

**TEKNOFEST
HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ
FESTİVALİ**

**ÇEVRE VE ENERJİ TEKNOLOJİLERİ YARIŞMASI
PROJE DETAY RAPORU**

TAKIM ADI: EYLÜLLER

PROJE ADI: 344041

**BAŞVURU ID: ATIK ZEYTİN KARASUYUNDAN ELDE EDİLEN
KARBON KUANTUM NOKTALARININ YAKIT PİLİ
ELEKTROKATALİZÖRÜ OLARAK KULLANILMASI**

HAVACILIK, UZAY

İçindekiler Tablosu

1. Proje Özeti.....	3
2. Problem/Sorun:.....	3
3. Çözüm.....	4
4. Yöntem.....	4
5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü.....	6
6. Uygulanabilirlik.....	7
7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması.....	7
8. Proje Fikrinin Hedef Kitlesi (Kullanıcılar):.....	8
9. Riskler.....	8
10. Kaynakça.....	9



1. Proje Özeti

Teknolojiye olan bağımlılığımız enerjinin önemini artırmış, artan nüfus yoğunluğu enerji ile çevre sorunlarını da beraberinde getirmiştir. Yakıt pilleri, geleceğin enerji dönüşüm araçlarından biridir. Günümüzde askeri cihazlarda, uzay istasyonlarında, NASA uzay gereçlerinde, telekomünikasyonda sıklıkla kullanılan ve yakıtı direk enerjiye dönüştürüp hareketli parçası bulunmadığı için sessiz çalışan bu pillerin ticarileşmemesinin önündeki en büyük engel maliyetin neredeyse %56'sını oluşturan oksijen indirgeme reaksiyonu için kullanılan Platin içerikli katalizörlerdir. Biz projemizde bu probleme, son yıllarda bilim dünyasının ilgisini çeken karbon kuantum noktaları ile çözüm üretmeyi hedefledik. Projemizde, her yıl tonlarca atığı olan zeytin karasuyundan karbon kuantum noktası sentezleyerek, iletken bir materyal olan grafene katkılayıp Grafen/ CQD kompozit malzeme üretilip, Platin esaslı katalizörlere alternatif olarak platin içermeyen bir katalizör yapmayı amaçladık.

Bu projede atık zeytin karasuyuna her hangi bir kimyasal madde eklenmeden hidrotermal yöntemle Karbon Kuantum Noktaları (CQD) sentezlendi. Karbon Kuantum Noktası (CQD), Karbon elementinin 2-5 nm boyutunda olan normalde floresans özelliği olmayan karbonun floresans da dahil bir çok üstün özellik kazandırılmış halidir. Sentezlenen CQD'lerin karakterizasyonu ve kanıtlanması TEM, UV-VIS, Floresans, FT-IR gibi bilimsel cihaz ve analizlerle yapıldı. Ardından sentezlenen CQD'ler 600 °C'de argon gazı ortamında yatay fırında piroliz yöntemi ile grafene katkılandı. Numunenin SEM görüntüsü alınarak karakterize edildi. Üç elektrotlu sistemde elektriksel özelliklerinin belirlenmesi için oksijen indirgenme reaktivitesi ölçüldü. Ticari grafenin oksijen indirgemeye başladığı potansiyel 0.83 V olarak ölçülmüş, elde ettiğimiz Grafen/ CQD kompozit materyal için 0.88 V olarak ölçülmüştür. Grafen/ CQD kompozit materyal için ölçülen 0,88 V, yüksek kalite %40'lık Pt/C katalizörün 0.98 V'luk potansiyeline çok yaklaşmıştır. Bu değer literatürde yapılan diğer çalışmalarla uyum içindedir ve 0,1V'luk bu yaklaşım iyi bir sonuç olduğu rapor edilmiştir. Zeytin karasuyundan elde edilen CQD'lerin, Oksijen indirgeme reaksiyonlarında (ORR) katalizör olarak kullanılması literatürde öncü bir çalışmadır. **Projemizle 2204-A TÜBİTAK Lise Öğrencileri proje yarışmasına başvurduk ve 14-17 Mart Konya bölge sergisinde sunum yaptık. Ayrıca MEV Prof. Dr. Aziz Sanca Proje yarışmasında Türkiye finalisti olduk. 20 Mayıs tarihinde Ankara'da sunum yapacağız.**

2. Problem/Sorun:

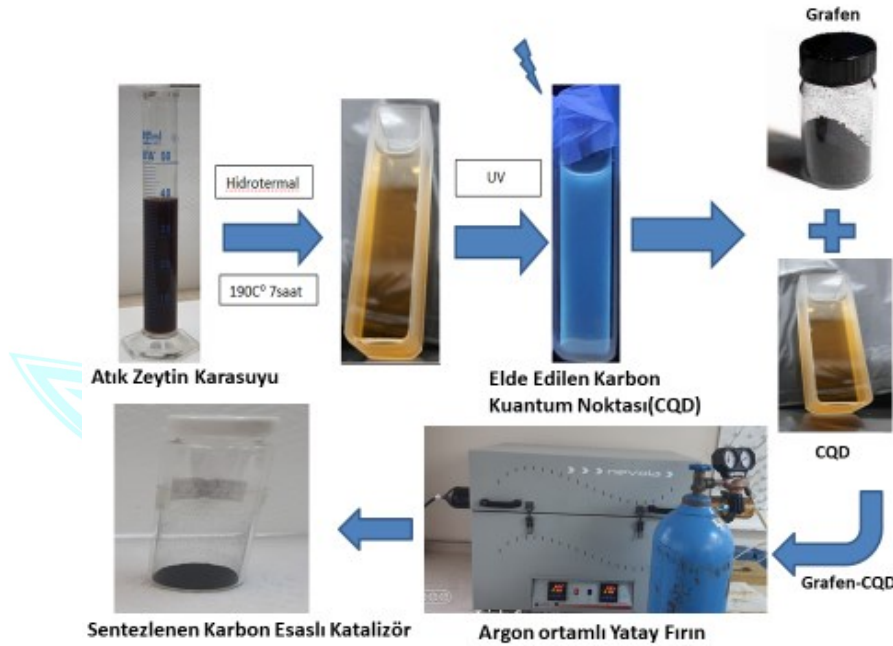
Fosil yakıtların gelecek yüzyıl içinde tükeneneceğinin öngörülmesi ve artan nüfus yoğunluğu, alternatif enerji kaynakları bulmamızı ve atıkların değerlendirilmesini vazgeçilmez kılmıştır. Yenilenebilir enerji kaynakları her bölge için uygun olamaya bilmektedir veya bölgenin özelliğine göre farklı türler kullanılabilir. Yakıt pilleri ise geleceğin enerji dönüşüm araçları olarak gösterilmektedir. Ancak günümüzde halen yaygınlaşmamasının en büyük nedeni yüksek maliyetleri olarak gösterilmektedir. Toplam maliyetin %56'sını oksijen indirgenme reaksiyonu için kullanılan platin esaslı katalizörler oluşturmaktadır (Chen vd., 2011). Bilim dünyası bu problemi çözmek için çeşitli alışımlar denemişler ancak altın, gümüş gibi metaller kullandıkları için maliyeti pek düşürememişler. Metal içermeyen katalizör çalışmalarında ise platin katalizörün performansını yakalayamamışlar. Öte yandan Zeytin karasuyu büyük bir çevre sorunudur. Bir ton zeytin işlenmesinde 1200 ton zeytin karasuyu açığa çıkmaktadır (Baştürk, 2015). Ülkemizde zeytin karasuyunun büyük bir çoğunluğu oluşturulan yapay veya doğal havuzlarda bekletilerek suyunun buharlaştırma yöntemi ile bertaraf edilmektedir. Koku, sinek, toprak ve su kirliliği gibi büyük çevre sorunu oluşturmaktadır. Avrupa bu sorunu küçük ölçekli işletmeleri kapatıp, tek noktada işleme yapıp buraya da arıtma tesisi kurarak çözmüştür (Hocaoğlu, 2015). Ancak ülkemizde küçük büyük 1000-1100 civarında işletme vardır ve bunların tek noktada toplanması mümkün değildir (Baştürk, 2015). Her işletmeye arıtma tesisi kurulması maliyetleri artıracığı için de yakın gelecekte

sürdürülebilir bir çözüm yolu görülmemektedir.

Belirlediğimiz bu iki probleme çözüm olarak kurduğumuz hipotezimiz; atık zeytin karasuyundan elde edilen karbon kuantum noktaları grafene sabitleyerek, yakıt pillerinde elektrokatalizör olarak kullanılabilir.

3. Çözüm

Atık zeytin karasuyundan hidrotermal yöntem ile Karbon Kuantum Noktası sentezledik, sentezlenen Karbon kuantum noktalarını ticari grafene (Nanografi firmasından temin edilen) yatay fırında sabitledik ve elde edilen Grafen/CQD kompozit malzemeyi camsı karbon elektrota damlatarak yakıt pillerinde Oksijen indirgeme potansiyelini test ettik. Şekil-1'deki deney akış şeması deneylerimiz sırasında çektiğimiz fotoğraflarla oluşturulmuştur.



Şekil-1 Yakıt pillerinde kullanılacak alternatif katalizörün üretim akış şeması

4. Yöntem

Zeytin Karasuyundan CQD Sentezi

Yerel bir zeytin işletmesinden zeytin karasuyu temin edildi. Alınan zeytin karasuyu 15.000 rpm'de 20 dk santrifüj edilerek büyük moleküllerinden arındırıldı. Ardından kaba filtre kağıdı kullanılarak süzülen zeytin karasuyundan 40 ml alındı ve 190 °C'de ve 7 saat teflon otoklavda hidrotermal yöntemle Karbon Kuantum Noktası (CQD) sentezlendi. Sentezlenen CQD'ler laboratuvarında UV lamba (365 nm) altında bakılarak floresans özelliği gösterdiği mavi ışık saçılması ile gözlemlendi(Şekil-1). Daha sonra seyreltilerek UV-VIS ve Floresans özellikleri, suyu buharlaştırılan katı numuneden FT-IR ölçümleri yapılarak CQD'lerin karakterizasyonu yapıldı.

CQD'lerin Grafene Katkılanması

Grafen-CQD-1 hazırlanması için 100 mg grafen üzerine 100 µL sentezlediğimiz CQD eklendi ve 20 ml deiyonize su ile karıştırıldı. Ardından ısıtıcı yardımı ile 40 °C derecede suyu buharlaştırıldı. Elde edilen karışımdan mürekkep hazırlanarak ORR aktivitesine belirlendi (elektrokimyasal aktivite işlemleri bir alt başlıkta anlatılmıştır). İstenilen sonuç alınamayınca 100 mg grafen, 100 µL sentezlediğimiz CQD karıştırıldı ve otoklavın teflon haznesine koyulup 190 °C'de, 12 saat hidrotermal işleme tabi tutuldu. Süzülüp kurutulan numunelerin Oksijen indirgeme reaksiyonu (ORR) aktivitesi belirlendi ve numune Grafen-CQD-2 olarak kodlandı. Son olarak 100 mg grafen, 100 µL sentezlediğimiz CQD karıştırıldı önce otoklavın teflon haznesine koyulup 190 °C'de, 12 saat hidrotermal işleme tabi tutuldu. Süzülüp kurutulan numuneler yatay fırında argon ortamında 600 °C'de, 30 dakika süre ile piroliz işlemine tabi tutuldu. Daha sonra numunelerin ORR aktivitesi ölçüldü, istenilen sonuç elde edildi ve numune Grafen-CQD-3 olarak kodlandı. Numunelerin kodları

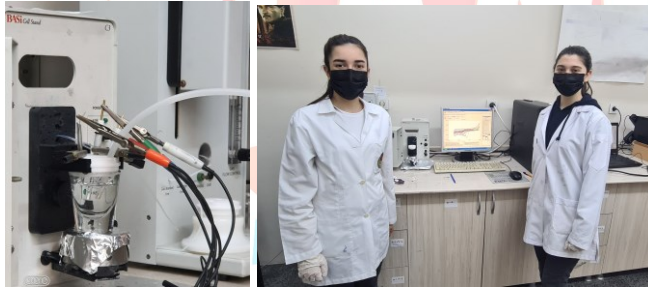
ve işlem basamakları Tablo-1’de özetlenmiştir.

Tablo-1. Hazırlanan CQD/Grafen kompozit malzemelerin kodları ve içerikler

Kod Adı	CQD miktarı	Ticari Grafen miktarı	Yapılan işlem
Grafen-CQD-1	100 μ L	100 mg	Su ile karıştırılıp ısıtıcı ile 40 $^{\circ}$ C’de suyu buharlaştırıldı.
Grafen-CQD-2	100 μ L	100 mg	190 $^{\circ}$ C 12 saat hidrotermal işleme tabi tutuldu ve kurutuldu.
Grafen-CQD-3	100 μ L	100 mg	190 $^{\circ}$ C 12 saat hidrotermal işlememin ardından 600 $^{\circ}$ C’de 30 dk piroliz işlemi yapıldı.

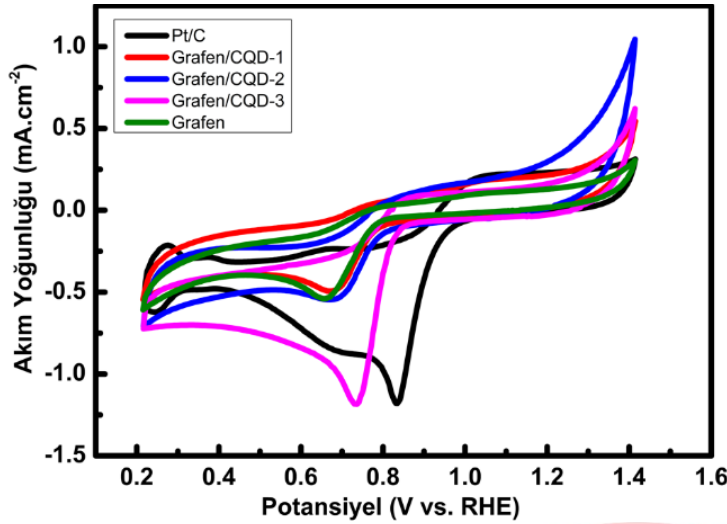
Elde Edilen Grafen-CQD’ler ile mürekkep hazırlanması ve Oksijen indirgeme reaksiyon (ORR) aktivitesinin ölçülmesi

Numunelerin ORR aktivitelerinin belirlenebilmesi için öncelikle numuneleri içeren karışımlar hazırlandı. Bunun için önce 3 mg numune(Grafen ve atık zeytin karasuyundan elde ettiğimiz Karbon Kuantum Noktaları karışımı), 600 μ L İPA (izopropilalkol), 400 μ L deiyonize su ve 8 μ L Nafion (bağlayıcı) içeren 1008 μ L’lik karışımlar hazırlandı. Karışım önce 1 saat sonikatörde ardında 15dk vortekste ve tekrar 1 saat sonikatörde homojen olana kadar karıştırıldı. Numunelerin ORR aktiviteleri alkali yakıt pillerindeki performanslarının belirlenebilmesi adına 0.1M KOH çözeltisinde ölçüldü. Bunun için üç elektrotlu elektrokimyasal hücreye (Şekil-5) 20 ml KOH çözeltisi eklenerek öncelikle Ar gazı ile ardından 30 dk O₂ ile doyuruldu. Her bir doyurma işleminden sonra ilgi ortamdaki ORR aktivitesi belirlendi. ORR aktivitelerinin belirlenmesinde kullanılacak çalışma elektrotunun (ÇE) hazırlanması için, hazırladığımız numune karışımlarından 10 μ L alınıp camısı karbon elektrot üzerine damlatılarak kuruması beklendi. Hücrede referans elektrot olarak Ag/AgCl ve karşıt elektrot olarak da platin levha kullanılarak (-0,75) - (+ 0,45) V potansiyel aralığında ve 15 mV/s potansiyel tarama hızında doğrusal taramalı voltammetri (LSV) tekniği ile örneklerin ORR davranışları belirlendi(Şekil-2).



Şekil-2. Hazırlanan numunelerin ORR aktivitesinin ölçülmesinde kullanılan üç elektrotlu elektrokimyasal hücre

CQD/grafen kompozit malzemelerin (Grafen/CQD-1,2,3), ticari grafen ve %40 platin katkılı Pt/C katalizörünün yakıt pillerinde katot elektrokatalizörü olarak kullanılabilirliğinin belirlenebilmesi için elde edilen doğrusal taramalı voltammogramlar Şekil-3’de verilmiştir. Numunelerin oksijen indirgemeye başladığı potansiyelleri ise Tablo-2’te özetlenmiştir.



Şekil-3. Hazırlanan örnekler, ticari grafen ve Pt/C 'a ait doğrusal taramalı voltammogramlar

Tablo-2. Numunelerin oksijen indirgemeye başladığı potansiyel değerleri

NUMUNE	Oksijen İndirgenme Reaksiyonunun Başladığı volt
Ticari Grafen	0.83 volt
G/CQD-1	0.83 volt
G/CQD-2	0.84 volt
G/CQD-3	0.88 volt
%40 Pt/C	0.98 volt

Şekil-3'de verilen örneklere ait voltammogramlar incelendiğinde, ticari grafenin oksijen indirgemeye başladığı potansiyel 0.83 V iken önce hidrotermal, ardından piroliz işlemine tabi tutarak hazırladığımız Grafen/CQD-3 olarak kodladığımız kompozit malzememiz oksijeni indirgemeye başladığı potansiyel değeri 0.88 V olarak ölçülmüştür. Oksijen indirgeme potansiyelindeki bu artış Grafen/CQD-3 numunesinde CQD'lerin grafen yüzeyine katıldığını göstermektedir. Ayrıca, ticari Pt/C katalizörünün 0,98 V'luk oksijen indirgeme başlangıç potansiyeline sadece 0.1V yakınlıktadır. Literatürle karşılaştırıldığında Grafen/CQD-3 numunesi için bulunan 0.88V'luk değer anlamlı ve umut verici olduğu sonucuna varılmıştır (Chen vd., 2011; Chen vd. 2017; Lemes vd. 2019). Ayrıca, literatürde karbon temelli CQD'lerin yüksek akım tutma kapasitelerinden dolayı ORR tepkimelerin Pt/C katalizörlerine göre daha stabil oldukları ve buna bağlı olarak da daha avantajlı oldukları rapor edilmiştir (Hu vd., 2015).

Sonuç olarak atık zeytin karasuyundan %40 kuantum verimiyle 3-4 nm boyutlarında karbon kuantum noktaları sentezlenmiş, sentezlenen CQD'ler grafene katılarak yakıt pillerinde Oksijen İndirgeme reaksiyonunda elektrokatalizör olarak kullanılabileceği kanıtlanmıştır. Yüksel kalite %40 Pt/C katalizörün potansiyeline 0.1 V yaklaşılması kayda değer bir sonuçtur. Geleceğin enerji depolama ve dönüşüm sitemlerinden olan yakıt pillerinin ticarileşmesi için maliyetinin yaklaşık %56'sını oluşturan Pt içermeyen sadece karbon bazlı alternatif bir çözüm önerilmiştir.

5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü

Yapılan literatür taramasında Au, Pd, Rn gibi yine değerli metal alaşımları kullanılmış iyi sonuçlar alınmış ancak maliyet sorununa çözüm olmamıştır (Ada, 2007; Çögenli, 2020). Bazı çalışmalarda karbon esaslı grafen, grafit gibi maddelere Azot, Demir gibi elementler doplanmış ve

kayda değer sonuçlar elde edilse de henüz ticarileşme aşamasına gelmemiştir (Chen vd., 2015; Lemes vd., 2019). Azot katkılı CQD'ler grafenle kompozit malzeme yapılmış ve Pt/C elektrotun zamanla akım yoğunluğunun azaldığını ancak kuantum noktalarının yüksek akım tutma özelliği ve stabilitelerinden dolayı bunu olmayacağını ORR tepkimelerinde çok iyi bir katalizör olacağını rapor etmiştir (Hu vd., 2015). Karbon kuantum noktaları ise son yıllarda birçok bilim insanının ilgisini çekmiştir (Sharma vd., 2017; Rani vd., 2020; Carneiro vd., 2021). Sulardan ağır metal absorblama (Wang vd., 2015; Wang vd., 2019), sensör yapımında (Han vd., 2020; Nazri vd., 2021) ve sağlık alanında görüntüleme ajanı olarak kullanılmıştır (Xue vd., 2018). Zeytin pirinasından zirkonyum katkılı CQD sentezlenmiş toksik özellikte olmadıkları kanıtlanmıştır (Algarra vd., 2019) Zeytin karasuyu ile ilgili yapılan çalışmalar genellikle kimyasal bileşimi ve arıtımı üzerine olmuştur (Çelik vd., 2008; Zbakh ve Abbasi, 2012; Hocağlu, 2015). Zeytin karasuyundan CQD sentez çalışması yapılmış ancak sadece floresans, parçacık boyutu ve kuantum verimi gibi karakterizasyonu yapılmış, herhangi bir alanda kullanılmamıştır (Sousa vd., 2019). **Bizim projemizin yapılan diğer çalışmalardan farkı**, atık zeytin karasuyundan hidrotermal yöntemiyle sentezlenen karbon kuantum noktalarının grafene sabitlenmesi ile elde edilen kompozit malzemenin yakıt pillerinde oksijenin indirgenme reaksiyonunda katalizör olarak kullanılabilirliğinin araştırılmasıdır. Böyle bir çalışmaya rastlanmamıştır ve bu anlamda literatürdeki bu açığı kapatmıştır.

6. Uygulanabilirlik

Yakıt pili katalizörüne alternatif sunduğumuz Karbon esaslı katalizörün ham maddesi atık zeytin karasuyudur ve ülkemizde bolca bulunmaktadır. Ayrıca hala efektif bir bertaraf etme yöntemi bulunmayan ve büyük çevre sorunu olan zeytin karasuyuna yeni bir kullanım alanı oluşturulduğu için sıfır atık projesine de destek verecektir. Günümüzde bir çok ham maddeyi atıklardan temin etmedikçe dünyamız gerçekten yaşanmaz bir alana dönüşecektir. Grafen ise kolaylıkla bulunan diğer ham maddemizdir. Bizim kullandığımız Grafen ülkemizde yerli ve milli kaynaklardan elde edilen Nanografi isimli şirketin ihracatını da yaptığı bir üründür. Proseste kullanılan hidrotermal ve proliz yöntemleri ise ülkemizde bir çok endüstride sıklıkla kullanılan, çevreci bir yöntemdir. Ürettiğimiz katalizör biraz daha geliştirilirse rahatlıkla yakıt pillerinde kullanılabilir. Ayrıca üretiminde yerli ve milli kaynaklar kullanıldığı için ülkemiz adına da büyük kazanç sağlanacaktır.

7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması

Projemizin iş-zaman çizelgesi Tablo-3'de belirtildiği şekildedir. Bütün çalışmalarımız danışman öğretmenimiz Gülay Demirci kontrolünde, ben takım kaptanı Eylül Boz ve takım arkadaşım Eylül Akca tarafından Akdeniz Üniversitesi Kimya Bölümü laboratuvarlarında ve okulumuzun Fen laboratuvarında birlikte yaptık. TEM analizi TÜBİTAK-Marmara Araştırma Merkezinden hizmet alımı şeklinde, SEM, UV-VIS, FT-IR, Floresans ölçümleri ise lise öğrencisi olduğumuz için Akdeniz Üniversitesinin çeşitli laboratuvarlarında ücretsiz yapılmıştır.

Tablo-3 Proje iş-zaman çizelgesi

İşin Tanımı	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs
Literatür Taraması	X	X	X	X	X				
Laboratuvar çalışmaları				X	X	X	X		
Prototipin sentezlenmesi						X	X		
Verilerin Analizi					X	X	X		
Rapor Yazımı							X	X	X

*Maliyet

Projemizde kullanılan ham maddelerin biri atık zeytin karasuyu (yerel bir zeytin yağı üreten tesisten ücretsiz temin edildi) bir diğeri de ticari grafen (Nanografi-Grafen oksit) temin edildi. Tüm harcamalar tüm harcamalar laboratuvar çalışmalarının yapıldığı aralık-Mart ayları arasında yapıldı. Maliyet tablosu tablo-4'te verilmiştir.

Tablo 4- 100 mg prototip katalizör üretimi için maliyet tablosu

Malzeme	Birim Fiyat	Kullanılan Miktar
Nano Grafen	824€/kg	1,356TL/ 0.1g
Enerji	0,657TL/1kW	6,57/ 10kW
Diğer %20	Su-Ulaşım	1.58TL
TOPLAM		9,506

1gr GRAFEN/CQD yerli ve milli kompozit malzeme 95 TL ye üretilmiştir. Günümde kullanılan katalizörler platindir ve 1gr Platin 1034 TL'dir. Önerdiğimiz yakıt pili katalizörü muadillerinden oldukça uygundur.

8. Proje Fikrinin Hedef Kitle (Kullanıcılar):

Yakıt pilleri Askeri alan, Uzay araç ve gereçleri, Denizaltı-Donanma, telekomünikasyon gibi bir çok alanda kullanılmaktadır. Sessiz olması, hareketli parçasının olmaması, yüksek verimli olması, atık olarak sadece su çıkarması gibi bir çok avantajlarına rağmen yüksek maliyetinden dolayı ticari olarak yaygınlaşmamış ve bir çok cihazda kullanılamamıştır. Atıklardan üretilen metal içermeyen sadece karbon esaslı bir katalizör geliştirdiğimizde bu gün elektrik enerjisi ile çalışan her şey yakıt pilleri ile çalışır ve o zaman hedef kitemiz enerji ile çalışan tüm cihazlar ve sektörler olur.

9. Riskler

Projemizin hayata geçmesini engelleyecek büyük bir risk bulunmamaktadır. Öte yandan atık zeytin kara sularının tesislerden temin edilmesi süreklilik açısından önemli risk faktörüdür. Yerel yönetimler aracılığı ile bu sorun çözülebilir. Projemizde kullanılan ticari grafen Nanografi firmasından patentli özel üretim yöntemleri ile üretilen bir grafen-garafen oksit karışımıdır. Maliyeti düşürmek için kendimiz üretebiliriz. Ayrıca bizim bulduğumuz sonuç şu an kullanılan platin katalizör değerinde değildir ama çok yaklaşmıştır. Çalışmanın ilerleyen aşamalarında grafene katılanan CQD miktarı artırılabilir. Ayrıca platin içermeyen yakıt pili elektrokatalizöre Azotun atomlarının katılanmasının elektrokatalitik ORR performansını artırdığı rapor edilmiştir (Chen vd., 2011; Lemes vd., 2019). CQD'ler sentezlenirken fonksiyonel gruplandırılma yapılabileceği de rapor edilmiştir (Hu vd., 2015). Bu çalışmalardan yola çıkarak zeytin karasuyundan CQD eldesi sırasında üre gibi azot içeren maddelerin eklenerek CQD'lere azot fonksiyonel grubu bağlanabilir. Bu şekilde grafene katılarak ORR aktivitesi artırılabilir ön görülmektedir.

10. Kaynakça

- Ada, C., (2007). Oksijenin elektrokimyasal indirgenmesi için katalitik elektrot geliştirilmesi (Yüksek Lisans tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Algarra , M. , Orfãos , LD, Alves , CS, Moreno -Tost, R., Pino-González , MS, Jiménez-Jiménez , J. ve Luque R., (2019). Zeytin çekirdeği biyokütlesinden sürdürülebilir karbon nanopartikül üretimi : karbon noktalarında uyarılmış halde proton transferini anlama ACS Sustainable Chemistry and Engineering , 7(12), 10493-10500
- Atillaa , D. , Akkızlara , T., Yüksela , F., Aytaç , A. ve Ahsen, V., (2010). Yakıt Pilleri için Yeni Ftalosiyanimler .
- Baştürk, İ .(2015). Zeytin Sektörü Atık Yönetimi Projesi(ZeytinAY). TÜBİTAK-MAM Çevre ve Temiz Üretim Enstitüsü .
- Bilhan, A. (2019). Yakıt Pili Uygulamaları için Yükseltmiş DC/DC Dönüştürücü Devre Tasarımı. Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi, 11(1), 29-37.
- Brouwer, A., M., (2011). çözeltilerde fotolüminesans kuantum verim ölçümleri için standartlar, Pure Appl. Chem., cilt. 83, hayır. 12, s. 2213–2228
- Carneiro , SV , Hollanda , MHB, Cunha , HO, Oliveira , JJP, Pontes , SMA, Cruz , AAC, ... ve Fecine , PBA (2021). floresan karbon kuantum noktalarına dayalı gıda katkı maddelerinin son derece hassas duygusu *Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry* , 411, 113198.
- Chen , M. , Liu , J., Zhou , W., Lin, J. ve Shen , Z. (2015). Oksijen indirgeme reaksiyonu için azot katkılı grafen destekli geçiş metalleri karbür elektrokatalizörleri *Bilimsel raporlar* , 5(1), 1-10.
- Chen , Z. , Higgins , D., Yu , A., Zhang , L. ve Zhang , J. (2011). PEM yakıt hücreleri için değerli olmayan metal elektrokatalizörler üzerine bir inceleme. *Enerji ve Çevre Bilimi* , 4 (9), 3167-3192.
- Çelik, G. , Seven, U. ve Gucer , S. (2008). Zeytin Siyah Suyunun Değerlendirilmesi. I. *Ulusal Zeytin Öğrenci Kongresi* , 17-18.
- Çopur, F. (2018). *florojenik kiral uygulamaları için karbon kuantum noktalarının sentezini ve karakterizasyonunu sorarsınız* (Doktora tezi , Necmettin Erbakan Üniversitesi (Türkiye)).
- Çögenli , MS (2020). Sıvı beslemeli yakıt hücresi uygulamaları için katalizör sentezi ve karakterizasyonu. Ding, H. , Yu , SB, Wei , JS ve Xiong , HM (2016). yüzey durumu kontrollü lüminesans mekanizmasına sahip tam renkli ışık yayan karbon noktaları ACS nano , 10(1), 484-491.
- Ergin, Ç., Vuran, ME, Gök, Y., Özdemir, D., Karaarslan , A., Kaleli, İ., Zorboran , O., Kabay , N. ve ÇON, AH (2011). Malassezia türlerinin Fourier transform kızılötesi (FT-IR) spektroskopisi ile değerlendirilmesi. *Bul Mikrobiyoloji* , 45 (4), 707-715.
- Hakseevenler, BHG (2014). Kimyasal Arıtma Uygulamalarının Organik Maddelerin Yapılarına Etkisinin Araştırılması: İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Karasu ile Örnek Bir Çalışma.
- Han, GC , Li , H., Ferranco , A., Zhan , T., Cheng , Y., Chen , Z., ... ve Kraatz , HB (2020). basit bir yapının inşası için nitrit ve tiyosülfatın hem kataliziyle aynı anda saptanmasını istersiniz _ RSC Advances , 10(58), 35007-35016.
- Hu, C. , Yu , C., Li , M., Wang , X., Dong , Q., Wang , G. ve Qiu , J. (2015). Grafen üzerinde süslenmiş azot katkılı karbon noktaları: gelişmiş oksijen indirgeme reaksiyonu için tamamen karbon hibrit yeni bir elektrokatalizör. *Kimyasal iletişim*, 51(16), 3419-3422.

- İlkilic , CICOZ , ve Hazar, AHDH (2017). Yakıt Pillerinin Yapısı, Çalışma Prensibi ve Çeşitleri
- Lemes, Giovanni; Sebastian, David; Papaz, Elena; Lazaro, Maria J. (2019). Oksijen indirgeme reaksiyonu için yüksek nitrojen konsantrasyonuna sahip N-katkılı grafen katalizörleri. Güç Kaynakları Dergisi , 438(), 227036.
- Li , M. , Hu, C., Yu , C., Wang , S., Zhang , P. ve Qiu , J. (2015). Özelleştirilmiş yüzey ve gelişmiş fotoluminesans özelliklerine sahip organik amin aşılı karbon kuantum noktaları. Karbon, 91, 291-297.
- Nazri, NAA., Azeman, NH, Luo, Y. ve Bakar, AAA (2021). optik için karbon kuantum noktaları sorduğunuz uygulamalar: Bir inceleme. Optik ve Lazer Teknolojisi , 139, 106928.
- Rani, Umirah ABD; Ng , Hukuk yong ; Ng, Ching yin; Mahmoudi, İbrahim (2020). *Karbon kuantum noktalarının gözden geçirilmesi ve tedavideki uygulamaları. Kolloid ve arayüz bilimindeki gelişmeler*
- Sharma , S. , Umar, A., Mehta, SK ve Kansal , SK (2017). ananas suyundan elde edilen floresan süngerimsi karbon nanoglobüller: krom (VI) iyonlarının spesifik ve seçici tespiti için potansiyel bir algılama probu. Seramik Uluslararası, 43(9), 7011-7019.
- Sousa , DA , Costa , AI, Alexandre , MR ve Prata , JV (2019). Bir çevre sorunu nasıl faydalı, yüksek değerli ürünlere dönüşebilir: Zeytin değirmeni iş vakası. Toplam Çevre Bilimi, 647, 1097-1105.
- Wang , C. , Shi , H., Yang , M., Yan, Y., Liu , E., Ji , Z. ve Fan, J. (2019). Demir iyonlarının son derece hassas tespiti için biyokütle atıklarından yeni karbon kuantum noktalarının kolay sentezi _ malzeme araştırması Bülten , 124, 110730
- Wang , Y. , Wu , WT, Wu , MB, Xie , H., Hu, C., Wu , XY ve Qiu , JS (2015). Cu²⁺ iyonlarının verimli tespiti için petrol kokundan sarı-görsel floresan karbon kuantum noktaları. Yeni Karbon Malzemeleri , 30(6), 550-559.
- Wang, Y. ve Hu, A. (2014). karbon kuantum noktaları: sentez, özellikler ve uygulamalar. Malzeme Kimyası Dergisi C, 2(34), 6921-6939
- Xue , M. , Zhao , J., Zhan , Z., Zhao , S., Lan, C., Ye, F. ve Liang , H. (2018). yakın kızılötesi floresan görüntüleme ve fotodinamik terapi hedeflenebilir kanser hücresi için lychee exocarp'tan çift işlevli doğal biyokütle karbon noktaları _ *Nanoscale* , 10 (38), 18124-18130.
- Zbakh , H. , andHand Abbassi , A. (2012). fonksiyonel içeceklerin hazırlanmasında zeytin değirmeninin potansiyel kullanımı: Bir inceleme. Fonksiyonel Gıdalar Dergisi , 4(1), 53-65