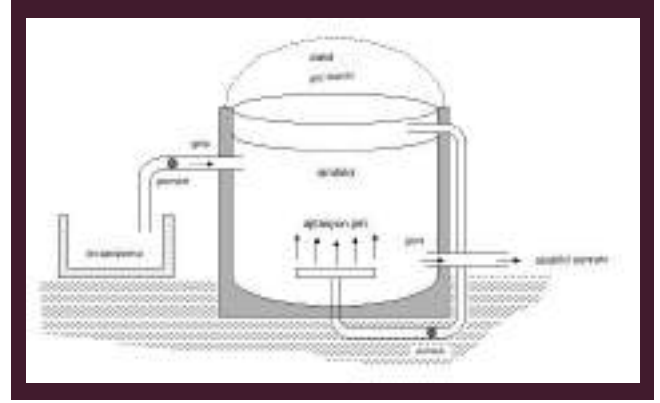
Biyogaz anaerobik çürütme işlemiyle üretilir ve çeşitli şekillerde kullanılabilen yenilenebilir bir enerji kaynağıdır:

- Güç motorlarında mekanik güç, ısı ve/veya elektrik üretilmesi (kombine ısı ve güç sistemleri dahil)
- Yakıt kazanları ve fırınları, ısıtma sindiricileri
- Alternatif yakıtlı araçların çalıştırılması
- Evlere ve iş yerlerine doğal gaz boru hattı yoluyla tedarik edilmesi

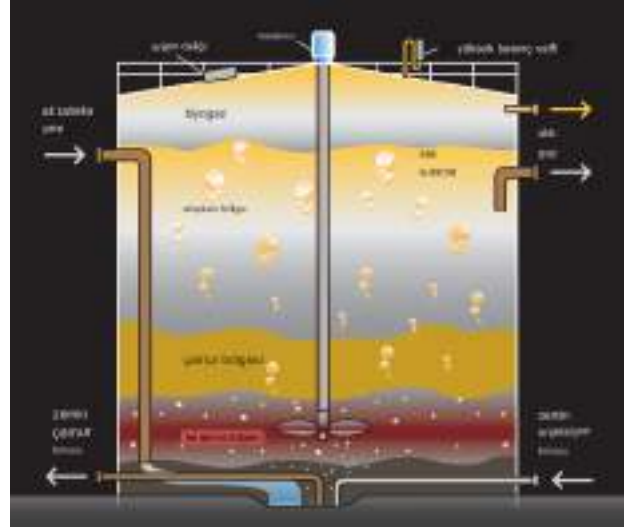
Biyogazın kullanımı ve verimliliği kalitesine bağlıdır. Biyogaz enerji içeriğini artıran karbondioksit, su buharı ve diğer eser safsızlıkları ortadan kaldırmak için genellikle saflaştırılır.

Düşük kaliteli biyogaz tipik olarak içten yanmalı motorlar gibi sağlam, daha az verimli motorlarda kullanılır. Öte yandan kirletici madde içermeyen yüksek kaliteli biyogaz daha verimli ancak daha hassas motorlarda kullanılır.

Şekil 2: Anaerobik Çürütücü

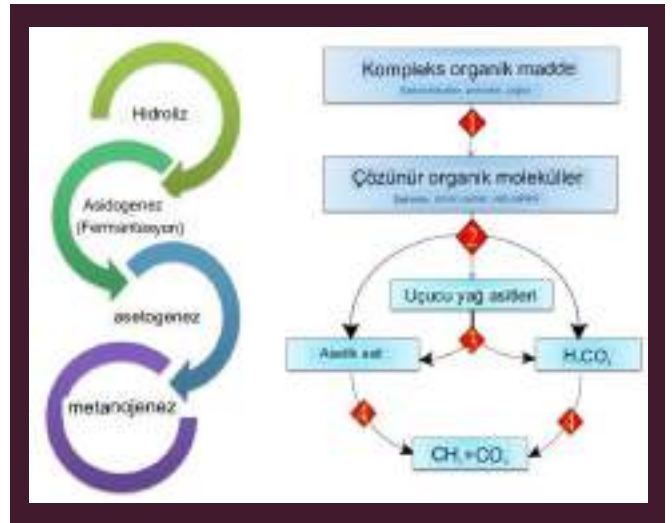


Şekil 3: Anaerobik Çürütücü



Anaerobik Sindirim Aşamaları

Anaerobik sindirim süreci dört aşamada gerçekleşir: hidroliz, asidojeniz, asetojeniz ve metanojeniz. Bu aşamalar dört işlemin her birini gerçekleştirebilen çeşitli mikroorganizmalar arasındaki etkileşimlere dayanır. Tek kademeli kesikli reaktörlerde tüm atıklar aynı anda verilir ve dört aşamanın da aynı reaktör içinde sıralı olarak gerçekleşmesi sağlanır.



Şekil 4: Anaerobik Sindirimdeki Yolların Basitleştirilmiş Şeması

Boru hattı kalite standartlarını karşılayan biyogaz, doğal gaz boru hattı yoluyla dağıtılabilir. Konut ve ticari ortamlarda kullanılabilir. Ek olarak biyogaz, her ikisi de otomobiller ve kamyonlar için yakıt olarak kullanılabilen sıkıştırılmış doğal gaz (CNG) veya sıvılaştırılmış doğal gaz (LNG) üretmek için daha fazla temizleme ve yükseltme işleminden geçebilir.

Anaerobik Sindirim Nasıl Çalışır ve AD Sürecinde Neler Yapılır?

Biyogaz, mikroorganizmaların organik maddeleri hava veya oksijen olmayan bir ortamda parçaladığı anaerobik sindirim yoluyla üretilir. Ortaya çıkan biyogaz, eser miktarda su buharı ve diğer gazlarla birlikte çoğunlukla metan (CH₄) ve karbondioksitten (CO₂) oluşur. Karbondioksit ve diğer gazların uzaklaştırılmasıyla biyogaz saflaştırılabilir ve geriye sadece doğal gazın ana bileşeni olan metan kalır. Anaerobik sindirim; reaktör olarak bilinen, çeşitli şekil ve boyutlarda gelen, tesis ve besleme stoku koşullarına göre ayarlanmış kapalı bir kap içinde gerçekleşir. Bu reaktörler atığı parçalayan (veya sindiren), biyogaz ve sindiriciden boşaltılan sindirici ürünü (AD işleminin katı ve sıvı malzeme son ürünleri) üreten karmaşık mikrobiyal topluluklar içerir. [6]

Anaerobik sindirimden sonra kalan malzeme "çürütülmüş madde" olarak bilinir. Orijinal organik materyalden geri dönüştürülmüş tüm besinleri içeren besin açısından zengin katı veya sıvı bir maddedir. Bu besinler bitkiler ve toprak zenginleştirme için daha kolay erişilebilir bir formdadır ve bu da çürütülmüş ürünün ekinler için mükemmel bir gübre haline getirir.

Birlikte sindirim birden fazla organik materyali tek bir çürütücüde birleştirme uygulamasıdır. Bu uygulama diğerlerinin yanı sıra gübre, gıda atığı (işleme, dağıtım ve tüketici tarafından üretilen atık dahil), enerji mahsulleri, mahsul atıkları, yağlar, sıvı yağlar ve gres (FOG) gibi malzemeleri içerir. Düşük verimli ve sindirilmesi zor organik atık kaynakları biyogaz üretimini artırabileceği için birlikte yakma avantajlıdır.

Aşağıdaki malzemeler genellikle organik olarak sınıflandırılır ve bir sindiricide işlenebilir:

- Hayvan gübreleri
- Gıda atıkları
- Katı ve sıvı yağlar
- Gresler
- Endüstriyel organik atıklar
- Arıtma çamuru (biyo-katı maddeler)

Spesifik hammaddeden (gıda atığı, hayvan gübresi veya atık su çamuru) bağımsız olarak tüm anaerobik çürütme sistemleri aynı temel ilkeleri takip eder. Sistemler arasında tasarımda farklılıklar olsa da temel süreç değişmeden kalır.[7]

- 1 **Anaerobik çürütücüler**, karmaşık organik polimerleri daha küçük bileşenlere ayırmak için hidroliz yöntemini kullanır. Hidrolitik bakterilerden elde edilen enzimler karbonhidratları, lipitleri ve proteinleri şekerlere, uzun zincirli yağ asitlerine ve amino asitlere dönüştürür. Atık ön arıtma yoluyla hidrolizi hızlandırmak için çaba sarf edilmektedir. Optimal koşullar 30-50 °C ve pH 5-7'dir.
- 2 **Asit oluşumu**: Asidik mikroorganizmalar hidroliz ürünlerini emerek asetat, propiyonat ve bütirat gibi uçucu yağ asitlerini (VFA'lar) oluşturur. Asidojenez diğer aşamalardan daha hızlıdır ve yenilenmesi 36 saatten az sürer. Çok fazla VFA asitlemesi çürütücünün bozulmasına neden olabilir.
- 3 **Asetojenez**: Asetojenez bazı substratları asetata dönüştürürken daha yüksek VFA'lar daha fazla dönüşüm gerektirir. Hidrojen üretilir ancak kontrol edilmesi gerekir. Lipitler ayrı bir yoldan asetata dönüştürülür. Yalnızca çift karbonlu LCFA'lar asetata dönüşür.
- 4 **Metanojenez**: Metanojenez mikroorganizmaların ara maddelerden metan ürettiği son aşamadır. Metanojenler oksijene duyarlıdır ve belirli substratlarla sınırlıdır. Asetoklastik ve hidrojenotrofik metanojenez ana yollardır. Kesikli reaktörlerde metan oluşumu yaklaşık 40 gün sürer.



KAYNAKÇA:

- [1]: "Biogas Handbook." Teodorita Al Seadi, Dominik Rutz, Heinz Prassl, Michael Köttner, Tobias Finsterwalder, Silke Volk, Rainer. Janssen University of Southern Denmark Esbjerg, Denmark. October 2008.
- [2]: "Biogas energy." S.A. Tasneem Abbasi, S.M.Tauseef, India. November 3, 2011.
- [3]: "Biogas and its opportunities- review article." April 30, 2018. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11783-018-1037-8>
- [4]: New York Times, June 2, 2017.
- [5]: "Biogas Recovery." June 13, 2023. United states environmental protection agency. (EPA) <https://www.epa.gov/agstar/learning-about-biogas-recovery#adwork>
- [6]: "AgSTAR Project Development Handbook." April 2020, <https://www.epa.gov/sites/default/files/2014-12/documents/agstar-handbook.pdf>
- [7]: "Anaerobic Digestion and Biogas." United states environmental protection agency. (EPA) August 31, 2022. <https://www.epa.gov/agstar/how-does-anaerobic-digestion-work>
- [8]: "A Review of the Processes, Parameters, and Optimization of Anaerobic Digestion". 11 October 2018. Department of Civil and Environmental Engineering, New Jersey Institute of Technology, Newark, NJ 07102, USA.

BIOGAS

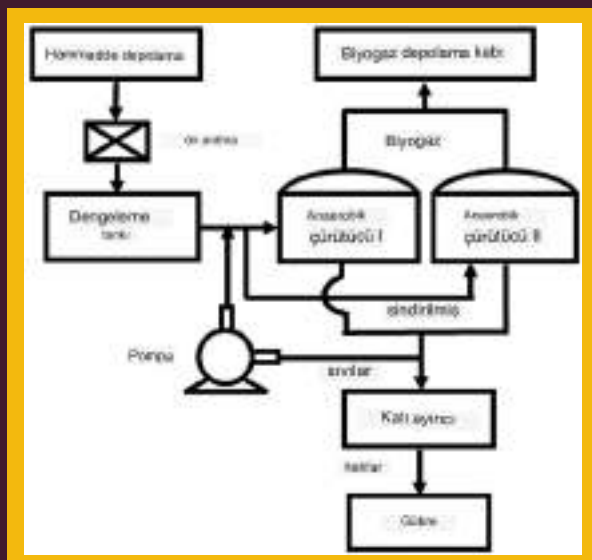
BUSE TAŞKESEN
ANKARA UNIVERSITY
3RD YEAR STUDENT

Biogas is generated through the anaerobic digestion of organic materials such as plant and animal products by bacteria in an environment without oxygen. This process involves breaking down the organic matter to produce biogas, which consists of energy-rich gases, along with beneficial soil products in the form of liquids and solids. While anaerobic digestion naturally occurs in various settings like landfills and certain livestock manure management systems, it can be enhanced, regulated and confined through the use of an anaerobic digester.

Biogas is predominantly composed of methane (CH₄), which is the primary constituent of natural gas, comprising a significant proportion (ranging from 50 to 75 percent). Additionally, it contains carbon dioxide (CO₂), hydrogen sulfide (H₂S), water vapor and trace quantities of various other gases. The energy content of biogas allows for versatile applications such as providing heat, generating electricity and powering cooling systems, among other uses akin to natural gas. [1]

Moreover, biogas can be refined by eliminating inert or less valuable components (CO₂, water, H₂S, etc.), resulting in renewable natural gas (RNG). This RNG can be sold and injected into the existing natural gas distribution network, compressed for use as a vehicle fuel or further processed to create alternative transportation fuels, energy products and advanced biochemicals and bioproducts. When utilized for combined heat and power (CHP) operations, biogas serves dual purposes. Alternatively, it can be converted into electricity through the application of combustion engines, fuel cells or gas turbines with the generated electricity employed on-site.

Figure 1: Biogas Production Flowchart



Some organic wastes are more difficult to break down in a digester than others. Food waste, fats, oils and greases are the easiest organic wastes to break down while livestock waste tends to be the most difficult. Mixing multiple wastes in the same digester, referred to as co-digestion, can help increase biogas yields. [2]

THE BENEFITS OF BIOGAS

Stored biogas offers a reliable, renewable and environmentally friendly option for baseload power, serving as a substitute for coal or natural gas. Just like natural gas, biogas can be swiftly scaled up to provide peak power when needed. The utilization of stored biogas helps to minimize methane emissions released into the atmosphere and decreases reliance on fossil fuels. Furthermore, compressed natural gas produced from biogas leads to a remarkable 91 percent reduction in greenhouse gas emissions compared to petroleum gasoline. [3] Beyond its positive impact on the climate, anaerobic digestion can lower waste remediation costs and contribute to local economies.

As an example, New York City spends roughly \$400 million each year to transport 14 million tons of waste to incinerators and landfills. Diverting that waste to anaerobic digestion would turn a cost into an opportunity, generating revenue from energy production and co-products.[4]

Renewable natural gas (RNG), also known as biomethane, is biogas that has undergone purification to eliminate carbon dioxide, water vapor, and other trace gases, aligning it with the standards set by the natural gas industry. This refined RNG can be seamlessly integrated into the current natural gas grid, including pipelines and can be used interchangeably with traditional natural gas.

Biogas is produced throughout the anaerobic digestion process. Biogas is a renewable energy source that can be used in a variety of ways:

- Power engines produce mechanical power, heat and/or electricity (including combined heat and power systems).
- Fuel boilers and furnaces, heating digesters and other spaces.
- Run alternative-fuel vehicles.
- Supply homes and businesses through the natural gas pipelines.

The utilization and efficiency of biogas depend on its quality. Biogas is commonly purified to eliminate carbon dioxide, water vapor and other trace impurities, which enhances its energy content.

Lower-quality biogas is typically employed in rugged, less efficient engines like internal combustion engines. On the other hand, higher-quality biogas, free of trace contaminants, can be used in more efficient yet more delicate engines.

Figure 2: Anaerobic Digester

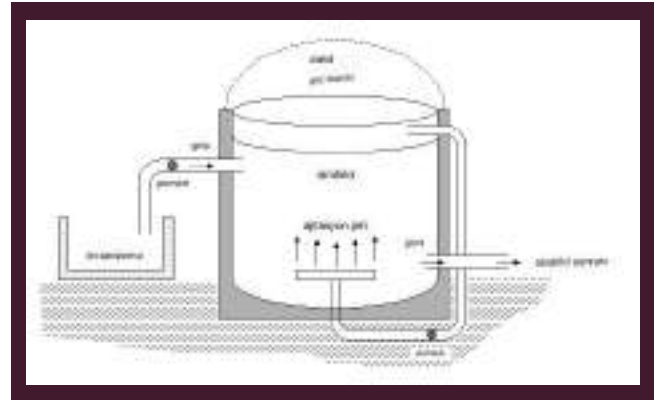
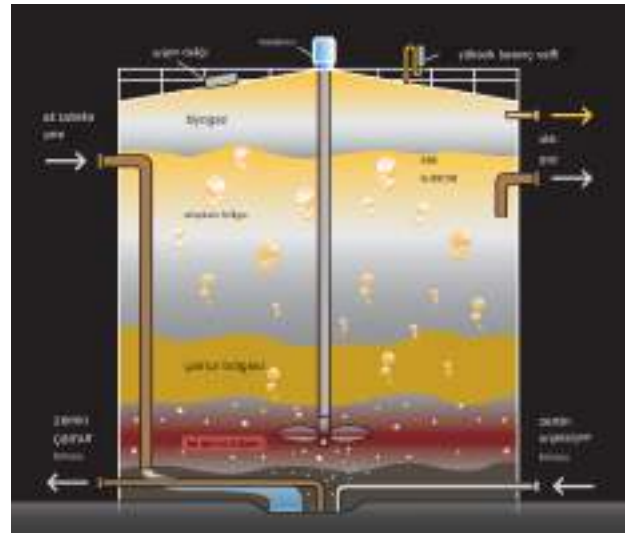


Figure 3: Anaerobic Digester



Stages of Anaerobic Digestion

The process of anaerobic digestion takes place through four stages: hydrolysis, acidogenesis, acetogenesis and methanogenesis. These stages rely on the interactions between diverse microorganisms capable of performing each of the four processes. In single-stage batch reactors, all wastes are introduced simultaneously, enabling all four stages to take place sequentially within the same reactor.

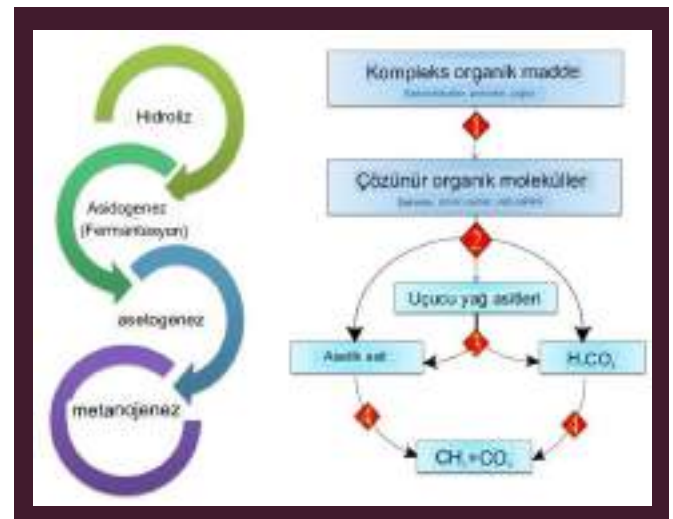


Figure 4: The Simplified Scheme of Pathways in Anaerobic Digestion

Biogas that meets pipeline quality standards can be distributed through the natural gas pipeline and used in residential and commercial settings. Additionally, biogas can undergo further cleaning and upgrading to produce compressed natural gas (CNG) or liquefied natural gas (LNG), both of which can be utilized as fuels for cars and trucks. [5]

How Does Anaerobic Digestion Work and What is Made During the AD Process?

Biogas is produced through anaerobic digestion in which microorganisms break down organic materials in an environment without air or oxygen. The resulting biogas primarily consists of methane (CH₄) and carbon dioxide (CO₂), with trace amounts of water vapor and other gases. By removing carbon dioxide and other gases, the biogas can be purified, leaving only methane which is the main component of natural gas. Anaerobic digestion occurs within a sealed vessel known as a reactor which is tailored to the site and feedstock conditions, coming in various shapes and sizes. These reactors contain complex microbial communities that break down (or digest) the waste and produce resultant biogas and digestate (the solid and liquid material end-products of the AD process) which is discharged from the digester. [6]

The material remaining after anaerobic digestion is known as "digestate". It is a nutrient-rich solid or liquid substance that contains all the recycled nutrients from the original organic material. These nutrients are in a more easily accessible form for plants and soil enrichment, making digestate an excellent fertilizer for crops.

Co-digestion is the practice of combining multiple organic materials in a single digester. This includes materials such as manure, food waste (including processing, distribution and consumer-generated waste), energy crops, crop residues, fats, oils and greases (FOG), among others. Co-digestion proves advantageous as it can enhance biogas production from low-yielding or challenging-to-digest organic waste sources.

The following materials are commonly categorized as "organic" and can undergo processing in a digester:

- Animal manures
- Food scraps
- Fats, oils and greases
- Industrial organic residuals
- Sewage sludge (biosolids)

Regardless of the specific feedstock, all anaerobic digestion systems follow the same fundamental principles. Whether it's food waste, animal manure or wastewater sludge, the process adheres to these principles. While there may be variations in design among systems, the underlying process remains essentially unchanged. [7]

- 1 **Hydrolysis:** Anaerobic digesters use hydrolysis to break down complex organic polymers into smaller components. Enzymes from hydrolytic bacteria convert carbohydrates, lipids and proteins into sugars, long-chain fatty acids and amino acids. Efforts are made to expedite hydrolysis through waste pretreatment. Optimal conditions are 30-50°C and pH 5-7.
- 2 **Acidogenesis:** Acidic microorganisms absorb hydrolysis products, creating volatile fatty acids (VFAs) like acetates, propionate and butyrate. Acidogenesis is faster than other stages and takes less than 36 hours to regenerate. Too much VFA acidification can lead to digester failure.
- 3 **Acetogenesis:** Acetogenesis converts some substrate into acetate, while higher VFAs require further conversion. Hydrogen is produced but needs to be controlled. Lipids are converted to acetate through a separate pathway. Only even-carbon LCFAs degrade to acetate.
- 4 **Methanogenesis:** Methanogenesis is the final stage in which microorganisms produce methane from intermediates. Methanogens are sensitive to oxygen and limited to specific substrates. Acetolactic and hydrogenotrophic methanogenesis are the main pathways. Methanogenesis takes about 40 days in batch reactors. [8]



References:

- [1]: "Biogas Handbook." Teodorita Al Seadi, Dominik Rutz, Heinz Prassl, Michael Köttner, Tobias Finsterwalder, Silke Volk, Rainer. Janssen University of Southern Denmark Esbjerg, Denmark. October 2008.
- [2]: "Biogas energy." S.A. Tasneem Abbasi, S.M.Tauseef, India. November 3, 2011.
- [3]: "Biogas and its opportunities- review article." April 30, 2018. <https://link.springer.com/article/10.1007/s11783-018-1037-8>
- [4]: New York Times, June 2, 2017.
- [5]: "Biogas Recovery." June 13, 2023. United states environmental protection agency. (EPA) <https://www.epa.gov/agstar/learning-about-biogas-recovery#adwork>
- [6]: "AgSTAR Project Development Handbook." April 2020, <https://www.epa.gov/sites/default/files/2014-12/documents/agstar-handbook.pdf>
- [7]: "Anaerobic Digestion and Biogas." United states environmental protection agency. (EPA) August 31, 2022. <https://www.epa.gov/agstar/how-does-anaerobic-digestion-work>
- [8]: "A Review of the Processes, Parameters, and Optimization of Anaerobic Digestion". 11 October 2018. Department of Civil and Environmental Engineering, New Jersey Institute of Technology, Newark, NJ 07102, USA.

HAVA KİRLİLİĞİ VE SCR SİSTEMLERİ

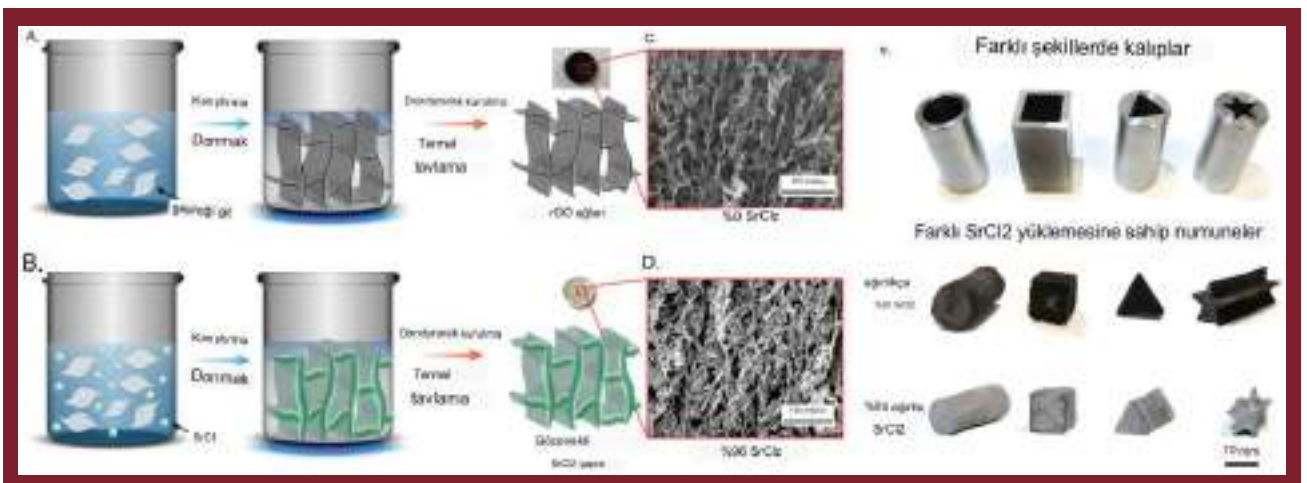
Hava kirliliği, son zamanlarda sonuçlarını küresel ısınma üzerinden göstermekle birlikte önemi alınmadığı takdirde daha ciddi sorunlara yol açacak gibi duruyor. Bu sıcak yaz günlerinde hava kirliliğinin sonuçlarını tecrübe etmekteyken bu yazımda hava kirliliğinin sebeplerinden sadece biri olan NO_x emisyonunun ana kaynağı araç egzozlarından ve bunun en yaygın çözümü SCR sistemlerinden bahsetmek istiyorum.

NO_x 'in en zararlı hava kirleticilerinden (örnek: NO, NO₂) ve COVID-19 ölümlerine en çok katkıda bulunanlardan biri olduğu, dünya çapında pek çok çevre ve sağlık sorununa yol açtığı bilinmektedir. Seçici Katalitik İndirgeme Sistemi (SCR) araç egzozundan NO_x'i ortadan kaldırmak için NH₃ 'ü indirgeyici olarak kullanan en yaygın çözümlerden biridir.

SCR sistemlerindeki bir diğer bileşik, amonyak emme konusundaki büyük kapasitesi ve amonyağı serbest bırakmak için minimum enerji harcaması nedeniyle stronsiyum klorürdür. (SrCl₂). Amonyak (NH₃) taşıyıcısı olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Ancak SrCl₂'den Sr(NH₃)₈Cl₂'ye ve tekrar SrCl₂'ye olan absorpsiyon-desorpsiyon döngüleri sırasında meydana gelen büyük hacimli salınım nedeniyle amonyak depolama uygulamaları için SrCl₂'yi organize etmek zordur. Ayrıca Sr(NH₃)₈Cl₂'nin toz halinde uygulanması alanın verimsiz kullanımına, basınç düşüşüne, zayıf emme ve salma kinetiğine, kontrol edilemeyen performans ve araçlarda patlama riskine neden olabilir. Bu nedenle indirgenmiş grafen oksit (rGO) ağları tarafından desteklenen ve ağırlıkça %96'ya kadar SrCl₂ ile yüklenen gözenekli bir SrCl₂ yapısı tercih edilmektedir. Yapılandırılmış SrCl₂ topakları, NH₃ absorpsiyonunun ilk döngüsünden hemen sonra parçalanır ancak ağırlıkça %80 SrCl₂ yüklemeli optimize edilmiş gözenekli SrCl₂-rGO kompoziti, amonyak absorpsiyon-desorpsiyon döngüleri sırasında dağılmadan hacim salınımına uyum sağlayan makro ve mikro yapıyı korur. Saf SrCl₂ topakla karşılaştırıldığında yapılandırılmış gözenekli ağırlığı %80 SrCl₂-rGO olan kompozit, emme ve desorpsiyonda sırasıyla %140 ve %540 daha hızlı olan absorpsiyon-desorpsiyon kinetiği sergiler. rGO ağlarının artan yüzey alanı ve gözeneklerine SrCl₂ partiküllerinin dahil edilmesi, hızlı amonyak emme-bırakma kinetiği olan ve kendi kendini ayarlayan "nefes alma" sayesinde hacim salınımını azaltan güçlü ve kararlı bir yapı üretir. Bu da araçlardaki patlama riskini ciddi oranda azaltır. Bu işlemleri adım adım özetlemek gerekirse:

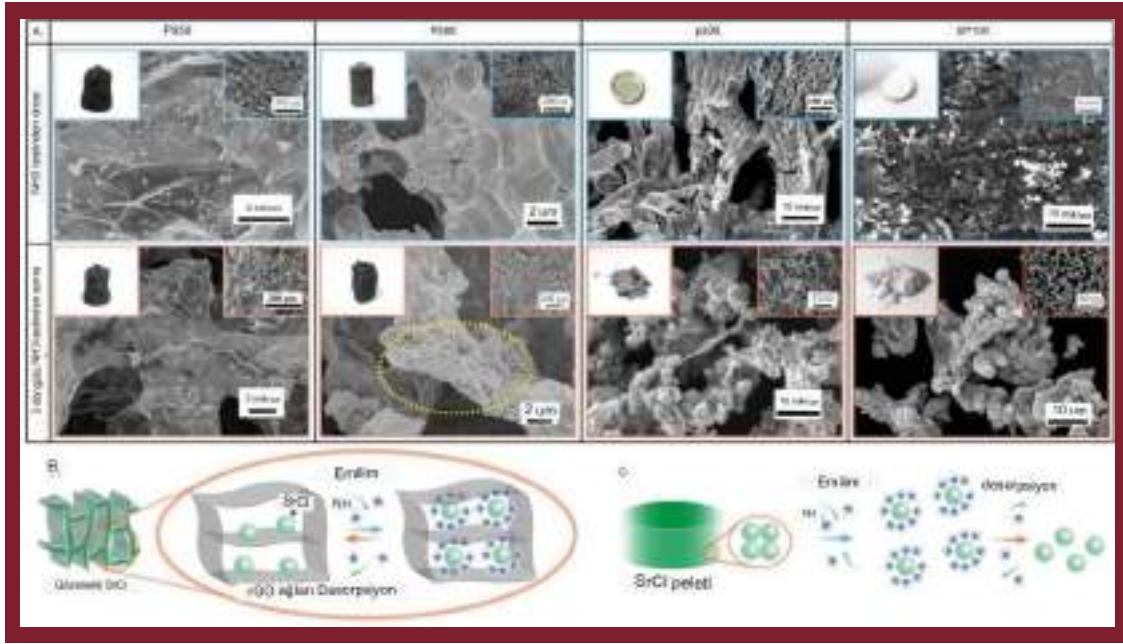
1) Amonyak taşıyıcı olarak SrCl₂-rGO kompozitleri olan gözenekli bir yapı tasarlamak:

- Ultrasonik karıştırma, dondurarak kurutma ve termal tavlama işlemi yoluyla rGO ağlarının üretim süreci
- Ultrasonik karıştırma, dondurarak kurutma ve termal tavlama işlemi yoluyla gözenekli SrCl₂-rGO kompozitlerinin üretim süreci
- rGO ağlarının SEM görüntüleri
- Gözenekli SrCl₂ yapısının SEM görüntüleri
- Çeşitli şekillerdeki kalıplarla gözenekli SrCl₂-rGO kompozit numuneleri, farklı SrCl₂ yüklemelerinde farklı geometriler için uygundur. [1]



Şekil 1

2-) PS80 emme ve salma için optimize edilmiş, hacim genişlemesini ve hızlı amonyak emme-salma kinetiğini barındıran sağlam bir yapı sunar. SP100'e kıyasla daha kısa difüzyon uzunluğu vardır. Amonyak emilim ve desorpsiyonunda daha hızlı olan bu iyileştirmeler hem yapı hem de kinetik açısından AEMH'lerin amonyak taşıyıcıları olarak uzun süredir devam eden sorunlarını çözer.



Şekil 2

SCR sistemleri hava kirliliği için en etkili çözümlerden sadece biridir. Hava kirliliğini önlemek için araç sayısını azaltıp toplu taşımaları kullanmak gibi basit yolları da seçebiliriz. **Daha temiz günlerde görüşebilmek dileğiyle.**

KAYNAKÇA:

[1] Zhejian Cao and Farid Akhtar, Porous Strontium Chloride Scaffolded by Graphene Networks as Ammonia Carriers, Advanced Functional Materials, 2021, 31, 2008505

[Şekil 1] Zhejian Cao and Farid Akhtar, Porous Strontium Chloride Scaffolded by Graphene Networks as Ammonia Carriers, Advanced Functional Materials, 2021, 31, 2008505

[Şekil 2] Zhejian Cao and Farid Akhtar, Porous Strontium Chloride Scaffolded by Graphene Networks as Ammonia Carriers, Advanced Functional Materials, 2021, 31, 2008505

[Şekil 3] Nilay Deniz Camkese, 07.11.2022 (Görsel yazara aittir.)



Şekil 3

AIR POLLUTION AND SCR SYSTEMS

Air pollution, although its effects are increasingly demonstrated through global warming, seems likely to cause more serious problems if not addressed. Experiencing the consequences of air pollution during these hot summer days, in this article, I would like to discuss one of the main sources of air pollution, NO_x emissions, which originate mainly from vehicle exhausts and the most common solution for this, SCR systems.

NO_x, which includes harmful air pollutants (e.g., NO, NO₂), and is one of the major contributors to COVID-19 deaths, is known to cause numerous environmental and health issues worldwide. Selective Catalytic Reduction (SCR) systems are one of the most common solutions that use NH₃ as a reducing agent to eliminate NO_x from vehicle exhausts.

Another compound in SCR systems is strontium chloride (SrCl₂), due to its high capacity for ammonia absorption and minimal energy consumption to release ammonia. Ammonia (NH₃) is commonly used as an ammonia carrier. However, organizing SrCl₂ for ammonia storage applications is challenging due to the large-volume release during absorption-desorption cycles from SrCl₂ to Sr(NH₃)₈Cl₂ and back to SrCl₂. Additionally, applying Sr(NH₃)₈Cl₂ in powdered form can lead to inefficient utilization of space, pressure drop, weak absorption and desorption kinetics, uncontrolled performance and explosion risk in vehicles. Therefore, a porous SrCl₂ structure supported by reduced graphene oxide (rGO) networks, loaded with up to 96% SrCl₂ by weight, is preferred. Structured SrCl₂ aggregates break down immediately after the first cycle of NH₃ absorption but the optimized porous SrCl₂-rGO composite, loaded with 80% SrCl₂ by weight, maintains a macro and microstructure that adapts to volume changes without disintegration during ammonia absorption-desorption cycles. Compared to pure SrCl₂ aggregates, the structured porous composite with 80% SrCl₂-rGO by weight exhibits absorption-desorption kinetics that are 140% and 540% faster, respectively. The incorporation of SrCl₂ particles into rGO networks with increased surface area and pores creates a strong and stable structure that reduces volume changes through fast ammonia absorption-release kinetics and self-adjusting "breathing" significantly decreasing the risk of explosions in vehicles. To summarize these steps:

1) Designing a porous structure with SrCl₂-rGO composites as ammonia carriers:

- Production process of rGO networks through ultrasonic mixing, freeze-drying and thermal annealing
- Production process of porous SrCl₂-rGO composites through ultrasonic mixing, freeze-drying and thermal annealing
- SEM images of rGO networks
- SEM images of the porous SrCl₂ structure
- Porous SrCl₂-rGO composite samples with various shapes suitable for different geometries with different SrCl₂ loadings. [1]

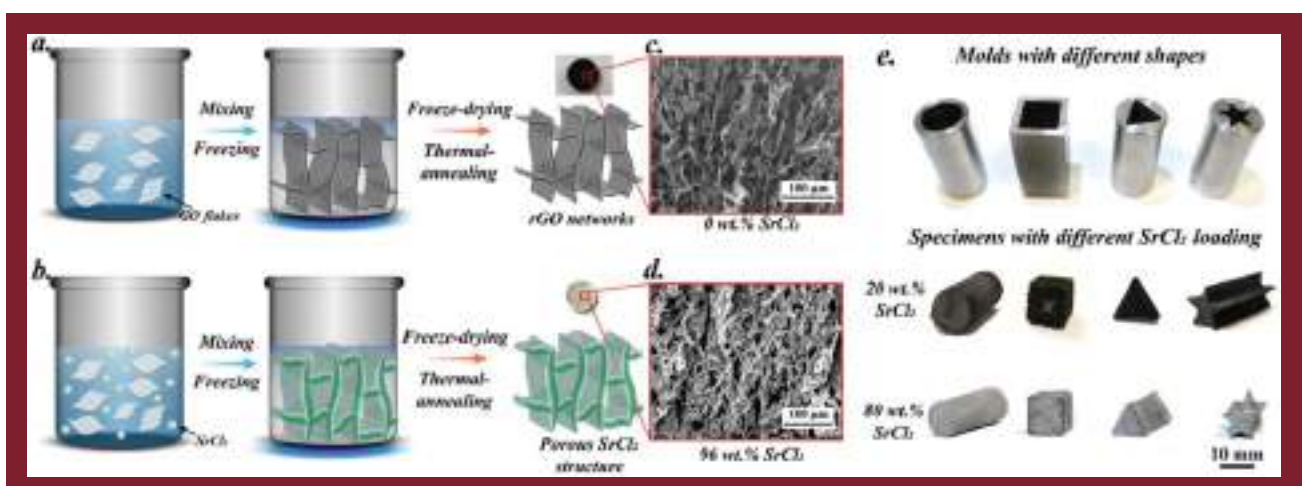


Figure 1

2) Optimized for absorption and desorption of PS80, it offers a robust structure with volume expansion and rapid ammonia absorption-desorption kinetics. It has a shorter diffusion length compared to SP100. These improvements in ammonia absorption and desorption, both structurally and kinetically, resolve long-standing issues with ammonia carriers in AEMHs.

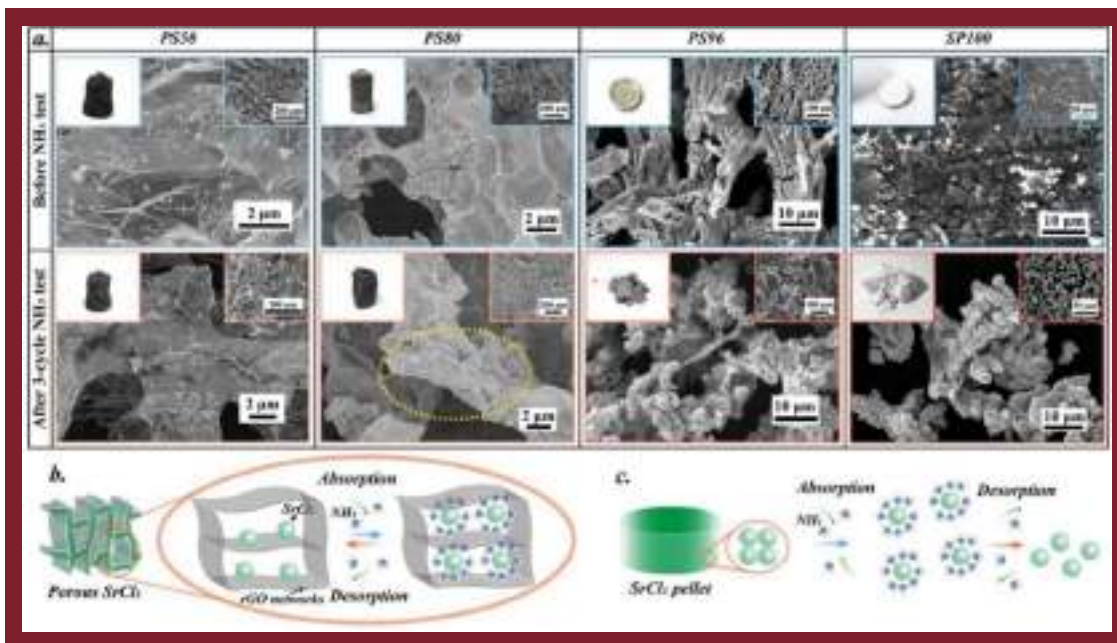


Figure 2

SCR systems are only one of the effective solutions for air pollution. To prevent air pollution, we can also opt for simple measures such as reducing the number of vehicles and using public transportation. **Wishing for cleaner days ahead when visibility improves.**

RESOURCES:

[1]-Zhejian Cao and Farid Akhtar, Porous Strontium Chloride Scaffolded by Graphene Networks as Ammonia Carriers, Advanced Functional Materials, 2021, 31, 2008505

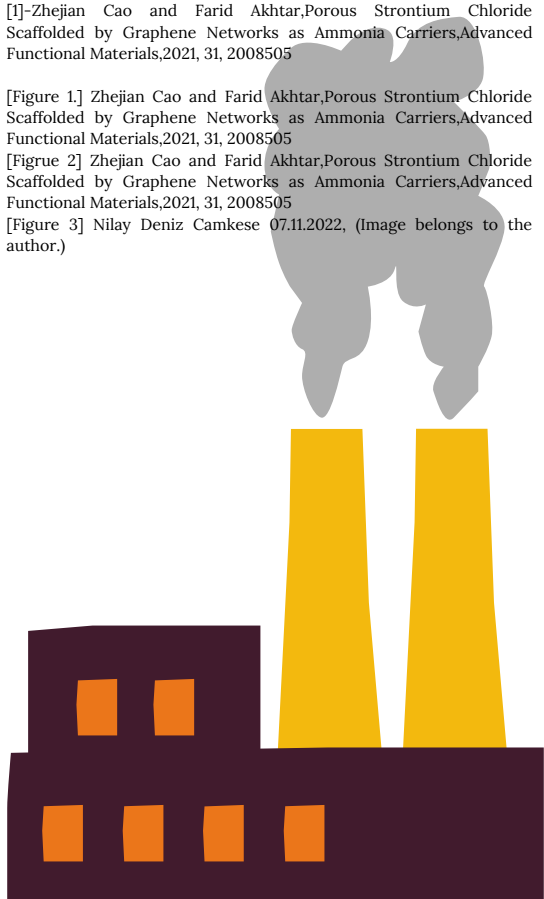
[Figure 1] Zhejian Cao and Farid Akhtar, Porous Strontium Chloride Scaffolded by Graphene Networks as Ammonia Carriers, Advanced Functional Materials, 2021, 31, 2008505

[Figure 2] Zhejian Cao and Farid Akhtar, Porous Strontium Chloride Scaffolded by Graphene Networks as Ammonia Carriers, Advanced Functional Materials, 2021, 31, 2008505

[Figure 3] Nilay Deniz Camkese 07.11.2022, (Image belongs to the author.)



Figure 3



BİLİMSEL YAYIN ARŞİVİ

Derleyenler:

İrem COŞKUN - Ankara Üniversitesi 4. Sınıf Öğrencisi

Aslı OYMAN - Orta Doğu Teknik Üniversitesi 4. Sınıf Öğrencisi

Bora MUTLU - Orta Doğu Teknik Üniversitesi 2. Sınıf Öğrencisi

Fatoş ANDİÇ - Hacettepe Üniversitesi 2. Sınıf Öğrencisi



TÜRKİYE'DE EĞİTİM VEREN
KİMYA MÜHENDİSLİĞİ
ARAŞTIRMACILARININ
YAYIMLARINI -
ARAŞTIRMALARINI
TAKİP EDİYORUZ!

KİMYA MÜHENDİSLİĞİ ALANINDA YAYIMLANAN ULUSLARARASI BİLİMSEL MAKALELER*

*NİSAN 2023 - TEMMUZ 2023 ARALIĞINDA YAYIMLANAN MAKALELERİ İÇERMEKTEDİR

Günümüzde her yıl değerli araştırmacılarımız ve bilim insanlarımız bilim dünyasına katkılar sunmaktadır. Kimya Mühendisliği bölümü çeşitli bilim alanların içinde barındıran zengin bir meslek dalıdır. Türkiye'de Kimya Mühendisliği eğitimi alan meslektaşlarımız güncel makaleleri ilgili araştırmacının web sitesinden yada araştırmaya yönelik çeşitli başlıklardan makalelere ulaşabilmektedir. Peki bizim her yıl Türkiye'de yayınlanan Kimya Mühendisliği araştırmalarını tek bir datadan edinebilme ve takip edebilme olanağımız nedir? İşte bu soruyla beraber bu çalışma ortaya çıkmıştır, biz bu olasılığı artırmak ve size bilim dünyasında yapılan gelişmeleri tek bir kaynaktan sunmak istedik. Türkiye'deki Kimya Mühendisliği bölümünde eğitim veren değerli öğretim üyelerimizin ve araştırma görevlilerimizin 2022 yılında yapmış oldukları bilimsel yayınları üniversitelerin web sitelerinden bunlara bağlı eklenti web sitelerinden ilk e-dergimizden itibaren derlemeye çalıştık. Şimdi aynı şekilde dört ayda bir yayımlanacak olan CARBONO6 dergimizde dört aylık süreçlerle yayımlanmış olan yayınları sizler için derliyoruz. Biliyoruz ki bilimsel yayınları takip etmek bilimsel düşüncenin temelidir. Kullandığımız kaynaklardan başlıcaları üniversite web sayfaları, avesis, scopus, google scholar ve researchgate'dir. Yayınlanan bilimsel makaleler araştırmacılarımızın altında sıralı olarak vermiştir.

Yaşasın bilimin özgürlüğü!

İÇİNDEKİLER

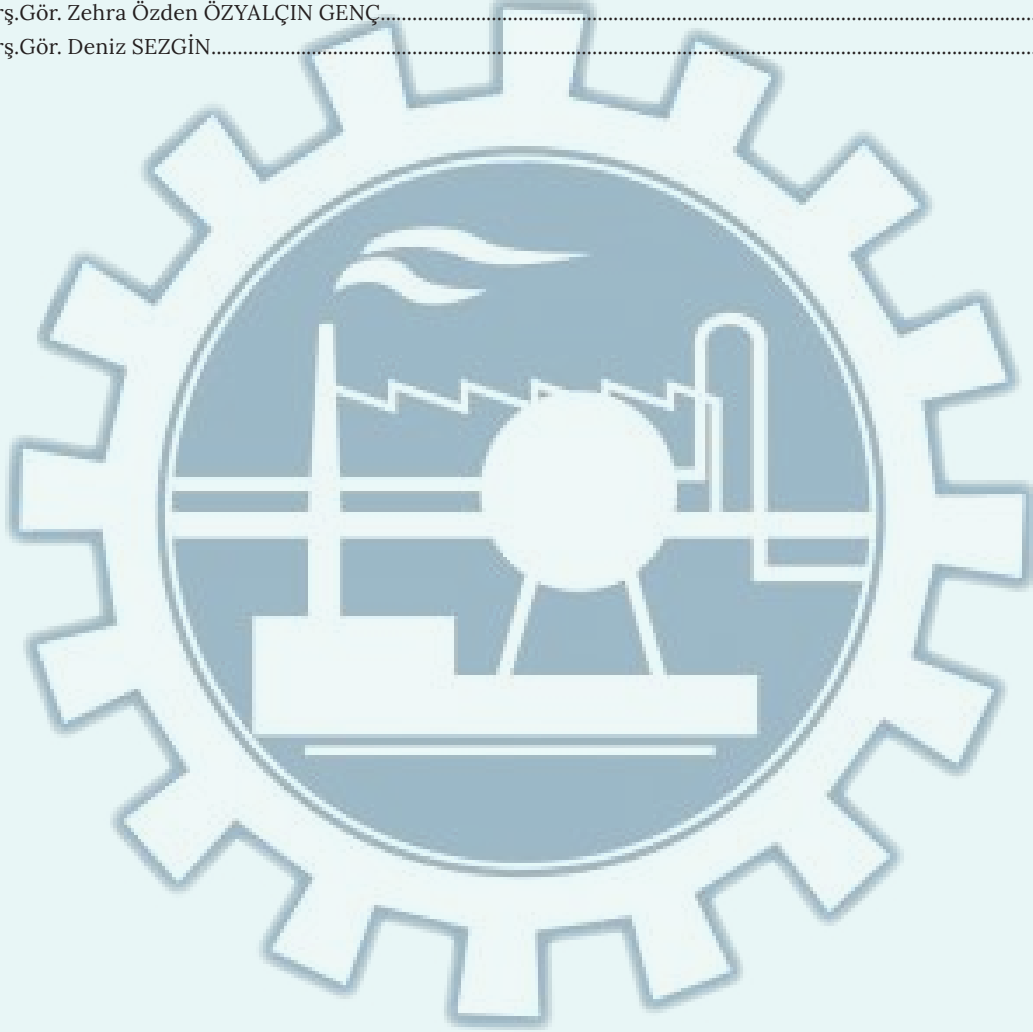
1. AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ.....	47
Prof. Dr. Cemal ÇİFCİ.....	47
Doç. Dr. İbrahim BULDUK.....	47
Dr. Öğr. Üyesi Oğuzhan ALAGÖZ.....	47
Dr. Öğr. Üyesi Serkan ELÇİN.....	47
2. ANKARA ÜNİVERSİTESİ.....	47
Prof. Dr. Emine BAYRAKTAR.....	47
Prof. Dr. Zekiye Serpil TAKAÇ.....	47
Prof. Dr. Nuray YILDIZ.....	47
Doç. Dr. Berna TOPUZ.....	47
Dr. Öğr. Üyesi Ayşe Ezgi ÜNLÜ BÜYÜKTOPÇU.....	47
Dr. Öğr. Üyesi İffet Işıl GÜRTEN İNAL.....	47
3. ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ.....	47
Prof. Dr. Ayşe BAYRAKÇEKEN YURTCAN.....	47
4. ATILIM ÜNİVERSİTESİ.....	47
Prof. Dr. Atilla CİHANER.....	47
Doç. Dr. Enver GÜLER.....	47
5. BOĞAZİÇİ ÜNİVERSİTESİ.....	48
Prof. Dr. Kutlu ÜLGEN.....	48
Prof. Dr. Ramazan YILDIRIM.....	48
6. BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ.....	48
Doç. Dr. Turgay PEKDEMİR.....	48
7. BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ.....	48
Prof. Dr. Hülya KOYUNCU.....	48
Prof. Dr. Osman Nuri ŞARA.....	48
Doç. Dr. Derya ÜNLÜ.....	48
Arş. Gör. Ahmet KÖSE.....	48
Arş. Gör. Aycan ALTUN.....	48
8. ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ.....	48
Prof. Dr. Sermet KOYUNCU.....	48
Doç. Dr. Filiz UĞUR NİGİZ.....	48
Dr. Öğr. Üyesi Hanife ERDEN.....	48
Arş. Gör. Sinem ALTINIŞIK.....	49
9. ÇANKIRI KARATEKİN ÜNİVERSİTESİ.....	49
Doç. Dr. Ömer Faruk DİLMAÇ.....	49
Dr. Öğr. Üyesi Haluk KORUCU.....	49
Dr. Öğr. Üyesi Zehra Gülten YALÇIN.....	49
Öğr. Gör. Dr. Mücahit UĞUR.....	49
Arş. Gör. Dr. Mustafa DAĞ.....	49
Arş. Gör. Merve DURMAZ.....	49
10. EGE ÜNİVERSİTESİ.....	49
Prof. Dr. Nalan KABAY.....	49
11. ESKİŞEHİR OSMAN GAZİ ÜNİVERSİTESİ.....	49
Prof. Dr. İlknur DEMİRAL.....	49
Prof. Dr. Hilal DEMİR KIVRAK.....	50
Prof. Dr. Hakan DEMİRAL.....	50
Prof. Dr. Macid NURBAŞ.....	50
Doç. Dr. Belgin KARABACAĞOĞLU.....	50
Doç. Dr. Uğur MORALI.....	50
Doç. Dr. Salim EROL.....	50
Dr. Öğr. Üyesi Canan ŞAMDAN.....	50

12. ESKİŞEHİR TEKNİK ÜNİVERSİTESİ.....	50
Prof. Dr. Berrin Bozan.....	50
13. GAZİ ÜNİVERSİTESİ.....	50
Prof. Dr. Saliha ÇETİNYOKUŞ.....	50
Prof. Dr. Nursel DİLSİZ.....	50
Prof. Dr. Meltem DOĞAN.....	50
Prof. Dr. Metin GÜRÜ.....	50
Prof. Dr. Nuray OKTAR.....	51
Prof. Dr. Göksel ÖZKAN.....	51
Prof. Dr. Niyazi Alper TAPAN.....	51
Prof. Dr. Nail YAŞYERLİ.....	51
Prof. Dr. Sena YAŞYERLİ.....	51
Doç. Dr. Müjgan OKUR.....	51
Doç. Dr. Hacı Mehmet TAŞDEMİR.....	51
Dr. Öğr. Üyesi Birce PEKMEZCİ KARAMAN.....	51
Dr. Öğr. Üyesi Ceren OKTAR.....	51
14. GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ.....	51
Prof. Dr. Rezan DEMİR ÇAKAN.....	51
Prof. Dr. Mehmet MELİKOĞLU.....	51
Doç. Dr. Esra Bilgin ŞİMŞEK.....	52
Doç. Dr. İrem FIRTINA ERTİŞ.....	52
Doç. Dr. Başak TEMUR ERGAN.....	52
Dr. Öğr. Üyesi Emrah KIRTIL.....	52
Dr. Öğr. Üyesi Özgün YÜCEL.....	52
Arş. Gör. Emine Sena KAZAN KAYA.....	52
Arş. Gör. Selin SARIYER.....	53
15. HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ.....	53
Prof. Dr. Süleyman Ali TUNCEL.....	53
Prof. Dr. Yeşim SAĞ AÇIKEL.....	53
Prof. Dr. Zümriye AKSU.....	53
Prof. Dr. Nihal AYDOĞAN.....	53
Prof. Dr. Menemşe GÜMÜŞDERELİOĞLU.....	53
Doç. Dr. Eda ÇELİK AKDUR.....	53
Doç. Dr. F. Çiğdem KİP.....	53
Dr. Öğr. Üyesi Işıl GERÇEK BEŞKARDEŞ.....	53
Dr. Öğr. Üyesi Aslıhan GÖKALTUN.....	53
Dr. Öğr. Üyesi Gökçe Dicle KALAYCIOĞLU.....	54
Dr. Öğr. Üyesi Hande GÜNAN YÜCEL.....	54
16. İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ.....	54
Prof. Dr. Ahmet BAYSAR.....	54
Prof. Dr. Sinan YAPICI.....	54
Prof. Dr. Hüseyin KARACA.....	54
Prof. Dr. A. Mehmet YÜCEER.....	54
Prof. Dr. Çiğdem SARICI ÖZDEMİR.....	54
Doç. Dr. Nizamettin DEMİRKIRAN.....	54
Doç. Dr. Yunus ÖNAL.....	54
Dr. Öğr. Üyesi Emir TOSUN.....	54
17. İSTANBUL SAĞLIK VE TEKNOLOJİ ÜNİVERSİTESİ.....	54
Dr. Öğr. Üyesi Hakan SERBEST.....	54
Dr. Öğr. Üyesi Fatoş Ayça ÖZDEMİR OLGUN.....	55
18. İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ.....	55
Prof. Dr. Devrim Barış KAYMAK.....	55
Prof. Dr. Fatma Seniha GÜNER.....	55
Prof. Dr. Filiz KARAOSMANOĞLU.....	55
Prof. Dr. Gülhayat SAYGILI.....	55

Prof. Dr. Hanzade AÇMA.....	55
Prof. Dr. Hasan Can OKUTAN.....	55
Prof. Dr. Melek TÜTER.....	55
Prof. Dr. Melek Mümine EROL TAYGUN.....	55
Prof. Dr. Ömer ŞAHİN.....	55
Prof. Dr. Serdar YAMAN.....	56
Prof. Dr. Şerife Birgül ERSOLMAZ.....	56
Doç. Dr. Ahmet Alper AYDIN.....	56
Doç. Dr. Alper SARIOĞLAN.....	56
Doç. Dr. Ayşe Özge KÜRKCÜOĞLU LEVİTAS.....	56
Doç. Dr. Çiğdem ORAL.....	56
Doç. Dr. Nalan ERDÖL AYDIN.....	56
Doç. Dr. Nil ÖZBEK.....	57
Doç. Dr. Sinan KUTLUAY.....	57
Dr. Öğr. Üyesi Ayşe Banu KOCAĞA.....	57
Dr. Öğr. Üyesi Elif ÖZTÜRK ER.....	57
Araş. Gör. Ebru KAHRAMAN.....	57
Araş. Gör. İlayda Nur OKSAL.....	57
Araş. Gör. Kaan BÜYÜKKANBER.....	57
Araş. Gör. Merve YÜCE.....	57
Araş. Gör. Tuğba HAYRİ ŞENEL.....	57
Araş. Gör. Utku BURGUN.....	57
19. İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ CERRAHPAŞA.....	57
Prof. Dr. Gülten GÜRDAĞ.....	57
Prof. Dr. Ali DURMUŞ.....	57
Prof. Dr. Hüseyin DELİGÖZ.....	58
Prof. Dr. Serkan Emik.....	58
Prof. Dr. Mehmet Ali Faruk ÖKSÜZÖMER.....	58
Prof. Dr. İsmail BOZ.....	58
Prof. Dr. Muzaffer YAŞAR.....	58
Prof. Dr. İsmail AYDIN.....	58
Prof. Dr. Solmaz AKMAZ.....	58
Prof. Dr. İsmail İNCİ.....	58
Prof. Dr. Şah İsmail KIRBAŞLAR.....	58
Prof. Dr. Süheyla ÇEHRELİ.....	59
Prof. Dr. Selin ŞAHİN SEVGİLİ.....	59
Doç. Dr. Mehmet Koray GÖK.....	59
Doç. Dr. Tuba GÜRKAYNAK ALTINÇELİK.....	59
Doç. Dr. Mehtap ŞAKA BOROĞLU.....	59
Doç. Dr. Vedat SARIBOĞA.....	59
Doç. Dr. Aslı GÖK.....	59
Dr. Öğr. Üyesi Ebru KURTULBAŞ ŞAHİN.....	59
Arş. Gör. Göknur DÖNMEZ.....	59
Arş. Gör. Ayça MÜFTÜLER.....	59
Arş. Gör. Oğuz YÜCEL.....	59
Arş. Gör. İrem TOPRAKÇI YÜKSEL.....	60
20. İZMİR YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ.....	60
Prof. Dr. Aysun SOFUOĞLU.....	60
Prof. Dr. Erol ŞEKER.....	60
Prof. Dr. Fehime ÖZKAN.....	60
Prof. Dr. Funda TIHMİNOĞLU.....	60
Prof. Dr. Sacide ALSOY ALTINKAYA.....	60
Prof. Dr. Funda TIHMİNOĞLU.....	60
Prof. Dr. Sacide ALSOY ALTINKAYA.....	60
Doç. Dr. Abhisek DUTTA.....	60
Doç. Dr. Aslı Yüksel ÖZŞEN.....	60
Ar. Gör. Bekir Fırat ALTINBAŞ.....	60
Ar. Gör. Bengü GETİREN.....	60

Ar. Gör. Elif GÜNGÖRMÜŞ DELİİSMAİL.....	61
Ar. Gör. Gizem CİHANOĞLU.....	61
Ar. Gör. Yaşar Kemal RECEPOĞLU.....	61
21. KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ.....	61
Prof. Dr. Ayşe AYTAÇ	61
Doç. Dr. Bağdagül KARAAĞAÇ.....	61
Arş. Gör. Dr. Toygahan KUTLUK.....	61
22. MARMARA ÜNİVERSİTESİ.....	61
Prof. Dr. Atıf KOCA.....	61
Prof. Dr. Mehmet Sayıp EROĞLU.....	61
Prof. Dr. Gökçe Alev ÇİFTÇİOĞLU.....	61
Doç. Dr. Özge KERKEZ KUYUMCU.....	61
Doç. Dr. Sevgi POLAT.....	61
Dr. Öğr. Üyesi Müge SENNAROĞLU BOSTAN.....	61
Arş. Gör. Özlem BUDAK.....	62
23. ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ.....	62
Prof. Dr. Selim CEYLAN.....	62
Doç. Dr. Berker FİÇİCİLER.....	62
Dr. Öğr. Üyesi Elif Hatice GÜRKAN.....	62
Dr. Öğr. Üyesi Burak TEKİN.....	62
Arş. Gör. Esmâ Yeliz KAYA.....	62
Arş. Gör. Gülce ÇAKMAN.....	62
24. ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ.....	62
Prof. Dr. Pınar ÇALIK.....	62
Prof. Dr. Gürkan KARAKAŞ.....	62
Prof. Dr. Görkem KÜLAH.....	62
Prof. Dr. Yusuf ULUDAĞ.....	62
Doç. Dr. Emre BÜKÜŞOĞLU.....	62
Doç. Dr. Nazlı İLERİ ERCAN.....	62
Dr. Öğr. Üyesi Bahar İpek TORUN.....	62
Dr. Öğr. Üyesi Harun KOKU.....	62
Dr. Öğr. Üyesi Necip Berker ÜNER.....	62
25. PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ.....	63
Prof. Dr. Necip ATAR.....	63
Doç. Dr. Tufan TOPAL.....	63
26. SİVAS CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ.....	63
Prof. Dr. Ayten ATEŞ.....	63
Prof. Dr. Uğur ULUSOY.....	63
Dr. Öğr. Üyesi Zafer ÇIPLAK.....	63
27. ÜSKÜDAR ÜNİVERSİTESİ.....	63
Dr. Öğr. Üyesi Yaprak ÖZBAKIR.....	63
Dr. Öğr. Üyesi Aysun İpek PAKSOY.....	63
Arş. Gör. Özlem ŞİMŞEK.....	63
28. YALOVA ÜNİVERSİTESİ.....	63
Prof. Dr. Dilek ÖZMEN.....	63
Doç. Dr. Hatice Hande MERT.....	63
Doç. Dr. Mehmet BUĞDAYCI.....	64
Doç. Dr. Mesut YILMAZOĞLU.....	64
Arş. Gör. Ekin SELVİ.....	64
Arş. Gör. Nergiz Zeynep KANMAZ KELEŞOĞLU.....	64
Dr. Öğr. Üyesi Oya Irmak CEBECİ.....	64
Dr. Öğr. Üyesi Özlem TUNA.....	64

29. YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ.....	64
Prof. Dr. Hasan SADIKOĞLU.....	64
Prof. Dr. Aysel KANTÜRK FİGEN.....	64
Prof.Dr. Dilek KILIÇ.....	64
Prof.Dr. Azmi Seyhun KIPÇAK.....	65
Doç.Dr. Nurcan TUĞRUL.....	65
Doç.Dr. Nil ACARALI.....	65
Doç.Dr. Elçin YILMAZ.....	65
Doç.Dr. Müge SARI YILMAZ.....	65
Doç.Dr. Dilek DURANOĞLU DİNÇER.....	65
Dr.Öğr.Üyesi Sennur DENİZ.....	65
Dr.Öğr.Üyesi Semra KIRBOĞA OKUMUŞ.....	65
Arş.Gör. Mert Akın İNSEL.....	65
Arş.Gör. Zehra Özden ÖZYALÇIN GENÇ.....	65
Arş.Gör. Deniz SEZGİN.....	65



1. AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ

Prof. Dr. Cemal ÇİFCİ

1. Çifçi, C. (2023). Membranla ayırma işlemlerinin diğer ayırma işlemlerine göre avantajlı hale getirilmesi: Yorum. Uluslararası Batı Karadeniz Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi.

Doç. Dr. İbrahim BULDUK

1. Gungor, S., Akbel, E., Bulduk, İ. Development, Optimization, and Validation of HPLC Method for Quantification of Enzalutamide in Bulk and Pharmaceuticals. *Pharmaceutical Chemistry Journal*. (2023), 57, 451-459.

2. Korcan, S. E., Çankaya, N., Azarkan, S. Y., Bulduk, İ., Karaaslan, E. C., Kargioğlu, M., ... & Güvercin, G. (2023). Determination of Antioxidant Activities of Viscum album L.: First Report on Interaction of Phenolics with Survivin Protein using in silico Analysis. *ChemistrySelect*, 8(12), e202300130.

3. Bulduk, İ. & Topal, N. (2021). Development and Validation of a Quantification Method for L-DOPA in Plants and Pharmaceutical Materials. *Hacettepe Journal of Biology and Chemistry*, 49 (1), 1-10.

Dr. Öğr. Üyesi Oğuzhan ALAGÖZ

1. Çetinkaya, S., Özcan, L., Alagöz, O., Palmisano, L., & Yurdakal, S. (2023). Selective photoelectrocatalytic oxidation of 3-methylpyridine to vitamin B 3 by WO 3 decorated nanotube-structured TiO 2. *Chemical Communications*, 59(38), 5741-5744.

Dr. Öğr. Üyesi Serkan ELÇİN

1. Elçin, S., & Gönül, R. (2023). Synthesis and characterization of a chemosensor based on trisamidetetraazocalix [4] arene linked by melamine. *Monatshefte für Chemie-Chemical Monthly*, 154(3-4), 331-337.

2. ANKARA ÜNİVERSİTESİ

Prof. Dr. Emine BAYRAKTAR

1. Yürekli Bayar, E., Getiren, B., Soysal, F., Çıplak, Z., Yıldız, N., & Bayraktar, E., (2023). Graphene oxide/polyaniline/silver nanocomposite synthesis and photothermal performance. *Materials Research Bulletin*, vol.166.

Prof. Dr. Zekiye Serpil TAKAÇ

1. Keskin, A., Ünlü, A. E., & Takaç, Z. S., (2023). Utilization of olive mill wastewater for selective production of lipids and carotenoids by *Rhodotorula glutinis*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, vol.107, no.15, 4973-4985.

Prof. Dr. Nuray YILDIZ

1. Yürekli Bayar, E., Getiren, B., Soysal, F., Çıplak, Z., Yıldız, N., & Bayraktar, E., (2023). Graphene oxide/polyaniline/silver nanocomposite synthesis and photothermal performance. *Materials Research Bulletin*, vol.166.

Doç. Dr. Berna TOPUZ

1. Topuz, B., Kayı, H., Şahin, T., Ersoy, F. Ş., Günyaktı, A., & Karakeçili, A., (2023). Design of a Zr-based metal-organic framework as an efficient fosfomicin carrier: a combined experimental and DFT study. *New Journal of Chemistry*, vol.47, no.3, 1278-1290.

Dr. Öğr. Üyesi Ayşe Ezgi ÜNLÜ BÜYÜKTOPCU

1. Keskin, A., Ünlü, A. E., & Takaç, Z. S., (2023). Utilization of olive mill wastewater for selective production of lipids and carotenoids by *Rhodotorula glutinis*. *Applied Microbiology and Biotechnology*, vol.107, no.15, 4973-4985.

Dr. Öğr. Üyesi İffet Işıl GÜRTEN İNAL

1. Gürten İnal, İ. I., Koyuncu, F., & Güzel, F., (2023). Investigating the surface properties of red pepper industrial waste-based activated carbons for use as reversible supercapacitor electrodes. *Diamond And Related Materials*, vol.138, 110202-110210.

3. ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ

Prof. Dr. Ayşe BAYRAKÇEKEN YURTCAN

1. Khan, S., Shah, S. S., Bayrakçeken Yurtcan, A., Bahajaj, A. A. A., Zafar, A., & Janjua, N. K., (2023). Electrooxidation of ammonia at high-efficiency RuO₂-ZnO/Al₂O₃ and PdO-ZnO/Al₂O₃ mesoporous catalysts; an innovative strategy towards clean fuel technology. *Fuel*, vol.347.

2. Aykut, Y., & Bayrakçeken Yurtcan, A., (2023). The role of the EHC system in the transition to a sustainable energy future: A review. *International Journal of Hydrogen Energy*, vol.48, no.60, 23089-23109.

3. Mladenović, D., Daş, E., Santos, D. M. F., Bayrakçeken Yurtcan, A., & Šljukić, B., (2023). Highly Efficient Oxygen Electrode Obtained by Sequential Deposition of Transition Metal-Platinum Alloys on Graphene Nanoplatelets. *Materials*, vol.16, no.9.

4. ATILIM ÜNİVERSİTESİ

Prof. Dr. Atilla CİHANER

1. Ozkut, M. I., Onal, A. M., & Cihaner, A. (2023). DAD type conjugated polymers in dual electrochromic devices tuning from green to blue colors. *Synthetic Metals*, 296, 117374.

2. Çakal, D., Arabacı, E. D., Yildirim, E., Cihaner, A., & Önal, A. M. (2023). Effect of phthalimide and thieno [3, 4-c] pyrrole-4, 6, dione acceptors on π -conjugated donor-acceptor-donor monomers: Experimental and theoretical investigations of photophysical and electrochemical properties. *Tetrahedron*, 140, 133473.

Doç. Dr. Enver GÜLER

1. Kırlioğlu, A. C., Mojarrad, N. R., Gürsel, S. A., Güler, E., & Kaplan, B. Y. (2023). New generation radiation-grafted PVDF-g-VBC based dual-fiber electrospun anion exchange membranes. *International Journal of Hydrogen Energy*.

2. Altıok, E., Kaya, T. Z., Smolinska-Kempisty, K., Güler, E., Kabay, N., Tomaszewska, B., & Bryjak, M. (2023). Salinity gradient energy conversion by custom-made interpolymer ion exchange membranes utilized in reverse electrodialysis system. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 11(2), 109386.

3. Kabay, N. (2023). Grand Challenges in Salinity Gradient Energy Generation. *Journal of Resource Recovery*, 1(2).

4. Jarma, Y. A., Cihanoğlu, A., Güler, E., Tomaszewska, B., Kasztelewicz, A., Baba, A., & Kabay, N. Application of Nanofiltration for Reclamation and Reuse of Wastewater and Spent Geothermal Fluid. In Nanofiltration for Sustainability (pp. 271-292). CRC Press.

5. BOĞAZIÇI ÜNİVERSİTESİ

Prof. Dr. Kutlu ÜLGEN

1. Taş, E., & Ülgen, K. O. (2023). Understanding the ADHD-Gut Axis by Metabolic Network Analysis. *Metabolites*, 13(5), 592.

2. Esvap, E., & Ülgen, K. O. (2023). Neuroinflammation, Energy and Sphingolipid Metabolism Biomarkers Are Revealed by Metabolic Modeling of Autistic Brains. *Bio-medicines*, 11(2), 583.

3. Tezcan, E. F., Demirtas, Y., Cakar, Z. P., & Ülgen, K. O. (2023). Comprehensive genome-scale metabolic model of the human pathogen *Cryptococcus neoformans*: A platform for understanding pathogen metabolism and identifying new drug targets. *Frontiers in Bioinformatics*, 3, 1121409.

4. Ozbek, I. I., & Ülgen, K. O. (2023). Identification of Therapeutic Targets for Medulloblastoma by Tissue-Specific Genome-Scale Metabolic Model. *Molecules*, 28(2), 779.

Prof. Dr. Ramazan YILDIRIM

1. Coşgun, A., Günay, M. E., & Yıldırım, R. (2023). A critical review of machine learning for lignocellulosic ethanol production via fermentation route. *Biofuel Research Journal*, 10(2), 1859-1875.

2. Oral, B., Tekin, B., Eroglu, D., & Yıldırım, R. (2023, May). Assessment of Na-Ion Battery Performance Using Machine Learning. In 243rd ECS Meeting with the 18th International Symposium on Solid Oxide Fuel Cells (SOFC-XVIII). ECS.

3. Özdemir, P., & Yıldırım, R. (2023). Photocatalytic glycerol reforming on Pt, Au and Cu supported by reduced TiO₂ under visible light irradiation. *International Journal of Hydrogen Energy*.

4. Yılmaz, B., Oral, B., & Yıldırım, R. (2023). Machine learning analysis of catalytic CO₂ methanation. *International Journal of Hydrogen Energy*.

5. Wei, S., Wan, C., Wu, Y., Coşgun, A., Günay, M. E., & Yıldırım, R. (2023). Cutting-edge research for a greener sustainable future. *Green Chem*, 25, 3311-3321.

6. BOLU ABANT İZZET BAYSAL ÜNİVERSİTESİ

Doç. Dr. Turgay PEKDEMİR

1. Altun, A., Şara, O. N., & Pekdemir, T. (2023). Volumetric Properties and Viscosities for 1-Ethyl-3-methylimidazolium Ethyl Sulfate and Ethylene Glycol Binary Mixture from 293.15 K to 343.15 K at Atmospheric Pressure. *Journal of Solution Chemistry*, 0-0.

7. BURSA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

Prof. Dr. Hülya KOYUNCU

1. Kul, A. R., Koyuncu, H., Turan, A., & Aldemir, A. (2023). Comparative Research of Isotherm Kinetic and Thermodynamic Studies for Neutral Red Adsorption by Activated Carbon Prepared from Apple Peel. *Water, Air, & Soil Pollution*, 0-0.

Prof. Dr. Osman Nuri ŞARA

1. Atlı, A., Doruk, S., & Şara, O. N. (2023). Effect of Al₂O₃ Nanoparticle Dispersion on the Thermophysical Properties of EMIM EtSO₄ Ionic Liquid. *International Journal of Thermophysics*, 44(106), 1-20.

Doç. Dr. Derya ÜNLÜ

1. Ünlü, D. (2023). High-efficiency pervaporative separation of fuel bioadditive methylal from methanol by poly vinyl alcohol poly vinylpyrrolidone blend membrane. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 0-0.

Arş. Gör. Ahmet KÖSE

1. Yüksel, N., Köse, A., Düzenli, D., & Fella, M. F. (2023). Hydrogen Molecule Adsorption And Sensing On Lanthanide La Doped Decorated Carbon Nanotube And Graphene Structures. *Journal Of Vacuum Science And Technology A*, 41(2), 23202-0.

Arş. Gör. Aycan ALTUN

1. Altun, A., Şara, O. N., & Pekdemir, T. (2023). Volumetric Properties and Viscosities for 1-Ethyl-3-methylimidazolium Ethyl Sulfate and Ethylene Glycol Binary Mixture from 293.15 K to 343.15 K at Atmospheric Pressure. *Springer Science and Business Media LLC*, 0-0.

2. Baydır, E., Altun, A., & Fella, M. F. (2022). Molecular Adsorption of Silane on Ge, Ga and Al-doped CNT Structures: A Density Functional Theory Study. *Protection of Metals and Physical Chemistry of Surfaces*, 58, 949-958.

8. ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ

Prof. Dr. Sermet KOYUNCU

1. Yuçekan, I., Dinleyici, M., Temurlu, S., Rashid, R., Bodapati, J. B., Al-Khateeb, B., ... Abourajab, A. (2023). Synthesis, photophysical, electrochemical and morphological properties of a novel cross-linked chitosan-based fluorescent polymer: A fluorescence sensor for single-stranded DNA. *European Polymer Journal*, vol.196.

2. ALTINIŞIK, S., Yanalak, G., Hatay Patır, İ., & KOYUNCU, S., (2023). Viologen-Based Covalent Organic Frameworks toward Metal-Free Highly Efficient Photocatalytic Hydrogen Evolution. *ACS Applied Materials and Interfaces*, vol.15, no.15, 18836-18844.

3. Köksoy, B., ÖZDEMİR, M., ALTINIŞIK, S., Zorlu, Y., YALÇIN, B., Durmuş, M., ... KOYUNCU, S. (2023). Electron-Donating and Electron-Withdrawing Subunit Effects on Coumarin-BODIPY Dyads: Optical and Electrochemical Properties and Molecular Interactions. *ChemPhotoChem*.

Doç. Dr. Filiz UĞUR NİGİZ

1. Ünügül, T., Nigiz, F. U., & Karakoca, B., (2023). Optimization of Pervaporative Desalination with Zirconia Based Metal Organic Framework Filled Nanocomposite Membrane. *Journal of Polymers and the Environment*.

Dr. Öğr. Üyesi Hanife ERDEN

1. İspirli Doğaç, Y., Arabacı, G., ERDEN, H., & Öztürk, F., (2023). NiFe₂O₄/polyhydroxymethyl methacrylate and Fe₃O₄/polyhydroxymethyl methacrylate magnetic nanogels for lipase immobilization. *International Journal of Polymeric Materials and Polymeric Biomaterials*.

Arş.Gör. SİNEM ALTINIŞIK

1. Yucekan, I., Dinleyici, M., Temurlu, S., Rashid, R., Bodapati, J. B., Al-Khateeb, B., ... Abourajab, A.(2023). Synthesis, photophysical, electrochemical and morphological properties of a novel cross-linked chitosan-based fluorescent polymer: A fluorescence sensor for single-stranded DNA. *European Polymer Journal*, vol.196.

2. ALTINIŞIK, S., Yanalak, G., Hatay Patır, İ., & KOYUNCU, S., (2023). Viologen-Based Covalent Organic Frameworks toward Metal-Free Highly Efficient Photocatalytic Hydrogen Evolution. *ACS Applied Materials and Interfaces*, vol.15, no.15, 18836-18844.

3. Altinisik, S., Zeidan, H., Yilmaz, M. D., & Marti, M. E., (2023). Reactive Extraction of Betaine from Sugarbeet Processing Byproducts. *ACS Omega*, vol.8, no.12, 11029-11038.

4. Köksoy, B., ÖZDEMİR, M., ALTINIŞIK, S., Zorlu, Y., YALÇIN, B., Durmuş, M., ... KOYUNCU, S.(2023). Electron-Donating and Electron-Withdrawing Subunit Effects on Coumarin-BODIPY Dyads: Optical and Electrochemical Properties and Molecular Interactions. *ChemPhotoChem*.

9. ÇANKIRI KARATEKİN ÜNİVERSİTESİ**Doç. Dr. Ömer Faruk DİLMAÇ**

1. DURMAZ, M., DİLMAÇ, N., & DİLMAÇ, Ö. (2023). Hekimhan sideritinin kimyasal döngülü yanmada oksijen taşıyıcısı olarak uygunluğu. *Inderscience Publishers*, 29 (1), 108-120.

Dr. Öğr. Üyesi Haluk KORUCU

1. MAMUR, H., ÜSTÜNER, M. A., KORUCU, H., & Amin Bhuiyan, M. R. (2023). A review of the performance evaluation of thermoelectric nanostructure materials Bi₂-xSbxTe₃ 0 20 X 1 80 . *Cleaner Chemical Engineering*, 0-0.

2. KORUCU, H., Mohamed, A. I., YARTAŞI, A., & UĞUR, M. (2023). The detailed Characterization of graphene oxide. *Chemical Papers*, 0-0.

Dr. Öğr. Üyesi Zehra Gülten YALÇIN

1. Abdi, M. M., YALÇIN, Z. G., & DAĞ, M. (2023). Experimental investigation of the production of biolubricant from waste frying oil. *Springer Science and Business Media LLC*, 0-0.

2. DAĞ, M., AYDOĞMUŞ, E., YALÇIN, Z. G., & ARSLANOĞLU, H. (2023). Diatomite reinforced modified safflower oil-based epoxy biocomposite production Optimization with RSM and assessment of outcomes by ANN. *Materials Today Communications*, 0-0.

3. Mohamed, A. I., YALÇIN, Z. G., & DAĞ, M. (2023). The Usage Status of Joetermel Energy in the World Turkey and Djibouti. *European Journal of Science and Technology*, 0-0.

4. Başataç, R., YALÇIN, Z. G., & GÜLEN, F. J. (2023). Investigation of Drying Methods of Tarhana Produced in Çankırı Region by Taguchi Method. *International Journal of Advance Nature Science and Engineering*, 0-0.

5. YALÇIN, Z. G., DAĞ, M., & AYDOĞMUŞ, E. (2023). Wastewater Treatment Using Active Microorganisms and Evaluation of Results. *International Journal of Advanced Natural Sciences and Engineering Researches*, (7), 55-61.

Öğr. Gör. Dr. Mücahit UĞUR

1. UĞUR, M., ŞİMŞEK, B., UYGUNOĞLU, T., & KOCAKERİM, M. M. (2023). Comparison of effectiveness of blending and impregnation applications of dispersed nanoparticles on performance of cementitious composites. *Construction and Building Materials*, 0-0.

2. KORUCU, H., YARTAŞI, A., UĞUR, M., & MOHAMED, A. I. (2023). The detailed Characterization of graphene oxide. *Chemical Papers*, 0-0.

Arş. Gör. Dr. Mustafa DAĞ

1. AYAR, B., YALÇIN, Z. G., & DAĞ, M. (2023). Rüzgarı Hasat Etmek Türkiye'de Rüzgar Enerjisinin Fizibilitesi ve Gelişmeleri Üzerine Bir Araştırma. *European Journal of Science and Technology*, 0-0.

Arş. Gör. Merve DURMAZ

1. ADANEZ-RUBIO, I., FILSOUF, A., DURMAZ, M., Mendiara, T., GAYAN, P., & Adánez, J. (2023). Performance of a kaolin-doped magnetic Cu-based oxygen carrier in biomass combustion. *Powder Technology*, 426(118668), 0-0.

2. DURMAZ, M., DİLMAÇ, N., & DİLMAÇ, Ö. F. (2023). Suitability of Hekimhan siderite as oxygen carrier in chemical looping combustion. *International Journal of Global Warming*, 29, 108-120.

10. EGE ÜNİVERSİTESİ**Prof. Dr. Nalan KABAY**

1. Çermikli, E., ŞEN, F., Wolska, J., Cyganowski, P., Y. A. J., ALTIÖK, E., ... Bryjak, M. (2023). Reclamation of Reverse Osmosis Permeate and Concentrate of Geothermal Water Using Novel Chelating Resins by Hybrid Method Coupling Adsorption and Ultrafiltration. *Journal of Membrane Science and Research*, 9(559432), 0-0.

2. GÖREN KARA, A. Y., Y. A. J., KABAY, N., BABA, A., & ÖKTEN, H. E. (2023). Boron removal from geothermal brine using hybrid reverse Osmosis Microbial desalination cell system. *Separation and Purification Technology*, 309, 123006-0.

3. Parlar, İ., Y. A. J., KABAY, N., Pek, T. Ö., KİTİŞ, M., YİĞİT, N. Ö., & YÜKSEL, M. (2023). Effect of Antiscalant Usage and Air Diffuser Perforation Diameter on Filtration Performance of Submerged Flat Sheet MBR for Treatment of High Salinity and Scaling Propensity Wastewater. *WATER*, 15(1191), 1191-0.

4. ALTIÖK, E., KAYA, T. Z., Smolinska-Kempisty, K., GÜLER, E., Tomaszewska, B. T., KABAY, N., & Bryjak, M. (2023). Salinity gradient energy conversion by custom-made interpolymers ion exchange membranes utilized in reverse electro dialysis system. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 11, 109386-0.

11. ESKİŞEHİR OSMANGAZİ ÜNİVERSİTESİ**Prof. Dr. İlknur DEMİRAL**

1. Ozpinar, P., Dogan, C., DEMİRAL, H., MORALI, U., EROL, S., YILDIZ, D., ... ŞAMDAN, C.(2023). Effect of binder on the electrochemical performance of activated carbon electrodes obtained from waste hazelnut shells: Comparison of PTFE and PVDF. *DIAMOND AND RELATED MATERIALS*, vol.137.

Prof. Dr. Hilal DEMİR KIVRAK

1. Çalış Karatekin, H., Ulaş, B., Yılmaz, Y., DEMİR KIVRAK, H., Kavak, E., & KIVRAK, A., (2023). Synthesis of 3-Iodoindoles and Their Glucose Electrooxidation Performance as an Anode Catalyst. Waste and Biomass Valorization .

Prof. Dr. Hakan DEMİRAL

1. Ozpinar, P., Dogan, C., DEMİRAL, H., MORALI, U., EROL, S., YILDIZ, D., ... ŞAMDAN, C.(2023). Effect of binder on the electrochemical performance of activated carbon electrodes obtained from waste hazelnut shells: Comparison of PTFE and PVDF. DIAMOND AND RELATED MATERIALS , vol.137.

2. Güçlü, Y., ERER, H., DEMİRAL, H., Zorlu, Y., Altintas, C., Keskin, S., ... Semerci, F.(2023). Two-dimensional oxalamide based isostructural MOFs for CO₂ capture. Journal of Solid State Chemistry , vol.319.

Prof. Dr. Macid NURBAŞ

1. Rahman, M. M., Hossen, M. R., Alam, I., Rahman, M. H., Faruk, O., NURBAŞ, M., ... Rahman, M. M.(2023). Synthesis of hexagonal boron nitride based PANI/h-BN and PANI-PPy/h-BN nanocomposites for efficient supercapacitors. Journal of Alloys and Compounds , vol.947.

Doç. Dr. Belgin KARABACAKOĞLU

1. KARABACAKOĞLU, B., & Tezakıl, F., (2023). Electrocoagulation of Corrugated Box Industrial Effluents and Optimization by Response Surface Methodology. Electrocatalysis , vol.14, no.2, 159-169.

2. Kırmızı, S., & KARABACAKOĞLU, B., (2023). Performance of electrodialysis for Ni(II) and Cr(VI) removal from effluents: effect of process parameters on removal efficiency, energy consumption and current efficiency. Journal of Applied Electrochemistry .

Doç.Dr. Uğur MORALI

1. Ozpinar, P., Dogan, C., DEMİRAL, H., MORALI, U., EROL, S., YILDIZ, D., ... ŞAMDAN, C.(2023). Effect of binder on the electrochemical performance of activated carbon electrodes obtained from waste hazelnut shells: Comparison of PTFE and PVDF. DIAMOND AND RELATED MATERIALS , vol.137.

2.Talele, V., MORALI, U., Patil, M. S., Panchal, S., Fraser, R., Fowler, M., ... Thorat, P.(2023). Computational modeling and statistical evaluation of thermal runaway safety regime response on lithium-ion battery with different cathodic chemistry and varying ambient condition. International Communications in Heat and Mass Transfer , vol.146.

3. Talele, V., Morali, U., Patil, M. S., Panchal, S., & Mathew, K., (2023). Optimal battery preheating in critical subzero ambient condition using different preheating arrangement and advance pyro linear thermal insulation. THERMAL SCIENCE AND ENGINEERING PROGRESS , vol.42.

Doç.Dr. Salim EROL

1. TEMİZ, S., EROL, S., Kurban, H., & Dalkilic, M. M., (2023). State of charge and temperature-dependent impedance spectra regeneration of lithium-ion battery by duplex learning modeling. JOURNAL OF ENERGY STORAGE , vol.64.

2. KAYA, Ş., Saka, C., YILDIZ, D., EROL, S., Ulaş, B., Demir, I., ... DEMİR KIVRAK, H.(2023). Enhanced hydrogen production via methanolysis and energy storage on novel poplar sawdust-based biomass-derived activated carbon catalyst. JOURNAL OF APPLIED ELECTROCHEMISTRY , vol.53, no.8, 1643-1655.

3. Ozpinar, P., Dogan, C., DEMİRAL, H., MORALI, U., EROL, S., YILDIZ, D., ... ŞAMDAN, C.(2023). Effect of binder on the electrochemical performance of activated carbon electrodes obtained from waste hazelnut shells: Comparison of PTFE and PVDF. DIAMOND AND RELATED MATERIALS , vol.137.

Dr. Öğr. Üyesi Canan ŞAMDAN

1. Ozpinar, P., Dogan, C., DEMİRAL, H., MORALI, U., EROL, S., YILDIZ, D., ... ŞAMDAN, C.(2023). Effect of binder on the electrochemical performance of activated carbon electrodes obtained from waste hazelnut shells: Comparison of PTFE and PVDF. DIAMOND AND RELATED MATERIALS , vol.137.

12. ESKİŞEHİR TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**Prof. Dr. Berrin Bozan**

1. Dürüst, N., Dürüst, Y., İkinci, N., Banko, S., Hoşgün, E. Z., & Bozan, B. (2023). HPLC determination of polyphenols of the flowers of Digitalis lamarckii, Xeranthemum annuum, Epilobium hirsutum and Silene compacta from Bolu (Turkey).

13. GAZİ ÜNİVERSİTESİ**Prof. Dr. Saliha ÇETİNYOKUŞ**

1. Kilic, S., Doğan, M., & Çetinyokuş, S., (2023). Effects of Osmotic Flux on PdCu Alloy Membrane Structure. ARABIAN JOURNAL FOR SCIENCE AND ENGINEERING , vol.48, no.7, 8887-8899.

2. ÇETİNYOKUŞ, S., (2023). Consequence analysis in industrial organizations containing H₂S gas through accident scenarios based on chemical source selection. PROCESS SAFETY PROGRESS .

Prof. Dr. Nursel DİLSİZ

1. Eskitoros-Togay, Ş. M., BÜLBÜL, Y. E., Cinar, Z. K., ŞAHİN, A., & DİLSİZ, N., (2023). Fabrication of PVP/sulfonated PES electrospun membranes decorated by sulfonated halloysite nanotubes via electrospinning method and enhanced performance of proton exchange membrane fuel cells. International Journal of Hydrogen Energy , vol.48, no.1, 280-290.

Prof. Dr. Meltem DOĞAN

1. Kilic, S., Doğan, M., & Çetinyokuş, S., (2023). Effects of Osmotic Flux on PdCu Alloy Membrane Structure. ARABIAN JOURNAL FOR SCIENCE AND ENGINEERING , vol.48, no.7, 8887-8899.

Prof. Dr. Metin GÜRÜ

1. Calisici, M., GÜRÜ, M., & ÇUBUK, M. K., (2023). Improving Asphalt Binder and Hot Mix Asphalt Aging Properties by Adding Synthetic Polyboron and Organic Magnesium Oxide. ARABIAN JOURNAL FOR SCIENCE AND ENGINEERING , vol.48, no.4, 4711-4718.

Prof. Dr. Nuray OKTAR

1. Güvenç, C., Alan, E., Değirmencioglu, P., Çelik Özcan, M., Pekmezci Karaman, B., & Oktar, N., (2023). Catalytic upgrading of bio-oil model mixtures in the presence of microporous HZSM-5 and α -Al₂O₃ based Ni, Ta and Zr catalysts. *FUEL*, vol.350, 128870-128875.

Prof. Dr. Göksel ÖZKAN

1. MURATHAN, H. B., ÖZKAN, G., & ÖZKAN, G., (2023). Catalytic dehydrogenation of ethylene diamine bisborane in ethylene diamine media. *International Journal of Hydrogen Energy*.

Prof. Dr. Niyazi Alper TAPAN

1. Günay, M. E., & TAPAN, N. A., (2023). Evaluation of polymer electrolyte membrane electrolysis by explainable machine learning, optimum classification model, and active learning. *Journal of Applied Electrochemistry*, vol.53, no.3, 415-433.

2. TAPAN, N. A., Günay, M. E., & Yildirim, N., (2023). Application of Machine Learning for the Determination of Damaged Starch Ratio as an Alternative to Medcalf and Gilles Principle. *FOOD ANALYTICAL METHODS*, vol.16, no.3, 604-614.

Prof. Dr. Nail YAŞYERLİ

1. DOĞAN, M. Y., ARBAĞ, H., TAŞDEMİR, H. M., YAŞYERLİ, N., & YAŞYERLİ, S., (2023). Effect of ceria content in Ni-Ce-Al catalyst on catalytic performance and carbon/coke formation in dry reforming of CH₄. *International Journal of Hydrogen Energy*, vol.48, no.60, 23013-23030.

2. Genc, A., ARBAĞ, H., TAŞDEMİR, H. M., YAŞYERLİ, N., & YAŞYERLİ, S., (2023). Investigation of effects of sulfur on dry reforming of biogas over nickel-iron based catalysts. *International Journal of Hydrogen Energy*, vol.48, no.60, 23031-23043.

Prof. Dr. Sena YAŞYERLİ

1. DOĞAN, M. Y., ARBAĞ, H., TAŞDEMİR, H. M., YAŞYERLİ, N., & YAŞYERLİ, S., (2023). Effect of ceria content in Ni-Ce-Al catalyst on catalytic performance and carbon/coke formation in dry reforming of CH₄. *International Journal of Hydrogen Energy*, vol.48, no.60, 23013-23030.

2. Genc, A., ARBAĞ, H., TAŞDEMİR, H. M., YAŞYERLİ, N., & YAŞYERLİ, S., (2023). Investigation of effects of sulfur on dry reforming of biogas over nickel-iron based catalysts. *International Journal of Hydrogen Energy*, vol.48, no.60, 23031-23043.

Doç. Dr. Müjgan OKUR

1. OKUR, M., & Koyuncu, D. D. E., (2023). Investigation of the Remazol Turquoise GN dye adsorption using silane-modified silica prepared from agricultural waste. *Biomass Conversion and Biorefinery*.

Doç. Dr. Hacı Mehmet TAŞDEMİR

1. AKSU, B., Afonso, A. C., Akil, I., ALPAY, H., Atmis, B., Aydog, O., ... Bayazit, A. K.(2023). Urine soluble TLR4 levels may contribute to predict urinary tract infection in children: the UTILISE Study. *Pediatric Nephrology*.

2. DOĞAN, M. Y., ARBAĞ, H., TAŞDEMİR, H. M., YAŞYERLİ, N., & YAŞYERLİ, S., (2023). Effect of ceria content in Ni-Ce-Al catalyst on catalytic performance and carbon/coke formation in dry reforming of CH₄. *International Journal of Hydrogen Energy*, vol.48, no.60, 23013-23030.

3. Genc, A., ARBAĞ, H., TAŞDEMİR, H. M., YAŞYERLİ, N., & YAŞYERLİ, S., (2023). Investigation of effects of sulfur on dry reforming of biogas over nickel-iron based catalysts. *International Journal of Hydrogen Energy*, vol.48, no.60, 23031-23043.

Dr. Öğr. Üyesi Birce PEKMEZCİ KARAMAN

1. Güvenç, C., Alan, E., Değirmencioglu, P., Çelik Özcan, M., Pekmezci Karaman, B., & Oktar, N., (2023). Catalytic upgrading of bio-oil model mixtures in the presence of microporous HZSM-5 and α -Al₂O₃ based Ni, Ta and Zr catalysts. *FUEL*, vol.350, 128870-128875.

Dr. Öğr. Üyesi Ceren OKTAR

1. Yavuz, B., Kondolot Solak, E., & Oktar, C., (2023). Preparation of biocompatible microsphere-cryogel composite system and controlled release of mupirocin. *International Journal of Polymeric Materials and Polymeric Biomaterials*.

14. GEBZE TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**Prof. Dr. Rezan DEMİR ÇAKAN**

1. Erdol, Z., Yüzer, A. C., Kılıç, N., Ince, M., Ata, A., & Demir-Cakan, R. (2023). Tetraiodo nickel phthalocyanine electrocatalyst enables superior Na-Se battery performances by enhancing the utilization of Na₂Se. *Journal of Power Sources*, 579, 233297.

2. Tarascon, J. M., Liu, F., Lu, W., Huang, J., Pimenta, V., Boles, S., & Demir-Çakan, R. (2023). Detangling electrolyte chemical dynamics and evolution in Li-S batteries by operando monitoring with optical resonance combs.

3. Unal, B., Sel, O., & Demir-Cakan, R. (2023). Current Collectors Corrosion Behaviours and Rechargeability of TiO₂ in Aqueous Electrolyte Aluminium-ion Batteries.

4. Erdol, Z., Ata, A., & Demir-Cakan, R. (2023). Sodium-Selenium Batteries with Outstanding Rate Capability by Cubic Mn₂O₃ Electrocatalyst.

5. Aydın, M., Ahsen, A. S., & Demir-Cakan, R. (2023). Ball mill-assisted synthesis of carbon-free SnSe nanoparticles for sodium-ion battery anodes. *Journal of Solid State Electrochemistry*, 27(5), 1075-1084.

6. Kılıç, N., Yeşilot, S., Sariyer, S., Ghosh, A., Kılıç, A., Sel, O., & Demir-Cakan, R. (2023). A small inorganic-organic material based on anthraquinone-decorated cyclophosphazene as cathode for aqueous electrolyte zinc-ion batteries. *Materials Today Energy*, 33, 101280.

7. Yeşilot, S., Küçükköylü, S., Demir, E., Mutlu, T., & Demir-Cakan, R. (2023). Li-S battery cathode anchoring polysulfides by interaction between redox-active imide and carbon nanotube. *Solid State Sciences*, 137, 107113.

8. Sariyer, S., Yeşilot, S., Kılıç, N., Ghosh, A., Sel, O., & Demir-Cakan, R. (2023). Polyphosphazene Based Inorganic-Organic Hybrid Cathode Containing Pyrene Tetraone Sides for Aqueous Zinc-Ion Batteries. *Batteries & Supercaps*, 6(4), e202200529.

Prof. Dr. Mehmet MELİKOĞLU

1. Melikoglu M., Ozdemir M., Ates M. (2023) "Pyrolysis kinetics, physicochemical characteristics and thermal decomposition behavior of agricultural wastes using thermogravimetric analysis" *Energy Nexus*, Article in Press.

Doç. Dr. Esra Bilgin ŞİMŞEK

1. Tuna, Ö., & Simsek, E. B. (2023). Promoted peroxy-monosulfate activation into ferrite sites over perovskite for sunset yellow degradation: Optimization parameters by response surface methodology. *Optical Materials*, 142, 114122.
2. Tuna, Ö., & Simsek, E. B. (2023). Unravelling the unique roles of NCQDs over CeFeO₃ perovskite as highly efficient photoluminescent solar induced peroxy-monosulfate/photocatalyst system: Optimization of removal process, mechanism and degradation pathway. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 11(3), 109879.
3. Bilgin Simsek, E., Mert, H. H., Sözbir, M., & Mert, E. H. (2023). Sulfonated polyHIPE/nanoclay composites with hierarchically porous structure for efficient removal of endocrine-disrupting hormone from aqueous solution. *Water Environment Research*, 95(5), e10875.
4. Simsek, E. B., & Tuna, Ö. (2023). Unravelling the synergy of Ce dopant and surface oxygen vacancies confined in FeTiO₃ perovskite for peroxy-monosulfate activated degradation of wide range of pollutants. *Journal of Physics and Chemistry of Solids*, 176, 111276.
5. Simsek, E. B., Saloglu, D., & Aydın, A. A. (2023). Investigation of adsorption and biosorption features of bio-functionalized poly (GMA-Co-EGDMA) polymer beads in the treatment of nicotine from tobacco industry. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-21.
6. Sözbir, M., Simsek, E. B., Mert, H. H., Kekevi, B., Mert, M. S., & Mert, E. H. (2023). Renewable terpene-based highly porous polymer monoliths for the effective removal of persistent pharmaceuticals of tetracycline and ibuprofen. *Microporous and Mesoporous Materials*, 354, 112509.
7. Balta, Z., & Simsek, E. B. (2023). Boosted photocatalytic hydrogen production and photo-Fenton degradation of ciprofloxacin antibiotic over spherical LaMnO₃ perovskites assembled boron nitride quantum dots. *International Journal of Hydrogen Energy*.
8. Mert, H. H., Simsek, E. B., Balta, Z., & Mert, M. S. (2023). Hexagonal boron nitride-loaded macroporous foams as frameworks for development of n-eicosane-based composite phase-change materials. *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, 1-14.
9. Balta, Z., Simsek, E. B., & Saloglu, D. (2023). Bio-inspired functional photocatalyst: lipase enzyme functionalized TiO₂ with excellent photocatalytic, enzymatic, and antimicrobial performance. *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry*, 438, 114565.
10. Simsek, E. B., & Tuna, Ö. (2023). Boosting redox cycle and increased active oxygen species via decoration of LaMnO₃ spheres with CeO₂ flowers to promote Fenton-like catalytic degradation of various organic contaminants. *Optical Materials*, 137, 113564.
11. Tuna, Ö., & Simsek, E. B. (2023). Enhanced visible-light-assisted peroxy-monosulfate activation of low-cost perovskite CaFe₂O₄ for tartrazine degradation: experimental design modelling. *Materials Research Bulletin*, 159, 112090.

Doç. Dr. İrem FIRTINA ERTİŞ

1. Firtina-Ertis, I., & Kerkez-Kuyumcu, Ö. (2023). Effect of Different Amounts of Pt on Fe₃O₄-TiO₂ for Photocatalytic H₂ Production Under Solar Light. *ChemistrySelect*, 8(27), e202301263.
2. Acar, C., Erturk, E., & Firtina-Ertis, I. (2023). Performance analysis of a stand-alone integrated solar hydrogen energy system for zero energy buildings. *International Journal of Hydrogen Energy*, 48(5), 1664-1684.

Doç. Dr. Başak TEMUR ERGAN

1. Temur Ergan, B. (2023). Kinetic and thermodynamic approaches on biodiesel reaction in a simultaneously cooled enhanced microwave system. *Biofuels*, 1-10.

Dr. Öğr. Üyesi Emrah KIRTIL

1. Cokeker, C., Argun, S., & Kirtil, E. (2023). Evaluation of the Effect of Quince Seed Extract On Physical and Sensorial Properties of Gluten-Free Cake Batter Formulations. *Journal of Advanced Research in Natural and Applied Sciences*, 9(1), 1-14.
2. Aydogdu Emir, A., Akgun, M., & Kirtil, E. (2023). Effect of mastic gum integration on improvement of polylactic acid biodegradable films. *Polymer Engineering & Science*, 63(5), 1539-1550.
3. Kirtil, E., & Oztop, M. H. (2023). Mechanism of adsorption for design of role-specific polymeric surfactants. *Chemical Papers*, 1-19.

Dr. Öğr. Üyesi Özgün YÜCEL

1. Tarlak, F., & Yücel, Ö. (2023). Prediction of Pseudomonas spp. Population in Food Products and Culture Media Using Machine Learning-Based Regression Methods. *Life*, 13(7), 1430.
2. Yücel, Ö., & Tarlak, F. (2023). An intelligent based prediction of microbial behaviour in beef. *Food Control*, 148, 109665.
3. Yildirim-Yalcin, M., Yucel, O., & Tarlak, F. (2023). Development of prediction software to describe total mesophilic bacteria in spinach using a machine learning-based regression approach. *Food Science and Technology International*, 10820132231170286.
4. EMTIAZI, G., GHOREISHI, F. S., DARANI, K. K., YÜCEL, Ö., & TARLAK, F. (2023). Prediction of growth kinetics of Bacillus tequilensis in nutrient broth under isothermal and non-isothermal conditions. *Food Science and Technology*, 43, e123422.

Arş. Gör. Emine Sena KAZAN KAYA

1. El Messaoudi, N., Ciğeroğlu, Z., Şenol, Z. M., Bouich, A., Kazan-Kaya, E. S., Noureen, L., & Américo-Pinheiro, J. H. P. (2023). Green synthesis of nanoparticles for remediation organic pollutants in wastewater by adsorption.
2. KAZAN-KAYA, E. S., & BAYRAMOĞLU, M. (2023). Synthesis and characterization of NiCr₂O₃-CeO₂NRs anode electrocatalyst for ethanol electrooxidation reaction in alkaline media. *Turkish Journal of Chemistry*, 47(1).
3. Ciğeroğlu, Z., Kazan-Kaya, E. S., El Messaoudi, N., Fernine, Y., Américo-Pinheiro, J. H. P., & Jada, A. (2023). Remediation of tetracycline from aqueous solution through adsorption on g-C₃N₄-ZnO-BaTiO₃ nanocomposite: Optimization, modeling, and theoretical calculation. *Journal of Molecular Liquids*, 369, 120866.

Arş. Gör. Selin SARIYER

1. Kılıç, N., Yeşilot, S., Sariyer, S., Ghosh, A., Kılıç, A., Sel, O., & Demir-Cakan, R. (2023). A small inorganic-organic material based on anthraquinone-decorated cyclophosphazene as cathode for aqueous electrolyte zinc-ion batteries. *Materials Today Energy*, 33, 101280.

2. Sariyer, S., Yeşilot, S., Kılıç, N., Ghosh, A., Sel, O., & Demir-Cakan, R. (2023). Polyphosphazene Based Inorganic-Organic Hybrid Cathode Containing Pyrene Tetraone Sides for Aqueous Zinc-Ion Batteries. *Batteries & Supercaps*, 6(4), e202200529.

15. HACETTEPE ÜNİVERSİTESİ**Prof. Dr. Süleyman Ali TUNCEL**

1. Çambay Kuban, F., Koçer, İ., Kip, Ç., ÇELİK AKDUR, E., & Tuncel, A., (2023). Ni(II) functionalized polyhedral oligomeric silsesquioxane based capillary monolith for purification of histidine-tagged proteins by immobilized metal affinity micro-chromatography. *Journal of Chromatography B: Analytical Technologies in the Biomedical and Life Sciences*, vol.1225.

Prof. Dr. Yeşim SAĞ AÇIKEL

1. Polat, G., Türkes, E., & Açikel, Y., (2023). Simultaneous removal of Methylene Blue and Direct Blue 71 with Pb(II) ions from multi-component systems: application of the multi-component Langmuir model. *Desalination and Water Treatment*, vol.289, 206-220.

2. Canbaz, G. T., AÇIKEL, Ü., & Açikel, Y., (2023). Removal of heavy metal by using green synthesis ZnO NPs and ZnO-HNT composite. *Biomass Conversion and Biorefinery*.

Prof. Dr. Zümriye AKSU

1. ERTUĞRUL KARATAY, S., AKSU, Z., Ozeren, I., & DÖNMEZ, G., (2023). Potentiality of newly isolated *Aspergillus tubingensis* in biosorption of textile dyes: equilibrium and kinetic modeling. *BIOMASS CONVERSION AND BIREFINERY*, vol.13, no.6, 4777-4784.

2. KOŞARSOY AĞÇELİ, G., Hammamchi, H., CİHANGİR, N., & AKSU, Z., (2023). Biosynthesis of Zirconium dioxide Nanoparticles by *Streptomyces* sp. HCl: Characterization and Bioactivity. *Erzincan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, vol.16, no.1, 224-238.

3. Uğurlu, Ş., Yücel, H. G., & Aksu, Z. (2023). Valorization of food wastes with a sequential two-step process for microbial α -carotene production: A zero waste approach. *Journal of Environmental Management*, 340, 118003.

4. Demiray, E., Günan Yücel, H., Özkuzucu, H. E., Ertuğrul Karatay, S., Aksu, Z., & Dönmez, G. (2023). Synergistic effect of CTAB on Reactive Black 5 removal performance of *Candida tropicalis*. *Bioremediation Journal*, 27(2), 126-136.

Prof. Dr. Nihal AYDOĞAN

1. Okuyucu, C. E., KALAYCIOĞLU, G. D., KAÇAROĞLU, D., ÖZDEN, A. K., & AYDOĞAN, N., (2023). Trojan-like doxorubicin and gold nanoparticle entrapped smart nanostructured lipid carriers for breast cancer synergistic chemo/photothermal therapy. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, vol.672.

2. Ozcan, V. P., Altas, B. O., Kalaycioglu, G. D., Ergul, E., & Aydogan, N. (2023). The Effect of the Gold Nanoparticles and Gold Nano-Clusters on the Behavior of Natural Lung Surfactant. *Journal of Molecular Liquids*, 122616.

Prof. Dr. Menemşe GÜMÜŞDERELİOĞLU

1. İlhan, Z., & GÜMÜŞDERELİOĞLU, M., (2023). Oriented fibrous poly (butylene adipate-co-terephthalate) matrices with nanotopographic features: Production and characterization. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, vol.672.

2. altundasar, e., Gercek Beskardes, I., Dogan Buzoglu, H., & Gümüşderelioğlu, M., (2023). CHANGES IN THE SURFACE FREE ENERGY OF DENTIN FOLLOWING IRRIGATION WITH NaOCl, EDTA AND MTAD. *Clinical Dentistry and Research*, vol.47, no.1, 3-8.

Doç. Dr. Eda ÇELİK AKDUR

1. Çambay Kuban, F., Koçer, İ., Kip, Ç., ÇELİK AKDUR, E., & Tuncel, A., (2023). Ni(II) functionalized polyhedral oligomeric silsesquioxane based capillary monolith for purification of histidine-tagged proteins by immobilized metal affinity micro-chromatography. *Journal of Chromatography B: Analytical Technologies in the Biomedical and Life Sciences*, vol.1225.

2. Çağdaş Tunalı, B., Çelik, E., Budak Yıldırım, F. A., & Türk, M., (2023). Delivery of siRNA using hyaluronic acid-guided nanoparticles for downregulation of CXCR4. *Biopolymers*, vol.114, no.4.

3. Koçer, İ., & ÇELİK AKDUR, E., (2023). In silico analysis of the different variable domain oriented single-chain variable fragment antibody-antigen complexes. *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics*.

Doç. Dr. F. Çiğdem KİP

1. Çambay Kuban, F., Koçer, İ., Kip, Ç., ÇELİK AKDUR, E., & Tuncel, A., (2023). Ni(II) functionalized polyhedral oligomeric silsesquioxane based capillary monolith for purification of histidine-tagged proteins by immobilized metal affinity micro-chromatography. *Journal of Chromatography B: Analytical Technologies in the Biomedical and Life Sciences*, vol.1225.

2. Gökçal, B., Kip, Ç., & Tuncel, A. (2023). Monodisperse-porous silica microspheres with flexible phenylboronic acid functionalized-polycationic molecular brushes as a sorbent for teamed boronate affinity chromatography in batch and capillary column systems. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 132143.

Dr. Öğr. Üyesi Işıl GERÇEK BEŞKARDEŞ

1. altundasar, e., Gercek Beskardes, I., Dogan Buzoglu, H., & Gümüşderelioğlu, M., (2023). Changes In The Surface Free Energy Of Dentin Following Irrigation With Naocl, Edta And Mtad. *Clinical Dentistry and Research*, vol.47, no.1, 3-8.

Dr. Öğr. Üyesi Aslıhan GÖKALTUN

1. Fan, L., Gokaltun, A., Maggipinto, S., Kitagawa, Y., Martyn, J., Yeh, H., ... Uygun, B. E. (2023). Alterations in Cytoskeleton and Mitochondria in the Development and Reversal of Steatosis in Human Hepatocytes. *Cellular and Molecular Gastroenterology and Hepatology*, vol.16, no.2, 243-261.

Dr. Öğr. Üyesi Gökçe Dicle KALAYCIOĞLU

1. Okuyucu, C. E., KALAYCIOĞLU, G. D., KAÇAROĞLU, D., ÖZDEN, A. K., & AYDOĞAN, N., (2023). Trojan-like doxorubicin and gold nanoparticle entrapped smart nanostructured lipid carriers for breast cancer synergistic chemo/photothermal therapy. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, vol.672.

2. Ozcan, V. P., Altas, B. O., Kalaycioglu, G. D., Ergul, E., & Aydogan, N. (2023). The Effect of the Gold Nanoparticles and Gold Nano-Clusters on the Behavior of Natural Lung Surfactant. *Journal of Molecular Liquids*, 122616.

3. Yaghmur, A., Ghayas, S., Jan, H., Kalaycioglu, G. D., & Moghimi, S. M. (2023). Omega-3 Fatty Acid Nanocarriers: Characterization and Potential Applications. *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 101728.

Dr. Öğr. Üyesi Hande GÜNAN YÜCEL

1. Koşarsoy Ağçeli, G., & Günan Yücel, H. (2023). Levain Production by *Paenibacillus polymyxa* Immobilized on Fe₃O₄@ SiO₂ Nanoparticles Using Molasses Medium with Emphasis on the Bioactivity. *Journal of Polymers and the Environment*, 1-16.

16. İNÖNÜ ÜNİVERSİTESİ**Prof. Dr. Ahmet BAYSAR**

1. KARACAHAN, Z. B., DEMİRKIRAN, N., & BAYSAR, A. (2023). Cu/Zn Oksit ikili Katalizörü Üretmek Amacıyla Malahit Cevherinin NH₃/NH₄NO₃ Liçinde Optimum pH ve NH₃ Derişiminin Yanıt Yüzey Yöntemiyle Belirlenmesi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 38(2), 333-345.

Prof. Dr. Sinan YAPICI

1. Oner, M. R., Ata, O. N., & YAPICI, S., (2023). Bipolar membrane electrodialysis for mixed salt water treatment: determination of optimum conditions by top-sis-based taguchi method. *International Journal Of Environmental Science And Technology*, vol.20, no.1, 587-604.

Prof. Dr. Hüseyin KARACA

1. Koyunoğlu, C., & Karaca, H. (2023). Microbial desulphurisation of coal: a review. *International Journal of Sustainable Energy*, 42(1), 1-24.

2. Olam, M., Gündüz, F., & Karaca, H. (2023). Production of activated carbon from duckweed and its effectiveness in crystal violet adsorption. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 1-16.

3. Olam, M., & Karaca, H. (2023). Optimization of process parameters at direct liquefaction of waste PETs. *Process Safety and Environmental Protection*, 171, 986-994.

4. Koyunoğlu, C., Gündüz, F., Karaca, H., Çınar, T., & Soyhan, G. G. (2023). Developing an adaptive catalyst for an FCC reactor using a CFD RSM, CFD DPM, and CFD DDPM-EM approach. *Fuel*, 334, 126550.

5. Gündüz, F., Olam, M., & Karaca, H. (2023). Direct liquefaction of low rank lignite with peach seed kernel and waste polypropylene for alternative fuel production. *Process Safety and Environmental Protection*, 170, 1208-1216.

Prof. Dr. A. Mehmet YÜCEER

1. Karakaplan, N., Goz, E., Tosun, E., & Yuceer, M. (2023). Optimization Of Hydrodistillation Of Essential Oil From *Mentha Spicata* L. By Using Response Surface Methodology. *Latin American Applied Research-An international journal*, 53(3), 203-213.

Prof. Dr. Çiğdem SARICI ÖZDEMİR

1. Muhammed, O. N. A. Y., & ÖZDEMİR, Ç. S. (2023). Tarımsal Atığın Boyar Madde Giderimindeki Etkisinin İncelenmesi. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 35(1), 61-70.

Doç. Dr. Nizamettin DEMİRKIRAN

1. KARACAHAN, Z. B., DEMİRKIRAN, N., & BAYSAR, A. (2023). Cu/Zn Oksit ikili Katalizörü Üretmek Amacıyla Malahit Cevherinin NH₃/NH₄NO₃ Liçinde Optimum pH ve NH₃ Derişiminin Yanıt Yüzey Yöntemiyle Belirlenmesi. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 38(2), 333-345.

Doç. Dr. Yunus ÖNAL

1. Oktay, Z. M., Onal, Y., Depci, T., Altundag, S., Altin, S., Yaşar, S., & Altin, E. (2023). Investigation of electrochemical performance of Na-ion batteries by hard carbon anodes produced by biomass of *Prunus armeniaca* seeds. *Journal of Materials Science: Materials in Electronics*, 34(20), 1543.

2. Karaca Açarı, İ., Dik, G., Bakar, B., Ulu, A., Önal, Y., & Ateş, B. (2023). Immobilization of α -amylase onto quantum dots prepared from *Hypericum perforatum* L. flowers and *Hypericum capitatum* seeds: its physicochemical and biochemical characterization. *Topics in Catalysis*, 66(9-12), 563-576.

3. Yalman, E., Altundag, S., Aydın, M. G., Onal, Y., Depci, T., Tekbas, H., ... & Altin, S. (2023). Optimization of Electrochemical Presodiation Parameters of Na-Ion Full Cells for Stable Solid-Electrolyte Interface Formation: Hard Carbon Rods from Waste Firefighter Suits. *Energy Technology*, 2300014.

4. Buğday, N., Yaşar, S., Altin, S., Duygulu, O., & Önal, Y. (2023). Magnetic Cu/Co nanoparticles supported on nitrogen-doped porous carbon derived from Cu/Co@ aZIF: Investigation of catalytic activity and structural properties. *Applied Organometallic Chemistry*, 37(3), e7017.

Dr. Öğr. Üyesi Emir TOSUN

1. Karakaplan, N., Goz, E., Tosun, E., & Yuceer, M. (2023). Optimization Of Hydrodistillation Of Essential Oil From *Mentha Spicata* L. By Using Response Surface Methodology. *Latin American Applied Research-An international journal*, 53(3), 203-213.

17. İSTANBUL SAĞLIK VE TEKNOLOJİ ÜNİVERSİTESİ**Dr. Öğr. Üyesi Hakan SERBEST**

1. Serbest, H. (2023). Determination of Rhodium in Soil by Dispersive Solid-Phase Extraction (DSPE) with Manganese Ferrite Nanoparticles and Flame Atomic Absorption Spectrometry (FAAS). *Analytical Letters*, 1-13.

2. Serbest, H. (2023). Development of an Analytical Method for the Determination of Trace Lead in Lake Water Samples by Flame Atomic Absorption Spectrometry after Vortex Assisted-Stearic Acid Coated Magnetic Nanoparticle Based Extraction. *CLEAN-Soil, Air, Water*, 51(2), 2200229.

3. Karaman, D. N., Serbest, H., Kiling, Y., Demirel, R., & Bakırdere, S. (2023). Trace cadmium determination in lake water matrix by flame atomic absorption spectrometry after manganese ferrite magnetic nanoparticles-based dispersive solid phase extraction. *CLEAN-Soil, Air, Water*, 2200186.

4. Karlıdağ, N. E., Demirel, R., Serbest, H., Turak, F., & Bakırdere, S. (2023). Determination of cobalt in chamomile tea samples at trace levels by flame atomic absorption spectrophotometry after poly (vinyl alcohol)-magnetic hydrogel based dispersive solid phase extraction. *Analytical Methods*, 15(1), 56-62.

Dr. Öğr. Üyesi Fatoş Ayça ÖZDEMİR OLGUN

1. Özyurt, D., OLGUN, F. A. O., Demirata, B., & APAK, M. R. (2023). Green Synthesized Nanoceria Applied as a Fenton-Like Catalyst for Degrading Methylene Blue. *Aquatic Sciences and Engineering*, 38(1), 74-80.

18. İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

Prof. Dr. Devrim Barış KAYMAK

1. Oksal, İ. N., & Kaymak, D. B., (2023). Selection of eco-efficient downstream separation configuration for isopropanol-butanol-ethanol purification process. *Chemical Engineering Communications*.

Prof. Dr. Fatma Seniha GÜNER

1. Öztürk, B., Inan, T., Atakül, H., & Guner, F. S. (2023). Smart polyurethane composites: Magnetic-field-sensitive crosslinked shape-memory polyurethane composites. *Express Polymer Letters*, 17(6), 660-673.

Prof. Dr. Filiz KARAOSMANOĞLU

1. Isler-Kaya, A., & Karaosmanoğlu, F. (2023). Fatty Acid Ethyl Esters Obtained From Safflower Oil: A Fully Renewable Biofuel. *Journal of Energy Resources Technology*, 145, 101302-1.

2. Isler-Kaya, A., & Karaosmanoğlu, F. (2023). Life cycle assessment of a climate-friendly data center cooling device. *Energy and Buildings*, 288, 113006.

Prof. Dr. Gülhayat SAYGILI

1. Oguz, B., Hayri-Senel, T., Kahraman, E., & Nasun-Saygili, G. (2023). Improving corrosion resistance and electrical conductivity of sunflower oil based polyurethane coatings by graphene oxide/reduced graphene oxide. *Polymer Testing*, 124, 108057.

2. ÖNEN, M. F., AYDIN, N. E., EKSİK, O., DEMİRCİVİ, P., & SAYGILI, G. (2023). Investigation of boron adsorption by graphene oxide: equilibrium, kinetic, and thermodynamic studies. *Turkish Journal of Chemistry*, 47(3), 656-666.

3. Kahraman, E., Aydin, N. E., & Nasun-Saygili, G. (2023). Optimization of 5-FU adsorption on gelatin incorporated graphene oxide nanocarrier and application for antitumor activity. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, 80, 104153.

Prof. Dr. Hanzade AÇMA

1. Büyükkamber, K., Haykiri-Acma, H., & Yaman, S. (2023). Calorific value prediction of coal and its optimization by machine learning based on limited samples in a wide range. *Energy*, 277, 127666.

2. Bilkic, B., Haykiri-Acma, H., & Yaman, S. (2023). Combustion reactivity estimation parameters of biomass compared with lignite based on thermogravimetric analysis. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 45(1), 370-383.

3. Aytekin, M., Haykiri-Acma, H., & Yaman, S. (2023). Hydrophobic and oleophilic carbon fiber aerogel for oil/water separation. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 1-11.

Prof. Dr. Hasan Can OKUTAN

1. Sarıoğlu, A., Turan, A. Z., Karahan, H. E., Okutan, H., Tantekin-Ersolmaz, Ş. B., & Ghalei, B. (2023). Zeolites and molecular frameworks for adsorption-based syngas purification. In *Advances in Synthesis Gas: Methods, Technologies and Applications* (pp. 203-228). Elsevier.

Prof. Dr. Melek TÜTER

1. Sagdic-Oztan, C., Koschella, A., Heinze, T., Karaguler, N. G., & Tuter, M. (2023). Preparation of bacterial cellulose using enzymatic hydrolysate of olive pomace as carbon source. *BioResources*, 18(2), 4168.

Prof. Dr. Melek Mümine EROL TAYGUN

1. Demirel, B., & Erol Taygun, M. M., (2023). Antibacterial Borosilicate Glass and Glass Ceramic Materials Doped with ZnO for Usage in the Pharmaceutical Industry. *ACS Omega*, vol.8, no.21, 18735-18742.

2. Yerli Soylu, N., Soylu, A., Dikmetaş, D. N., Karbancıoğlu Güler, H. F., Kucukbayrak, S., & Erol Taygun, M. M., (2023). Photocatalytic and Antimicrobial Properties of Electrospun TiO₂-SiO₂-Al₂O₃-ZrO₂-CaO-CeO₂ Ceramic Membranes. *ACS Omega*, vol.8, no.12, 10836-10850.

3. Demirel, B., & Erol Taygun, M. M., (2023). Zinc Oxide-Doped Antibacterial Soda Lime Glass Produced as a Glass Container. *ACS Omega*, vol.8, no.10, 9257-9264.

4. Aktürk, A., Kasikci, F. N., Dikmetaş, D. N., Karbancıoğlu-Guler, F., & Erol-Taygun, M. (2023). Hypericum perforatum Oil and Vitamin A Palmitate-Loaded Gelatin Nanofibers Cross-Linked by Tannic Acid as Wound Dressings. *ACS Omega*.

Prof. Dr. Ömer ŞAHİN

1. Baytar, O., Ekinci, A., Şahin, Ö., & Kutluay, S. (2023). Green synthesis of NiO from watermelon seed shell extract for the evaluation of H₂ production from NaBH₄ hydrolysis and photocatalytic reduction of methylene blue. *Materials Science and Engineering: B*, 296, 116704.

2. Baytar, O., Şahin, Ö., & Ekinci, A. (2023). Effect of environmentally friendly and efficient metal-free hydrocarbons as catalysts on sodium borohydride hydrolysis. *Fuel*, 346, 128308.

3. Şahin, Ö., Akdag, A., Horoz, S., & Ekinci, A. (2023). Synthesized PdNi/C and PdNiZr/C catalysts for single cell PEM fuel cell cathode catalysts application. *Fuel*, 346, 128391.

4. Izgi, M. S., Onat, E., Çelik Kazici, H., & Şahin, Ö. (2023). Hydrogen production through the cooperation of a catalyst synthesized in ethanol medium and the effect of the plasma. *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, 45(3), 8271-8284.

5. Cengiz, M., Baytar, O., Şahin, Ö., Kutlu, H. M., Ayhanci, A., Veyselova Sezer, C., & Gür, B. (2023). Biogenic Synthesized Bare and Boron-Doped Copper Oxide Nanoparticles from *Thymra spicata* ssp. *spicata*: In Silico and In Vitro Studies. *Journal of Cluster Science*, 1-20.

6. Ekinci, A., Genli, N., Şahin, Ö., & Baytar, O. (2023). Facile "Green" synthesis of a novel Co-W-B catalyst from Rheum ribes shell extract and its effect on sodium borohydride hydrolysis: Kinetic mechanism. *International Journal of Hydrogen Energy*.

7. BEKTAŞ, H., Erhan, O. N. A. T., Şahin, Ö., Demirci, S., Baytar, O., & İzgi, M. S. (2023). Aktif karbon destekli ucuz ve kullanışlı katalizörün amonyak bor hidrolizinde incelenmesi. *Journal of Boron*, 8(2), 59-65.

8. Şahin, Ö., Akdag, A., Horoz, S., & Ekinci, A. (2023). Effects of H₂/O₂ and H₂/O₃ gases on PtMo/C cathode PEMFCs performance operating at different temperatures. *International Journal of Hydrogen Energy*, 48(44), 16829-16840.

9. Karabulut, A., İzgi, M. S., Demir, H., Şahin, Ö., & Horoz, S. (2023). Optimizing hydrogen production from alkali hydrides using supported metal catalysts. *Ionics*, 29(5), 1975-1982.

10. Şahin, Ö., Yilmaz, A., & Ekinci, A. (2023). Effect of microwave irradiation on PEMFCs anode and cathode catalysts. *Journal of the Australian Ceramic Society*, 1-10.

11. Erhan, O. N. A. T., ASLAN, M., & İZGİ, M. S. (2021). Kobalt bazlı bimetalik nanokatalizörün potasyum borhidrür hidroliz tepkimesi üzerindeki katalitik etkisinin incelenmesi. *Konya Journal of Engineering Sciences*, 9, 200-212.

12. Şahin, Ö., Akdağ, A., Horoz, S., & Ekinci, A. (2023). Physical and electrochemical effect of bimetallic Pd-Mo nanoalloys supported on vulcan XC-72r carbon as cathode catalysts for proton exchange membrane fuel cell. *Electrocatalysis*, 14(2), 202-212.

13. Şahin, Ö., Yilmaz, A., & Ekinci, A. (2023). Microwave application as an alternative method to increase the efficiency of PtC catalyst in PEMFCs. *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part A: Journal of Power and Energy*, 09576509231158414.

14. Batur, E., Kutluay, S., Baytar, O., Şahin, Ö., & Horoz, S. (2023). Superior incident photon-to-current conversion efficiency of Mo-doped activated carbon supported CdS-sensitized solar cells. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(8), 19766-19775.

15. Saka, C., Yardim, Y., Şahin, Ö., & Baytar, O. (2023). Iodine adsorption and electrochemical double-layer capacitor characteristics of activated carbon prepared from low-cost biomass. *International Journal of Phytoremediation*, 25(1), 74-81.

16. Ekinci, A., Kutluay, S., Şahin, Ö., & Baytar, O. (2023). Green synthesis of copper oxide and manganese oxide nanoparticles from watermelon seed shell extract for enhanced photocatalytic reduction of methylene blue. *International Journal of Phytoremediation*, 25(6), 789-798.

17. Saka, C., Elçi Ölçenoğlu, G., & Şahin, Ö. (2023). Oxygen plasma treated petroleum coke adsorbent: characterization, synthesis, mechanism, and application for enhancement of malachite green removal. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 103(5), 1186-1202.

18. Batur, E., Şahin, Ö., Baytar, O., Horoz, S., & Kutluay, S. (2023). High solar cell efficiency of lanthanum-allyed activated carbon-supported cadmium sulfide as a promising semiconductor nanomaterial. *Journal of the Australian Ceramic Society*, 59(1), 9-18.

Prof. Dr. Serdar YAMAN

1. Büyükanber, K., Haykiri-Acma, H., & Yaman, S. (2023). Calorific value prediction of coal and its optimization by machine learning based on limited samples in a wide range. *Energy*, 277, 127666.

Prof. Dr. Şerife Birgül ERSOLMAZ

1. Yıldırım, C., Karahan, H. E., Velioglu, S., Sarıoğlu, A., Tantekin-Ersolmaz, Ş. B., & Ghalei, B. (2023). Molecular sieving membrane development for syngas purification. In *Advances in Synthesis Gas: Methods, Technologies and Applications* (pp. 341-358). Elsevier.

2. Sarıoğlu, A., Turan, A. Z., Karahan, H. E., Okutan, H., Tantekin-Ersolmaz, Ş. B., & Ghalei, B. (2023). Zeolites and molecular frameworks for adsorption-based syngas purification. In *Advances in Synthesis Gas: Methods, Technologies and Applications* (pp. 203-228). Elsevier.

Doç. Dr. Ahmet Alper AYDIN

1. Simsek, E. B., Saloglu, D., & Aydın, A. A. (2023). Investigation of adsorption and biosorption features of bio-functionalized poly (GMA-Co-EGDMA) polymer beads in the treatment of nicotine from tobacco industry. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-21.

2. Kılıç, E. R., Aydoğan, A., & Aydın, A. A. (2023). Lipid-derived cetyltrimethylammonium salts as renewable phase change materials for thermal energy storage. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 250, 112102.

Doç. Dr. Alper SARIOĞLAN

1. Fatih, Y., Burgun, U., Sarıoğlu, A., & Atakül, H. (2023). Effect of sodium incorporation into Fe-Zn catalyst for Fischer-Tropsch synthesis to light olefins. *Molecular Catalysis*, 535, 112866.

2. Sarıoğlu, A., Turan, A. Z., Karahan, H. E., Okutan, H., Tantekin-Ersolmaz, Ş. B., & Ghalei, B. (2023). Zeolites and molecular frameworks for adsorption-based syngas purification. In *Advances in Synthesis Gas: Methods, Technologies and Applications* (pp. 203-228). Elsevier.

3. Yıldırım, C., Karahan, H. E., Velioglu, S., Sarıoğlu, A., Tantekin-Ersolmaz, Ş. B., & Ghalei, B. (2023). Molecular sieving membrane development for syngas purification. In *Advances in Synthesis Gas: Methods, Technologies and Applications* (pp. 341-358). Elsevier.

Doç. Dr. Ayşe Özge KÜRKÇÜOĞLU LEVİTAS

1. Yuce, M., Sarica, Z., Ates, B., & Kurkuoğlu, O. (2023). Exploring species-specific inhibitors with multiple target sites on *S. aureus* pyruvate kinase using a computational workflow. *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics*, 41(8), 3496-3510.

Doç. Dr. Çiğdem ORAL

1. Tatlier, M., & Atalay-Oral, C. (2023). Selection of a favorable zeolite for solar adsorption cooling: How straightforward is it?. *Chemical Engineering Communications*, 210(8), 1247-1256.

Doç. Dr. Nalan ERDÖL AYDIN

1. Kahraman, E., Aydın, N. E., & Nasun-Saygılı, G. (2023). Optimization of 5-FU adsorption on gelatin incorporated graphene oxide nanocarrier and application for antitumor activity. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, 80, 104153.

2. Önen, M. F., Aydın, N. E., Eksik, O., Demirci, P., & Saygılı, G. (2023). Investigation of boron adsorption by graphene oxide: equilibrium, kinetic, and thermodynamic studies. *Turkish Journal of Chemistry*, 47(3), 656-666.

Doç. Dr. Nil ÖZBEK

1. Tan, K. J., Morikawa, S., Ozbek, N., Lenz, M., Arlt, C. R., Tschöpe, A., ... & Hatton, T. A. (2023). Redox Polyelectrolytes with pH-Sensitive Electroactive Functionality in Aqueous Media. *Langmuir*, 39(8), 2943-2956.

Doç. Dr. Sinan KUTLUAY

1. Ok, R. A., & Kutluay, S. (2023). Designing novel perlite-Fe₃O₄@ SiO₂@ 8-HQ-5-SA as a promising magnetic nanoadsorbent for competitive adsorption of multicomponent VOCs. *Chemosphere*, 139636.

2. Baytar, O., Ekinci, A., Şahin, Ö., & Kutluay, S. (2023). Green synthesis of NiO from watermelon seed shell extract for the evaluation of H₂ production from NaBH₄ hydrolysis and photocatalytic reduction of methylene blue. *Materials Science and Engineering: B*, 296, 116704.

3. Yildiz, H., Gülşen, H., Şahin, Ö., Baytar, O., & Kutluay, S. (2023). Novel adsorbent for malachite green from okra stalks waste: synthesis, kinetics and equilibrium studies. *International journal of phytoremediation*, 1-13. Advance online publication.

4. Ekinci, A., Kutluay, S., Şahin, Ö., & Baytar, O. (2023). Green synthesis of copper oxide and manganese oxide nanoparticles from watermelon seed shell extract for enhanced photocatalytic reduction of methylene blue. *International Journal of Phytoremediation*, 25(6), 789-798.

5. Batur, E., Şahin, Ö., Baytar, O., Horoz, S., & Kutluay, S. (2023). High solar cell efficiency of lanthanum-alloyed activated carbon-supported cadmium sulfide as a promising semiconductor nanomaterial. *Journal of the Australian Ceramic Society*, 59(1), 9-18.

6. Batur, E., Kutluay, S., Baytar, O., Şahin, Ö., & Horoz, S. (2023). Superior incident photon-to-current conversion efficiency of Mo-doped activated carbon supported CdS-sensitized solar cells. *Environmental Science and Pollution Research*, 30(8), 19766-19775.

Dr. Öğr. Üyesi Ayşe Banu KOCAĞA

1. Alarçin, E., İzbudak, B., Yüce Erarslan, E., Domingo, S., Tutar, R., Titi, K., ... & Bal-Öztürk, A. (2023). Optimization of methacrylated gelatin/layered double hydroxides nanocomposite cell-laden hydrogel bioinks with high printability for 3D extrusion bioprinting. *Journal of Biomedical Materials Research Part A*, 111(2), 209-223.

2. Yuce-Erarslan, E., Tutar, R., İzbudak, B., Alarçin, E., Kocaaga, B., Guner, F. S., ... & Bal-Ozturk, A. (2023). Photo-crosslinkable chitosan and gelatin-based nanohybrid bioinks for extrusion-based 3D-bioprinting. *International Journal of Polymeric Materials and Polymeric Biomaterials*, 72(1), 1-12.

Dr. Öğr. Üyesi Elif ÖZTÜRK ER

1. Sel, S., Er, E. Ö., & Koyuncu, İ. (2023). Development of an analytical method for the determination of pesticides in tropical fruits based on combination of QuEChERS extraction and dispersive liquid-liquid microextraction by LC-QTOF-MS/MS.

Araş. Gör. Ebru KAHRAMAN

1. Oguz, B., Hayri-Senel, T., Kahraman, E., & Nasun-Saygili, G. (2023). Improving corrosion resistance and electrical conductivity of sunflower oil based polyurethane coatings by graphene oxide/reduced graphene oxide. *Polymer Testing*, 124, 108057.

2. Kahraman, E., Aydin, N. E., & Nasun-Saygili, G. (2023). Optimization of 5-FU adsorption on gelatin incorporated graphene oxide nanocarrier and application for antitumor activity. *Journal of Drug Delivery Science and Technology*, 80, 104153.

Araş. Gör. İlayda Nur OKSAL

1. Oksal, I. N., & Kaymak, D. B. (2023). Selection of eco-efficient downstream separation configuration for isopropanol-butanol-ethanol purification process. *Chemical Engineering Communications*, 1-15.

Araş. Gör. Kaan BÜYÜKKANBER

1. Büyükkamber, K., Haykiri-Acma, H., & Yaman, S. (2023). Calorific value prediction of coal and its optimization by machine learning based on limited samples in a wide range. *Energy*, 277, 127666.

Araş. Gör. Merve YÜCE

1. Yuce, M., Sarica, Z., Ates, B., & Kurkcuoglu, O. (2023). Exploring species-specific inhibitors with multiple target sites on *S. aureus* pyruvate kinase using a computational workflow. *Journal of Biomolecular Structure and Dynamics*, 41(8), 3496-3510.

Araş. Gör. Tuğba HAYRİ ŞENEL

1. Oguz, B., Hayri-Senel, T., Kahraman, E., & Nasun-Saygili, G. (2023). Improving corrosion resistance and electrical conductivity of sunflower oil based polyurethane coatings by graphene oxide/reduced graphene oxide. *Polymer Testing*, 124, 108057.

Araş. Gör. Utku BURGUN

1. Fatih, Y., Burgun, U., Sarioglan, A., & Atakül, H. (2023). Effect of sodium incorporation into Fe-Zn catalyst for Fischer-Tropsch synthesis to light olefins. *Molecular Catalysis*, 535, 112866.

19. İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ CERRAHPAŞA**Prof. Dr. Gülten GÜRDAĞ**

1. Sanattalab, E., Gürdağ, G., & Sigirci, B. D., (2023). New approaches for enhancing the photosensitivity, antibacterial activity, and controlled release behavior of non-porous silica-titania nanoplateforms. *Biomaterials Advances*, vol.148, 231365.

Prof. Dr. Ali DURMUŞ

1. Turan, F., Guclu, M., Gurkan, K., Durmus, A., & Taskin, Y. (2023). Determination of carbon nanotubes penetration level into epoxy-woven glass fibre composite laminates manufactured with vacuum infusion process via electrical conductivity measurement. *Plastics, Rubber and Composites*, 52(4), 227-237.

2. Turan, F., Gurkan, K., Guclu, M., Durmus, A., & Taskin, Y. (2023). A statistical approach to predict fatigue failure of leaf springs manufactured with nanotube incorporated epoxy-woven glass fiber composites. *Polymer Composites*.

3. Gungor, A. S., Durmus, A., Kurt, B. Z., Koymen, S. S., & Donmez, N. (2023). Depth of cure, mechanical properties and morphology of dual-cure bulk-Fill composites. *Odvotos-International Journal of Dental Sciences*, 25(1), 72-87.

Prof. Dr. Hüseyin DELİĞÖZ

1. Cengiz, H. Y., Konyalı, E., Müftüler, A., & Deligöz, H., (2023). Investigating the effect of weak polyelectrolytes on the chemical stability and swelling recovery of multilayered coatings. *Progress In Organic Coatings*, vol.183, 1-10.
2. Yılmaz-Aykut, D., Yolacan, O., & Deligöz, H., (2023). A comparative QCM-D study for various drug sorption behaviors and chemical degradation of chitosan/PAA LbL multilayered films. *Journal Of Polymer Research*, vol.30, no.8, 1-10.
3. Dönmez, G., Gülcan, M., & Deligöz, H., (2023). A comparative study on SPEEK-based composite membranes with various inorganic fillers using different preparation routes for DMFCs. *Polymer Engineering And Science*, vol.1, no.1, 1.
4. Yılmaz-Aykut, D., Torkay, G., Kasgoz, A., Shin, S. R., Bal-Ozturk, A., & Deligöz, H., (2023). Injectable and self-healing dual crosslinked gelatin/kappa-carrageenan methacryloyl hybrid hydrogels via host-guest supramolecular interaction for wound healing. *Journal Of Biomedical Materials Research - Part B Applied Biomaterials*, 1-10.
5. Okutan, M., Boran, F., Ergün, A., Kanca, Y., Özkahraman, B., & Deligöz, H., (2023). Hydrophobic surface modification and characterization of melamine foam. *Turkish Journal Of Chemistry*, vol.47, no.3, 1-10.
6. Konyalı, E., Cengiz, H. Y., Müftüler, A., & Deligöz, H. Monitoring the salt stability and solvent swelling behavior of PAH-based polyelectrolyte multilayers by quartz crystal microbalance with dissipation. *Polymer Engineering & Science*.

Prof. Dr. Serkan Emik

1. Ceylan, G., Emik, S., Yalcinyuva, T., Sunbuloglu, E., Bozdog, E., & Unalan, F. (2023). The Effects of Cross-Linking Agents on the Mechanical Properties of Poly (Methyl Methacrylate) Resin. *Polymers*, 15(10), 2387.
2. Çokduygular, E., Çetinkaya, Ç., Emik, S., & Kınacı, B. (2023). In-depth analysis on PTB7 based semi-transparent solar cell employing MoO₃/Ag/WO₃ contact for advanced optical performance and light utilization. *Scientific Reports*, 13(1), 1-18.
3. Yazıcıoğlu, Z., Dikbaş, H. A., Macit, Ç., Özbeyli, D., Çevik, Ö., Çetin, M., ... & Ünal, F. (2023). Architectural education based on integrated design and its effects on professional life. In *ECPPM 2022-eWork and eBusiness in Architecture, Engineering and Construction 2022* (pp. 669-676). CRC Press.

Prof. Dr. Mehmet Ali Faruk ÖKSÜZÖMER

1. Dönmez, G., Gürkaynak Altınçekiç, T., Sarıboğa, V., & Öksüzömer, M. A. F. (2023). Fabrication of YDC electrolytes via polyol method and investigation of their properties for IT-SOFCs. *Ionics*, 1-11.

Prof. Dr. İsmail BOZ

1. Boz, İ., Safak Boroglu, M., Zengin, Y., & Kaya, B., (2023). Sustainable production of acrolein over highly stable and selective WO₃ over SiO₂-TiO₂ catalysts. *KOREAN JOURNAL OF CHEMICAL ENGINEERING*, no., 1-11.

2. Kaya, B., Zengin, Y., Boroglu, M. S., & Boz, I. (2023). Selective dehydration of glycerol to acrolein over mesoporous WO₃-KIT-6: effects of mesoporosity and acidity. *Journal of Porous Materials*, 30(3), 835-845.

3. Hamid, M. A. S. H., Zengin, Y., & Boz, I. (2023). Cd_xZn_{1-x}S with bulk-twinned homojunctions and rich sulfur vacancies for efficient photocatalytic hydrogen production. *International Journal of Hydrogen Energy*.

Prof. Dr. Muzaffer YAŞAR

1. Arca, S., Gurdal, S., Caniaz, R. O., Yilmaz, K., Komurcu, H., Cetintas, R., ... & Yasar, M. (2023). The Effect of Ionic Liquids Incorporation on the Self-healing Behavior of the Bitumen. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 1-11.
2. Komurcu, H., Yilmaz, K., Gurdal, S., & Yasar, M. (2023). Hydrogenation reactions of kerosene on nickel-based catalysts. *International Journal of Hydrogen Energy*, 48(60), 22934-22941.
3. Gurdal, S., & Yasar, M. (2023). Dimethyl ether synthesis on clinoptilolite zeolite and HZSM5-based hybrid catalysts in a fixed-bed reactor. *International Journal of Hydrogen Energy*.

Prof. Dr. İsmail AYDIN

1. Al Menen, B., Ekinci, A., Oksuz, M., Ates, M., & Aydin, I. (2023). Effect of processing parameters on the properties of two-component injection molded recycled polypropylene/ethylene propylene diene monomer automotive parts. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 127(1), 845-860.

Prof. Dr. Solmaz AKMAZ

1. Yakupoğlu, Ş., Akmaz, S., & Koç, S. N. (2023). Hydroxymethylfurfural (HMF) Synthesis from Starch with Zeolite Based Catalysts. *Starch-Stärke*, 75(3-4), 2200164.

Prof. Dr. İsmail İNCİ

1. Dedecan, T., Baylan, N., & İnci, İ. (2023). Equilibrium, kinetic and thermodynamics studies for adsorption of tartaric acid by calcium peroxide nanoparticles. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 1-10.
2. Dedecan, T., Baylan, N., & İnci, İ. (2023). Adsorption of Citric Acid onto Calcium Peroxide Nanoparticles: Equilibrium, Kinetic, and Thermodynamic Data. *Water, Air, & Soil Pollution*, 234(5), 299.

Prof. Dr. Şah İsmail KIRBAŞLAR

1. İsayev, İ., Demir, Ö., Gök, A., & Kırbaşlar, Ş. İ. (2023). Reactive extraction of protocatechuic acid by di-n-octylamine and optimisation with Box-Behnken design. *Indian Chemical Engineer*, 1-16.
2. Demir, Ö., İsayev, İ., Gök, A., & Kırbaşlar, Ş. İ. (2023). The application of Box-Behnken design for the optimization of protocatechuic acid separation by a reactive extractant trioctylphosphine oxide. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 1-13.
3. Aras, S., Demir, Ö., Gök, A., Santos, D., & Kırbaşlar, Ş. İ. (2023). The recovery of gallic acid with triphenylphosphine oxide in different kind of solvents. *Journal of the Indian Chemical Society*, 100(1), 100846.

Prof. Dr. Süheyla ÇEHRELİ

1. Baylan, N., Türk, F. N., & Çehrelî, S. (2023). Use of cyclopentyl methyl ether (CPME) as green membrane for acetic acid removal by facilitated bulk liquid membrane: A transport and kinetic study. *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, 101(6), 3522-3531.

Prof. Dr. Selin ŞAHİN SEVGİLİ

1. Gungor, K. K., Toprakci, İ., BALCI TORUN, F., TORUN, M., & ŞAHİN SEVGİLİ, S., (2023). A mixture design approach for developing ginger extract encapsulation by spray drying method: in vitro digestion and release behavior in a model product. *BIOMASS CONVERSION AND BIOREFINERY*.

2. Balci-Torun, F., Toprakçı, İ., Deniz, N. G., Ortabay, S., Torun, M., & Şahin, S. (2023). Development of an optimized method to obtain a limonene-rich concentrate from the discarded lemon peels. *Chemistry & Biodiversity*, e202300767.

3. Toprakçı, İ., Balci-Torun, F., Deniz, N. G., Ortabay, S., Torun, M., & Şahin, S. (2023). Investigation of limonene recovery process through optimization and characterization studies. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 1-12.

4. Kurtulbaş, E., Toprakçı, İ., Pekel, A. G., & Şahin, S. (2023). A model study for decolorization reasons: β -carotene removal and its kinetics and thermodynamics behaviors. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 13(9), 7755-7761.

Doç. Dr. Mehmet Koray GÖK

1. Arpa, M. D., Okur, N. Ü., Gök, M. K., Özgümüş, S., & Cevher, E., (2023). Chitosan-based buccal mucoadhesive patches to enhance the systemic bioavailability of tizanidine. *INTERNATIONAL JOURNAL OF PHARMACEUTICALS*, vol.642, 123168.

Doç. Dr. Tuba GÜRKAYNAK ALTINÇELİK

1. Dönmez, G., Gürkaynak Altınçelik, T., Sarıboğa, V., & Öksüzömer, M. A. F. (2023). Fabrication of YDC electrolytes via polyol method and investigation of their properties for IT-SOFCs. *Ionic*, 1-11.

2. Ocakçı, E. E., Sarıboğa, V., Özdemir, H., Altınçelik, T. G., & Öksüzömer, M. F. (2023). Ca, Sr or Mg-doped Ceria Electrolytes Prepared by Citrate-Nitrate Combustion Synthesis: Effect of Doping Concentration. *Journal of Electroceramics*, 50(3), 67-81.

Doç. Dr. Mehtap ŞAKA BOROĞLU

1. Boz, I., Boroglu, M. S., Zengin, Y., & Kaya, B. (2023). Sustainable production of acrolein over highly stable and selective WO₃ over SiO₂-TiO₂ catalysts. *Korean Journal of Chemical Engineering*, 1-10.

2. Kaya, B., Zengin, Y., Boroglu, M. S., & Boz, I. (2023). Selective dehydration of glycerol to acrolein over mesoporous WO₃-KIT-6: effects of mesoporosity and acidity. *Journal of Porous Materials*, 30(3), 835-845.

Doç. Dr. Vedat SARIBOĞA

1. Dönmez, G., Gürkaynak Altınçelik, T., Sarıboğa, V., & Öksüzömer, M. A. F. (2023). Fabrication of YDC electrolytes via polyol method and investigation of their properties for IT-SOFCs. *Ionic*, 1-11.

Doç. Dr. Aslı GÖK

1. İsayev, İ., Demir, Ö., Gök, A., & Kırbaşlar, Ş. İ. (2023). Reactive extraction of protocatechuic acid by di-n-octylamine and optimisation with Box-Behnken design. *Indian Chemical Engineer*, 1-16.

2. Sevindik, Y. E., Gök, A., Lalikoglu, M., Gülgün, S., Gueven, E. Y., Gürkaş-Aydın, Z., ... & Aşçı, Y. S. (2023). Investigation of the effectiveness of edible oils as solvent in reactive extraction of some hydroxycarboxylic acids and modeling with multiple artificial intelligence models. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 1-13.

3. Demir, Ö., İsayev, I., Gök, A., & Kırbaşlar, Ş. İ. (2023). The application of Box-Behnken design for the optimization of protocatechuic acid separation by a reactive extractant trioctylphosphine oxide. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 1-13.

4. Aras, S., Demir, Ö., Gök, A., Santos, D., & Kırbaşlar, Ş. İ. (2023). The recovery of gallic acid with triphenylphosphine oxide in different kind of solvents. *Journal of the Indian Chemical Society*, 100(1), 100846.

Dr. Öğr. Üyesi Ebru KURTULBAŞ ŞAHİN

1. Sevgen, S., & Samli, R. (2023). Investigation of Bioactivity Degradation During Storage of Sour Cherry (*Prunus cerasus* L.) Peel Extract. *Combinatorial Chemistry & High Throughput Screening*, 26(9), 1793-1801.

2. Kurtulbaş, E., Toprakçı, İ., Pekel, A. G., & Şahin, S. (2023). A model study for decolorization reasons: β -carotene removal and its kinetics and thermodynamics behaviors. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 13(9), 7755-7761.

Arş. Gör. Göknur DÖNMEZ

1. Dönmez, G., Gülcan, M., & Deligöz, H., (2023). A comparative study on SPEEK-based composite membranes with various inorganic fillers using different preparation routes for DMFCs. *POLYMER ENGINEERING AND SCIENCE*, vol.1, no.1, 1.

2. Donmez, G., Altincekic, T. G., Sariboga, V., & Oksuzomer, M. A. F., (2023). Fabrication of YDC electrolytes via polyol method and investigation of their properties for IT-SOFCs. *IONICS*.

Arş. Gör. Ayça MÜFTÜLER

1. Cengiz, H. Y., Konyali, E., Müftüler, A., & Deligöz, H., (2023). Investigating the effect of weak polyelectrolytes on the chemical stability and swelling recovery of multi-layered coatings. *PROGRESS IN ORGANIC COATINGS*, vol.183, 1-10.

2. Okutan, M., Boran, F., Ergün, A., Kanca, Y., Özkahraman, B., & Deligöz, H., (2023). Hydrophobic surface modification and characterization of melamine foam. *TURKISH JOURNAL OF CHEMISTRY*, vol.47, no.3, 1-10.

Arş. Gör. Oğuz YÜCEL

1. Bal Öztürk, A., Tietilu, S. D., Yücel, O., Erol, T., Akgüner, Z. P., Darıcı, H., ... Alarcin, E. (2023). Hyperbranched polymer-based nanoparticle drug delivery platform for the nucleus-targeting in cancer therapy. *Journal Of Drug Delivery Science And Technology*, vol.81.

Arş. Gör. İrem TOPRAKÇI YÜKSEL

1. Balci Torun, F., Toprakçı Yüksel, İ., Deniz, N. G., Ortaboy Sezer, S., Torun, M., & Şahin Sevgili, S., (2023). Development of an optimized method to obtain a limonene-rich concentrate from the discarded lemon peels. *Chemistry And Biodiversity*, vol.1, no.1, 1-28.

2. Toprakçı Yüksel, İ., Balci Torun, F., Deniz, N. G., Ortaboy Sezer, S., Torun, M., & Şahin Sevgili, S., (2023). Investigation of limonene recovery process through optimization and characterization studies. *Biomass Conversion And Biorefinery*, vol.1, no.1, 1-12.

3. Gungor, K. K., Toprakci, İ., Balci Torun, F., Torun, M., & Şahin Sevgili, S., (2023). A mixture design approach for developing ginger extract encapsulation by spray drying method: in vitro digestion and release behavior in a model product. *Biomass Conversion And Biorefinery*.

4. Toprakçı Yüksel, İ., Kurtulbas, E., Torun, M., Torun, F. B., & Sahin, S., (2023). Trapping of betanin in alginate microcapsules: Stability studies under accelerated conditions. *Environmental Engineering And Management Journal*, vol.22, no.4, 629-637.

20. İZMİR YÜKSEK TEKNOLOJİ ENSTİTÜSÜ**Prof. Dr. Aysun SOFUOĞLU**

1. Ayri, I., Genisoglu, M., Sofuoglu, A., Kurt-Karakus, P. B., Birgul, A., & Sofuoglu, S. C. (2023). The effect of military conflict zone in the Middle East on atmospheric persistent organic pollutant contamination in its north. *Science of The Total Environment*, 878, 162966.

2. Balci, E., & Sofuoglu, A. (2023). Fragrance Emissions into the Air and Their Impact on Air Quality and Human Health.

3. Balci, E., Rosales, E., Pazos, M., Sofuoglu, A., & Sanromán, M. A. (2023). Immobilization of esterase from *Bacillus subtilis* on Halloysite nanotubes and applications on dibutyl phthalate degradation. *Environmental Technology & Innovation*, 30, 103113.

Prof. Dr. Erol ŞEKER

1. Gungormus, E., Seker, E., & Altinkaya, S. A. (2023). Antifouling Polydopamine-Modified Poly (ether sulfone) Membrane Immobilized With Alumina-Calcium Oxide Catalyst For Continuous Biodiesel Production. *Fuel*, 349, 128685.

Prof. Dr. Fehime ÖZKAN

1. Saygı, G., Kap, Ö., Özkan, F. Ç., & Varlikli, C. (2023). Photocatalytic Reactors Design and Operating Parameters on the Wastewater Organic Pollutants Removal. In *Photocatalysis for Environmental Remediation and Energy Production: Recent Advances and Applications* (pp. 103-151). Cham: Springer International Publishing.

Prof. Dr. Funda TIHMINOĞLU

1. Aker, S. D., Tamburaci, S., & Tihminlioglu, F. (2023). Development of *Cissus quadrangularis*-Loaded POSS-Reinforced Chitosan-Based Bilayer Sponges for Wound Healing Applications: Drug Release and In Vitro Bioactivity. *ACS omega*.

2. Perpelek, M., Tamburaci, S., Aydemir, S., Tihminlioglu, F., Baykara, B., Karakasli, A., & Havitcioglu, H. (2023). Corrigendum: Bioactive snail mucus-slime extract loaded chitosan scaffolds for hard tissue regeneration: the effect of mucoadhesive and antibacterial extracts on physical characteristics and bioactivity of chitosan matrix (2021 *Biomed. Mater.* 16 065008). *Biomedical materials* (Bristol, England), 18(4).

3. Tamburaci, S., Perpelek, M., Aydemir, S., Baykara, B., Havitcioglu, H., & Tihminlioglu, F. (2023). Fabrication of *Helix aspersa* Extract Loaded Gradient Scaffold with an Integrated Architecture for Osteochondral Tissue Regeneration: Morphology, Structure, and In Vitro Bioactivity. *ACS Applied Bio Materials*, 6(4), 1504-1514.

Prof. Dr. Sacide ALSOY ALTINKAYA

1. Gungormus, E., Seker, E., & Altinkaya, S. A. (2023). Antifouling Polydopamine-Modified Poly (ether sulfone) Membrane Immobilized With Alumina-Calcium Oxide Catalyst For Continuous Biodiesel Production. *Fuel*, 349, 128685.

Doç. Dr. Abhisek DUTTA

1. Croes, T., Van der Bruggen, B., Sels, B., & Dutta, A. (2023). Organic Solvent Nanofiltration for the fractionation of biobased phenolic compounds.

2. Turan, M., & Dutta, A. (2023). Further developments of the Extended Quadrature Method of Moments to solve Population Balance Equations. *Heliyon*.

Doç. Dr. Aslı Yüksel ÖZŞEN

1. Altınbaş, B. F., & Yüksel, A. (2023). Synthesis of a novel cellulose-based adsorbent from olive tree pruning waste for removal of boron from aqueous solution. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 1-11.

Ar. Gör. Bekir Fırat ALTINBAŞ

1. Altınbaş, B. F., & Yüksel, A. (2023). Synthesis of a novel cellulose-based adsorbent from olive tree pruning waste for removal of boron from aqueous solution. *Biomass Conversion and Biorefinery*, 1-11.

Ar. Gör. Bengü GETİREN

1. Bayar, E. Y., Getiren, B., Soysal, F., Çıplak, Z., Yıldız, N., & Bayraktar, E. (2023). Graphene oxide/polyaniline/silver nanocomposite synthesis and photothermal performance. *Materials Research Bulletin*, 166, 112352.

2. Getiren, B., Altınışık, H., Soysal, F., Çıplak, Z., & Yıldız, N. (2023). N-doped reduced graphene oxide/MnO₂/co-doped polyaniline ternary nanocomposites for electrochemical energy storage applications. *Journal of Electroanalytical Chemistry*, 932, 117243.

3. Altınışık, H., Getiren, B., Çıplak, Z., Soysal, F., & Yıldız, N. (2023). Energy storage performance of nitrogen doped reduced graphene oxide/co-doped polyaniline nanocomposites. *Journal of Inorganic and Organometallic Polymers and Materials*, 33(2), 353-367.

Ar. Gör. Elif GÜNGÖRMÜŞ DELİİSMAİL

1. Gungormus, E., Seker, E., & Altinkaya, S. A. (2023). Antifouling Polydopamine-Modified Poly (ether sulfone) Membrane Immobilized With Alumina-Calcium Oxide Catalyst For Continuous Biodiesel Production. *Fuel*, 349, 128685.
2. Gungormus, E., & Altinkaya, S. A. (2023). A new-generation poly (ether imide sulfone) based solvent resistant ultrafiltration membrane for a sustainable production of silica nanopowder. *Separation and Purification Technology*, 304, 122351.

Ar. Gör. Gizem CİHANOĞLU

1. Karabıyık, M., Cihanoğlu, G., & Ebil, Ö. (2023). CVD deposited epoxy copolymers as protective coatings for optical surfaces. *Polymers*, 15(3), 652.

Ar. Gör. Yaşar Kemal RECEPOĞLU

1. Goren, A. Y., Recepoglu, Y. K., Yoon, Y., & Khataee, A. (2023). Insights into sustainability of engineered carbonaceous material-based technologies for advanced cyanide removal from wastewater. *Alexandria Engineering Journal*, 73, 69-88.
2. Recepoglu, Y. K., Goren, A. Y., Orooji, Y., Vatanpour, V., Kudaibergenov, N., & Khataee, A. (2023). Polyoxometalate-based hybrid composites in multi-functional wastewater treatment applications. *Journal of Water Process Engineering*, 53, 103863.
3. Goren, A. Y., Recepoglu, Y. K., Vatanpour, V., Yoon, Y., & Khataee, A. (2023). Insights into engineered graphitic carbon nitride quantum dots for hazardous contaminants degradation in wastewater. *Environmental Research*, 223, 115408.
4. Recepoglu, Y. K., Gümüşbulut, G., & Özşen, A. Y. (2023). A comparative assessment for efficient oleuropein extraction from olive leaf (*Olea europaea* L. folium). *Turkish Journal of Engineering*, 7(2), 116-124.

21. KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ**Prof. Dr. Ayşe AYTAÇ**

1. Üçpınar Durmaz, B., Salman, A. O., & Aytaç, A., (2023). Electromagnetic Interference Shielding Performances of Carbon-Fiber-Reinforced PA11/PLA Composites in the X-Band Frequency Range. *ACS OMEGA*, vol.1, 1.
2. Hazer, S., & AYTAÇ, A., (2023). Monitoring food quality - effect of curcumin in the development of polyethylene/thermoplastic starch based smart packaging. *JOURNAL OF VINYL & ADDITIVE TECHNOLOGY*.
3. Samatya Yılmaz, S., YAZICI ÖZÇELİK, E., UZUNER, H., KOLAYLI, F., KARADENİZLİ, A., & AYTAÇ, A., (2023). The PLA-Ag NPs/PU bicomponent nanofiber production for wound dressing applications: Investigation of core/shell displacement effect on antibacterial, cytotoxicity, mechanical, and surface properties. *International Journal of Polymeric Materials and Polymeric Biomaterials*.
4. Samatya Yılmaz, S., UZUNER, H., & AYTAÇ, A., (2023). Use of antibacterial effective food packaging of crosslinked polyvinyl alcohol/sodium caseinate/silver nanoparticle composite films. *Polymer Composites*.

Doç. Dr. Bağdagül KARAĞAÇ

1. Açar, S. B., Taşdelen, M. A., & Karaağaç, B., (2023). The effect of POSS nanoparticles on crosslinking of styrene-butadiene rubber nanocomposites. *TURKISH JOURNAL OF CHEMISTRY*, vol.47, 417-425.
2. Yeşil, B., Ünügül, T., & Karaağaç, B., (2023). Self-healing behaviour of lignin-containing epoxidized natural rubber compounds. *EXPRESS POLYMER LETTERS*, vol.17, no.7, 704-721.

Arş. Gör. Dr. Toygahan KUTLUK

1. Ozun, E., Ceylan, R., BORA, M. Ö., ÇOBAN, O., & KUTLUK, T., (2023). Effects of Double and Triple Hybrid Nanomaterial Reinforcements on Mechanical Performance of Aluminium Adhesive Joints. *Journal of Materials Engineering and Performance*.

22. MARMARA ÜNİVERSİTESİ**Prof. Dr. Atif KOCA**

1. DİLBER, G., NAS, A., BUDAK, Ö., & KOCA, A., (2023). Chloromanganese and oxo-Titanium (IV) phthalocyanines: Synthesis, electrochemistry and Spectroelectrochemistry. *Polyhedron*, vol.242.
2. NELİ, Ö. U., BUDAK, Ö., & KOCA, A., (2023). Improved photoelectrochemical hydrogen production performance of reduced graphene oxide-cadmium zinc sulfide photoelectrodes prepared by a Facile In-situ Electrosynthesis method. *Electrochimica Acta*, vol.458.

Prof. Dr. Mehmet Sayıp EROĞLU

1. Ahmadova, I., Tapdıqov, S., EROĞLU, M. S., & SENNAROĞLU BOSTAN, M., (2023). Microwave assisted ring-opening polymerization of ϵ -caprolactone using organic acids. *Journal of Polymer Research*, vol.30, no.8.

Prof. Dr. Gökçe Alev ÇİFTÇİOĞLU

1. Yalçın, E., Çiftçioğlu, G. A., & Güzel, D. H. B., (2023). Human Factors Analysis by Classifying Chemical Accidents into Operations. *SUSTAINABILITY*, vol.15, no.10, 8129-8145.

Doç. Dr. Özge KERKEZ KUYUMCU

1. Firtina-Ertis, I., & KERKEZ KUYUMCU, Ö., (2023). Effect of Different Amounts of Pt on Fe₃O₄-TiO₂ for Photocatalytic H₂ Production Under Solar Light. *ChemistrySelect*, vol.8, no.27.

Doç. Dr. Sevgi POLAT

1. Polat, S., Kortlever, R., & Eral, H. B., (2023). Electrochemical cell design and performance evaluation of polyvinyl ferrocene/carbon nanotube electrodes for selective formate separation. *SEPARATION AND PURIFICATION TECHNOLOGY*, vol.324, 124554.

Dr. Öğr. Üyesi Müge SENNAROĞLU BOSTAN

1. Ahmadova, I., Tapdıqov, S., EROĞLU, M. S., & SENNAROĞLU BOSTAN, M., (2023). Microwave assisted ring-opening polymerization of ϵ -caprolactone using organic acids. *Journal of Polymer Research*, vol.30, no.8.

Arş. Gör. Özlem BUDAK

1. DİLBER, G., NAS, A., BUDAK, Ö., & KOCA, A., (2023). Chloromanganese and oxo-Titanium (IV) phthalocyanines: Synthesis, electrochemistry and Spectroelectrochemistry. *Polyhedron*, vol.242.

2. NELİ, Ö. U., BUDAK, Ö., & KOCA, A., (2023). Improved photoelectrochemical hydrogen production performance of reduced graphene oxide-cadmium zinc sulfide photoelectrodes prepared by a Facile In-situ Electrosynthesis method. *Electrochimica Acta*, vol.458.

23. ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ**Prof. Dr. Selim CEYLAN**

1. Tahir, M. H., Ali, I., Kaya, E. Y., & Ceylan, S., (2023). Thermal conversion of waste furniture board under pyrolytic conditions: Kinetic analysis and product characterization. *FUEL*, vol.348.

2. Cakman, G., Ceylan, S., & Balci, F. S., (2023). Catalytic Deoxygenation of Oleic Acid over Synthesized Ni@CMK-3 Catalyst using Analytical Py-GC/MS and TG-FTIR. *Journal Of Porous Materials*, vol.30, no.3, 899-909.

3. Aissaoui, M. H., Trabelsi, A. B. H., Bensidhom, G., Ceylan, S., Leahy, J. J., & Kwapinski, W., (2023). Insights into olive pomace pyrolysis conversion to biofuels and biochars: Characterization and techno-economic evaluation. *Sustainable Chemistry And Pharmacy*, vol.32.

Doç. Dr. Berker FIÇICILAR

1. Duman, B., & Fiçicilar, B., (2023). Development of low-cost nitrogen- and boron-doped carbon black cathode catalysts for the improvement of hydrogen-bromine flow battery cathode kinetics. *Journal Of Applied Electrochemistry*, vol.53, no.7, 1421-1431.

Dr. Öğr. Üyesi Elif Hatice GÜRKAN

1. Gürkan, E. H., Akyol, R. B., & Çoruh, S., (2023). Kinetic, isotherm modeling analyses of the adsorption of phenol on activated carbon/alginate composites. *International Journal Of Phytoremediation*, vol.25, no.7, 832-839.

2. Gürkan, E. H., & Berk, Y. (2023). Comparative evaluation of flame retardant performance in rigid polyurethane foams TCPP TDCP MP and ATH as promising additives. *Journal of Taibah University for Science*, 17(1), 0-0.

Dr. Öğr. Üyesi Burak TEKİN

1. Tekin, B., & AÇIKEL, Ü., (2023). Adsorption Isotherms for Removal of Heavy Metal Ions (Copper and Nickel) from Aqueous Solutions in Single and Binary Adsorption Processes. *Gazi University Journal of Science*, vol.36, no.2, 495-509.

Arş. Gör. Esma Yeliz KAYA

1. Tahir, M. H., Ali, I., KAYA, E. Y., & Ceylan, S., (2023). Thermal conversion of waste furniture board under pyrolytic conditions: Kinetic analysis and product characterization. *FUEL*, vol.348.

Arş. Gör. Gülce ÇAKMAN

1. Cakman, G., Ceylan, S., & BALCI, F. S., (2023). Catalytic Deoxygenation of Oleic Acid over Synthesized Ni@CMK-3 Catalyst using Analytical Py-GC/MS and TG-FTIR. *Journal Of Porous Materials*, vol.30, no.3, 899-909.

24. ORTA DOĞU TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**Prof. Dr. Pınar ÇALIK**

1. YAMAN, O. U., & ÇALIK, P., (2023). MachineTFBS: Motif-based method to predict transcription factor binding sites with first-best models from machine learning library. *Biochemical Engineering Journal*, vol.198.

Prof. Dr. Gürkan KARAKAŞ

1. Helvacı, Z. K., KARAKAŞ, G., & ULUDAĞ, Y., (2023). Modelling and simulation of chemical reaction of porous MgCl₂ pellets with NH₃ by including impact of heat and mass transfer and structure change. *Turkish Journal of Chemistry*, vol.47, no.3, 572-582.

Prof. Dr. Görkem KÜLAH

1. Yaşar, M., Ozen, G., Selçuk, N., & Külah, G., (2023). Effect of Particle Size Distribution and Complex Refraction Index of Alumina on Infrared Rocket Plume Signatures. *Combustion Science and Technology*.

Prof. Dr. Yusuf ULUDAĞ

1. Helvacı, Z. K., Karakaş, G., & Uludağ, Y., (2023). Modelling and simulation of chemical reaction of porous MgCl₂ pellets with NH₃ by including impact of heat and mass transfer and structure change. *Turkish Journal of Chemistry*, vol.47, no.3, 572-582.

Doç. Dr. Emre BÜKÜŞOĞLU

1. AKMAN, A., & BÜKÜŞOĞLU, E., (2023). Understanding directed assembly of concentrated nanoparticles at energetically heterogeneous interfaces of cholesteric liquid crystal droplets. *Journal of Colloid and Interface Science*, vol.649, 772-784.

2. Dinç, R. U., & Büküşoğlu, E., (2023). Controlled release of microcargo from water-in-liquid crystal emulsions via interfacial shear induced by synthetic microstirrers. *SOFT MATTER*, vol.19, no.23, 4304-4314.

Doç. Dr. Nazlı İLERİ ERCAN

1. Gul, G., Faller, R., & İleri Ercan, N., (2023). Coarse-grained modeling of polystyrene-modified CNTs and their interactions with lipid bilayers. *Biophysical Journal*, vol.122, no.10, 1748-1761.

Dr. Öğr. Üyesi Bahar İpek TORUN

1. Ali, M., DİLEK, F. B., & İPEK TORUN, B., (2023). Preparation of chabazite based Fenton-like heterogeneous catalyst and its organic micropollutant removal performance. *Sustainable Chemistry and Pharmacy*, vol.31.

Dr. Öğr. Üyesi Harun KOKU

1. Genç, Ş., & KOKU, H., (2023). A preliminary techno-economic analysis of photofermentative hydrogen production. *International Journal of Hydrogen Energy*.

Dr. Öğr. Üyesi Necip Berker ÜNER

1. Wang, J., ÜNER, N. B., Dubowsky, S. E., Confer, M. P., Bhargava, R., Sun, Y., ... Zhou, Y.(2023). Plasma Electrochemistry for Carbon-Carbon Bond Formation via Pinacol Coupling. *Journal of the American Chemical Society*, vol.145, no.19, 10470-10474.

25. PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ

Prof. Dr. Necip ATAR

1. Çapar, N., Yola, B. B., Polat, İ., Bekerecioğlu, S., Atar, N., & Yola, M. L. (2023). A zearalenone detection based on molecularly imprinted surface plasmon resonance sensor including sulfur-doped g-C3N4/Bi2S3 nanocomposite. *Microchemical Journal*, 109141.

2. Mavioglu Kaya, M., Deveci, H. A., Kaya, İ., Atar, N., & Yola, M. L. (2023). The Electrochemical Detection of Ochratoxin A in Apple Juice via MnCO3 Nanostructures Incorporated into Carbon Fibers Containing a Molecularly Imprinting Polymer. *Biosensors*, 13(8), 760.

3. Deveci, H. A., Mavioglu Kaya, M., Kaya, İ., Bankoğlu Yola, B., Atar, N., & Yola, M. L. (2023). Bisphenol a imprinted electrochemical sensor based on graphene quantum dots with boron functionalized g-c3n4 in food samples. *Biosensors*, 13(7), 725.

4. Çapar, N., Polat, İ., Yola, B. B., Atar, N., & Yola, M. L. (2023). A novel molecular imprinted QCM sensor based on MoS2NPs-MWCNT nanocomposite for zearalenone determination. *Microchimica Acta*, 190(7), 262.

Doç. Dr. Tufan TOPAL

1. Demirçali, A., & Topal, T. (2023). Synthesis, theoretical calculations, X-ray, HS and energy framework analysis, molecular docking of amino pyrazole containing azo dye and its inhibition activity of COVID-19 main protease. *Journal of Molecular Structure*, 1288, 135782.

26. SİVAS CUMHURİYET ÜNİVERSİTESİ

Prof. Dr. Ayten ATEŞ

1. Ateş, A., (2023). The effect of microwave and ultrasound activation on the characteristics of biochar produced from tea waste in the presence of H3PO4 and KOH. *BIOMASS CONVERSION AND BIOREFINERY*, vol.13, no.10, 9075-9094.

2. Missaoui, F., Trablş, K., Moufida, K., Ateş, A., Mahmoud, A., Boschini, F., ... Ben Rhaïem, A.(2023). Structural, dielectric and transport properties of Na_xFe_{1-2M-n1/2O₂} (x = 1 and 2/3). *RSC Advances*, vol.13, no.26, 17923-17934.

3. Ateş, A., Mert, Y., & Timko, M. T., (2023). Evaluation of characteristics of raw tea waste-derived adsorbents for removal of metals from aqueous medium. *BIOMASS CONVERSION AND BIOREFINERY*, vol.13, no.9, 7811-7826.

Prof. Dr. Uğur ULUSOY

1. Sun, Y., Bu, X., Ulusoy, U., Guven, O., Vaziri Hassas, B., & Dong, X., (2023). Effect of surface roughness on particle-bubble interaction: A critical review. *Minerals Engineering*, vol.201.

2. Burat, F., Dinç, N. İ., Dursun, H. N., & Ulusoy, U., (2023). The Role of Particle Size and Shape on the Recovery of Copper from Different Electrical and Electronic Equipment Waste. *Minerals*, vol.13, no.7.

Dr. Öğr. Üyesi Zafer ÇIPLAK

1. YÜREKLİ BAYAR, E., GETİREN, B., SOYSAL, F., ÇIPLAK, Z., YILDIZ, N., & BAYRAKTAR, E., (2023). Graphene oxide/polyaniline/silver nanocomposite synthesis and photothermal performance. *Materials Research Bulletin*, vol.166.

27. ÜSKÜDAR ÜNİVERSİTESİ

Dr. Öğr. Üyesi Yaprak ÖZBAKIR

1. Frick, J. J., Ormsby, R., Li, Z., Ozbakir, Y., Liu, C., Cox, J. M., ... & Senesky, D. G. (2023). Autoclave Design for Microgravity Hydrothermal Synthesis.

2. Cox, J. M., Frick, J. J., Liu, C., Li, Z., Ozbakir, Y., Carraro, C., ... & Senesky, D. G. (2023). Thermal conductivity of macroporous graphene aerogel measured using high-resolution comparative infrared thermal microscopy. *arXiv preprint arXiv:2305.09033*

Dr.Öğr. Üyesi Aysun İpek PAKSOY

1. Merkouri, L. P., Paksoy, A. I., Ramirez Reina, T., & Duryar, M. S. (2023). The Need for Flexible Chemical Synthesis and How Dual-Function Materials Can Pave the Way. *ACS catalysis*, 13, 7230-7242.

Arş.Gör. Özlem ŞİMŞEK

1. Abunıma, H., Pektas, B., Kopacak, N., & Şimsek, O. (2023, July). Mixed Integer Linear Programming Model For Optimizing University Exam Schedules. In 9th International IFS and Contemporary Mathematics and Engineering Conference (p. 135).

30. YALOVA ÜNİVERSİTESİ

Prof. Dr. Dilek ÖZMEN

1.BEKİRİ, S., ÖZMEN, D., & ÖZMEN, A. (2023). Deep Learning Based Combining Rule for the Estimation of Vapor-Liquid Equilibrium. *Brazilian Journal of Chemical Engineering*, 0-0.

Prof. Dr. Fehime Jülide HIZAL YÜCESOY

1. Hızal Yücesoy, F. J., Kanmaz, N., & Yılmazoğlu, M. (2023). Evaluation of humic acid embedded Chitosan PVA composite performance in the removal of uranyl ions. *Elsevier BV*, 299, 0-0.

Doç. Dr. Hatice Hande MERT

1. Mert, M. S., Mert, H. H., & Arıcı, M. (2023). Development and properties of n-octadecane kaolinite composites as form-stabilized phase change materials for energy storage. *Journal of Cleaner Production*, 410, 137304-0.

2. Bilgin Şimşek, E., Mert, H. H., Sözbir, M., & Mert, E. H. (2023). Sulfonated polyHIPE nanoclay composites with hierarchically porous structure for efficient removal of endocrine disrupting hormone from aqueous solution. *Water Environment Research*, 95(5), 0-0.

3. H. H. Mert, E. Bilgin Şimşek, Z. Balta, And M. S. Mert, "Hexagonal boron nitride-loaded macroporous foams as frameworks for development of n-eicosane-based composite phase-change materials," *Journal of Thermal Analysis and Calorimetry*, pp. 0-0, Apr. 2023.

4. Bayram, S., Mert, H. H., & Mert, M. S. (2023). Preparation of n-nonadecane based shape-stabilized composite phase change materials containing modified kaolinite clay-doped and determination of their properties. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 38(1), 435-449.

5. Sözbir, M., Bilgin Şimşek, E., Mert, H. H., Kekevi, B., Mert, M. S., & Mert, E. H. (2023). Renewable terpene-based highly porous polymer monoliths for the effective removal of persistent pharmaceuticals of tetracycline and ibuprofen. *Microporous and Mesoporous Materials*, 354, 112509-0.

Doç. Dr. Mehmet BUĞDAYCI

1. N. KANMAZ, M. BUĞDAYCI, and P. BARAN, "Solvent-free mechanochemical synthesis of TiO₂-ethyl cellulose biocomposite for adsorption of tetracycline and organic dyes," *JOURNAL OF MOLECULAR LIQUIDS*, vol. 378, pp. 121643-0, May 2023

2. ÇOBAN, O., BUĞDAYCI, M., BAŞLAYICI, S., & AÇMA, M. E. (2023). Combustion Synthesis of B₄C TiB₂ Nanocomposite Powder Effect of Mg Particle Size on SHS and Optimization of Acid Leaching Process. *Journal of Superhard Materials*, 45, 20-40.

3. KANMAZ, N., BUĞDAYCI, M., & BARAN, P. (2023). Investigation on structural and adsorptive features of BaO modified zeolite powders prepared by ball milling technique Removal of tetracycline and various organic contaminants. *MICROPOROUS AND MESOPOROUS MATERIALS*, 354, 112566-0.

4. S. BAŞLAYICI, M. BUĞDAYCI, K. BENZEŞİK, O. YÜCEL, and M. E. AÇMA, "Corrosion behavior of hydroxyapatite coated AZ31 and AZ91 Mg alloys by electrostatic spray coating," *International Journal of Materials Research*, vol. 113, no. 2, pp. 93-100, Jan. 2022.

5. O. ÇOBAN, M. BUĞDAYCI, and M. E. AÇMA, "Production of B₄C-TiB₂ composite powder by self-propagating high-temperature synthesis," *Journal of the Australian Ceramic Society*, no. 58, pp. 777-791, Mar. 2022.

Doç. Dr. Mesut YILMAZOĞLU

1. F. J. Hızal Yücesoy, N. Z. Kanmaz Keleşoğlu, And M. Yılmazoğlu, "Evaluation of humic acid embedded Chitosan PVA composite performance in the removal of uranyl ions," *Materials Chemistry And Physics*, vol. 299, pp. 127483-0, Apr. 2023.

2. M. Yılmazoğlu, F. Bayıroğlu, H. Erdemi, U. Abacı, and H. Y. Guney, "Ionic liquid incorporated SPEEK Chitosan solid polymer electrolytes ionic conductivity and dielectric study," *Journal Of Solid State Electrochemistry*, Pp. 0-0, Feb. 2023.

3. M. Yılmazoğlu, N. Z. Kanmaz Keleşoğlu, and F. J. Hızal Yücesoy, "Highly efficient sulfonated poly ether ether ketone sPEEK adsorbent for removal of uranium VI from aqueous solution," *Process Safety And Environmental Protection*, pp. 0-0, May 2023.

Arş. Gör. Ekin SELVİ

1. SELVİ, E., KABA, M., MUHAFFEL, F., VANLI, A. S., & BAYDOĞAN, M. (2023). Elevated Temperature Wear Behavior of AZ91 Magnesium Alloy After Micro-Arc Oxidation in Single and Dual Phase Electrolytes. *ASME International*, 145(7), 0-0.

Arş. Gör. Nergiz Zeynep KANMAZ KELEŞOĞLU

1. KANMAZ KELEŞOĞLU, N. Z., BUĞDAYCI, M., & BARAN, P. (2023). Solvent-free mechanochemical synthesis of TiO₂-ethyl cellulose biocomposite for adsorption of tetracycline and organic dyes. *Journal of Molecular Liquids*, 378, 0-0.

Dr. Öğr. Üyesi Oya Irmak CEBECİ

1. CEBECİ, O. I., DÜNDAR, A. N., UZUNER, K., PARLAK, M. E., DAĞDELEN, A. F., & SARICAOĞLU, F. T. (2023). Lyophilized nano-liposomal system for red onion *Allium cepa* L peel anthocyanin Characterization bioaccessibility and release kinetics. *Food Bioscience*, 0-0.

2. DÜNDAR, A. N., CEBECİ, O. I., PARLAK, M. E., & SARICAOĞLU, F. T. (2023). Drying kinetics and change in bioactive compounds of edible flowers *Prunus domestica*. *Wiley*, 0-0.

3. CEBECİ, O. I., Uzuner, K., DÜNDAR, A. N., PARLAK, M. E., GÜL, L. B., DAĞDELEN, A. F., ... ŞİMŞEK, Ş. (2023). Functional properties and bioaccessibility of alginate based phycocyanin-honey hydrogels. *LWT-Food Science and Technology*, 184, 0-0.

Dr. Öğr. Üyesi Özlem TUNA

1. BİLGİN ŞİMŞEK, E., & TUNA, Ö. (2023). Boosting redox cycle and increased active oxygen species via decoration of LaMnO₃ spheres with CeO₂ flowers to promote Fenton-like catalytic degradation of various organic contaminants. *Optical Materials*, 137(113564), 0-0.

2. BİLGİN ŞİMŞEK, E., & TUNA, Ö. (2023). Unravelling the synergy of Ce dopant and surface oxygen vacancies confined in FeTiO₃ perovskite for peroxymonosulfate activated degradation of wide range of pollutants. *Journal of Physics and Chemistry of Solids*, 176(111276), 0-0.

32. YILDIZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ

Prof. Dr. Hasan SADIKOĞLU

1. Aynali, F., DOĞANCI, E., Balci, H., Cetin, M., Ozkoc, G., & SADIKOĞLU, H., (2023). Preparation and characterization of poly(lactic acid)-based contact-active antimicrobial surfaces. *Journal of Coatings Technology and Research*, vol.20, no.4, 1459-1475.

Prof. Dr. Aysel KANTÜRK FİGEN

1. Coşkuner Filiz, B., Kinsiz, B. N., Kılıç Depren, S., & Kantürk Figen, A., (2023). Regeneration of Co-based bead type catalyst in ammonia borane hydrolysis for hydrogen generation: Artificial neural networks and response surface methodology. *JOURNAL OF CLEANER PRODUCTION*, vol.419, no.0, 1-13

Prof. Dr. Dilek KILIÇ

1. Mutlu, H., & Apar, D. K., (2023). Conventional and sonication-assisted biosorption of Remazol Orange RGB dye by active kefir biomass Aktif kefir biyokütlesi ile Remazol Turuncu RGB boyar maddesinin konvansiyonel ve sonikasyon destekli biyosorpsiyonu. *Journal of the Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, vol.38, no.4, 1979-1993.

Prof.Dr. Azmi Seyhun KIPÇAK

1. Sevim, S., Özyalçın Genç, Z. Ö., & Kıpçak, A. S., (2023). Drying and Rehydration Characteristics of Microwave Dried *Mytilus edulis*. *TURKISH JOURNAL OF FISHERIES AND AQUATIC SCIENCES*, vol.23, no.12, 1-10.

Doç.Dr. Nurcan TUĞRUL

1. Yılmaz, A., & Tuğrul, N., (2023). Effect of Ultrasound-Microwave and Microwave-Ultrasound Treatment on Physicochemical Properties of Corn Starch. *ULTRASONICS SONOCHEMISTRY*, vol.98, no.1, 1-6.

Doç.Dr. Nil ACARALI

1 Çınar Koyuncu, R. M., & Acaralı, N., (2023). Fabrication and Evaluation of Poly(2-hydroxyethyl methacrylate)/Eudragit L-100 Hydrogels with Fusidic Acid to Promote Eczema Treatment. *ACS OMEGA*, vol.8, no.30, 27419-27428.

2.Çetiner, E., Bayburt, A., & Acaralı, N., (2023). A novel aspect on different preservation methods for tomato paste by examining the protective effect of herb and spice oils. *FOOD CHEMISTRY*, vol.427, 1-9.

Doç.Dr. Elçin YILMAZ

1.Uçar, E., Dogu, M., Demirhan, E., & Krause, B., (2023). PMMA/SWCNT Composites with Very Low Electrical Percolation Threshold by Direct Incorporation and Masterbatch Dilution and Characterization of Electrical and Thermo-electrical Properties. *Nanomaterials*, vol.13, no.8.

Doç.Dr. Müge SARI YILMAZ

1. Qulatein, H. A., & SARI YILMAZ, M., (2023). Preparation of low-cost and non-conventional macroalgae-based biosorbent for fast and effectively selective dye adsorption. *Materials Chemistry and Physics*, vol.303.

2. Vasseghian, Y., SEZGİN, D., Nguyen, D. C., Hoang, H. Y., & SARI YILMAZ, M., (2023). A hybrid nanocomposite based on CuFe layered double hydroxide coated graphene oxide for photocatalytic degradation of trimethoprim. *Chemosphere*, vol.322.

3. Mirkovic, M., Sari Yilmaz, M., Kljajevic, L., Pavlovic, V., Ivanovic, M., Djukic, D., ... Eren, T.(2023). Design of PEI and Amine Modified Metakaolin-Brushite Hybrid Polymeric Composite Materials for CO₂ Capturing. *POLYMERS*, vol.15, no.7, 1669-1683.

4. Sari Yilmaz, M., (2023). Preparation and CO₂ capture performances of KIT-6@reduced graphene oxide composites. *JOURNAL OF POROUS MATERIALS*, vol.1, no.12, 1-9.

5. SARI YILMAZ, M., (2022). Graphene oxide/hollow mesoporous silica composite for selective adsorption of methylene blue. *MICROPOROUS AND MESOPOROUS MATERIALS*, vol.330.

Doç.Dr. Dilek DURANOĞLU DİNÇER

1. Kol, Z. B., & Duranoğlu Dinçer, D., (2023). Modelling of Basic Yellow 28 adsorption onto activated carbon: batch and continuous process. *PIGMENT AND RESIN TECHNOLOGY*, vol.52, no.6, 1-8.

Dr.Öğr.Üyesi Sennur DENİZ

1. Alpaslan Güler, C., & DENİZ, S., (2023). The effect of different clay types on the barrier properties of PLA/PBAT/clay bio-nanocomposite packaging films. *Journal of Dispersion Science and Technology*.

Dr.Öğr.Üyesi Semra KIRBOĞA OKUMUŞ

1. ÖNER, M., Kirboga, S., ABAMOR, E. Ş., Karadaş, K., & Kral, Z., (2023). The influence of silicon-doped hydroxyapatite nanoparticles on the properties of novel bionanocomposites based on poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate). *Express Polymer Letters*, vol.17, no.4, 417-433.

Arş.Gör. Mert Akın İNSEL

1. Aydın, T., Koroglu, N., Albayrak, N., & İnsel, M. A., (2023). Serial progesterone levels more accurately predict the time of ovulation in subfertile women: a prospective cohort study. *Journal of Assisted Reproduction and Genetics*, vol.40, no.8, 1897-1903.

2. İnsel, M. A., Karakuş, S., Temelcan, G., Köçken, H., & Albayrak, F. İ., (2023). Handling uncertainty in rheological properties of green eggshell nanocomposites by a fuzzy-hybrid modeling approach: a comparative study. *Physica Scripta*, vol.98, no.3.

3. Köçken, H., Insel, M. A., Temelcan, G., Karakuş, S., & Albayrak, F. İ., (2023). On Modeling of Surface Tension of CMC- α -Fe₂O₃ Nanoparticles by Fuzzy-Hybrid Approach: A Comparison Study. *CANADIAN JOURNAL OF CHEMICAL ENGINEERING*, 1-24.

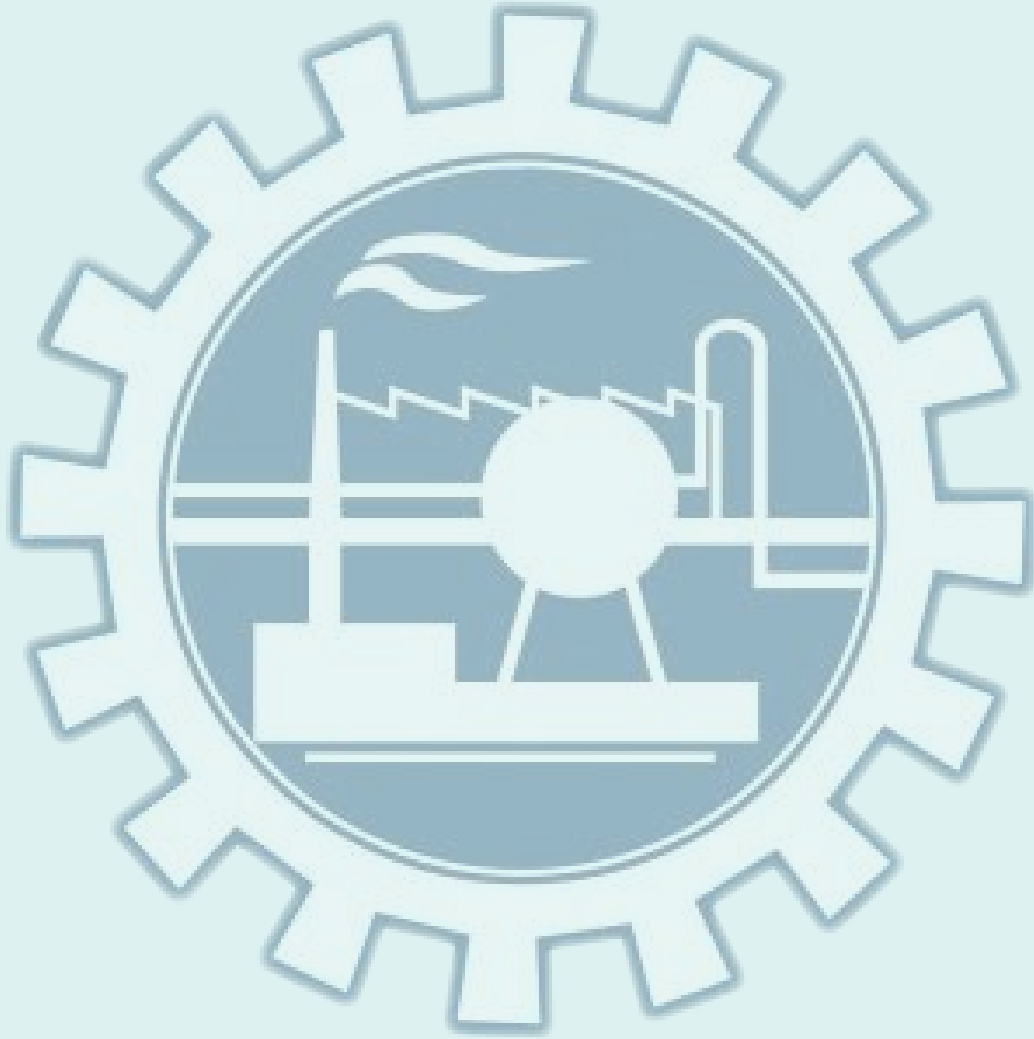
Arş.Gör. Zehra Özden ÖZYALÇIN GENÇ

1. Sevim, S., Özyalçın Genç, Z. Ö., & Kıpçak, A. S., (2023). Drying and Rehydration Characteristics of Microwave Dried *Mytilus edulis*. *TURKISH JOURNAL OF FISHERIES AND AQUATIC SCIENCES*, vol.23, no.12, 1-10.

2. Özyalçın Genç, Z. Ö., Kıpçak, A. S., & Tuğrul, N., (2023). The Effect of Various Methods on the Drying kinetics and Mathematical Modelling of Seabass (*Dicentrarchus labrax*). *JOURNAL OF AQUATIC FOOD PRODUCT TECHNOLOGY*, no.32, 384-395.

Arş.Gör. Deniz SEZGİN

1. Vasseghian, Y., SEZGİN, D., Nguyen, D. C., Hoang, H. Y., & SARI YILMAZ, M., (2023). A hybrid nanocomposite based on CuFe layered double hydroxide coated graphene oxide for photocatalytic degradation of trimethoprim. *Chemosphere*, vol.322.



ProSCon

pure process safety

