

TEKNOFEST

HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

ÇEVRE VE ENERJİ TEKNOLOJİLERİ YARIŞMASI

PROJE DETAY RAPORU

TAKIM ADI: EKOTEK

**PROJE ADI: ATIKTAN SERVETE:ÇEVRESEL ATIKLARDAN
YENİ NESİL KAPASİTÖRLERİN ÜRETİLMESİ**

BAŞVURU ID: 329752



İÇİNDEKİLER :

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



1. Proje Özeti (Proje Tanımı)

Yenilenebilir enerji kaynaklarının artan enerji ihtiyacını temiz ve verimli bir şekilde karşılamak üzere daha yaygın olarak kullanımının başlamasıyla beraber enerji depolama yöntemleri ve bileşenleri de daha önemli hale gelmiştir. Bu çalışma kapsamında doğada bol bulunan ve atık statüsünde olan selülozik yapıdaki çam iğnesi, çam kozalağı ve yaygın bir endüstriyel atık olan araba lastik polimerlerinden elektronik endüstrisinde sıkça kullanılan kapasitörlerin geliştirilmesi hedeflenmiştir. Bu kapsamda selülozik atıklar, uygun tane boyutunda öğütüldükten sonra oda sıcaklığında kurutulmuş ve yüksek sıcaklık fırınında çelik reaktör içerisinde $10^{\circ}\text{C}/\text{dakika}$ ısıtma hızında maksimum 500°C sıcaklıkta 1 saat süre ile azot atmosferi altında karbonize edilmiştir. Sentetik atıklar da benzer bir işlem dahilinde ince şeritler halinde küçültülüp ardından toz haline getirilmiş ve aynı işlemler doğrultusunda karbonize edildi. Mevcut ürünlerin elektrokimyasal ölçümünde akım toplayıcı olarak nikel köpük kullanılmıştır. Ardından 8:1:1 kütle oranında sırasıyla aktif malzeme, iletkenliğin artırılması için karbon siyahı, bağlayıcı özellik gösteren poliviniliden diflorür (PVDF) ve çözücü olarak kullanılan N-metil-2- pirrolidon (NMP) kapaklı bir tüp içerisine alınarak 12 saat boyunca mekanik karıştırıcıda hızlı biçimde karıştırılarak homojenleşmesi ve siyah renkli mürekkep kıvamını alması sağlanmıştır. Ardından karışım, her bir nikel köpüğe damlatılarak kaplanması sağlanmıştır. Üretilen elektrotlar etüvde 120°C 'de 12 saat bekletilerek çözücü giderilmiş, hassas terazide tartım yapılarak aktif malzeme miktarı belirlenmiştir. Hazırlanan elektrotların süperkapasitör özellikleri *ZIVE SP1 Potentiostat/Galvanostat* cihazıyla elektrokimyasal yöntemler kullanılarak ölçülmüştür. Ölçümlerde elektrokimyasal yöntem olarak döngülü voltametri (CV), kullanılmıştır. Kapasitelerin belirlenmesinde, Labview programı kullanılmış ve ölçülen kapasite değerleri çam kozalağı için 12.7409 F/g , çam iğnesi için 2.67418 F/g ve araba lastiği için ise 4.22841 F/g olarak belirlenmiştir.

2. Problem/Sorun

Dünya genelindeki artan insan nüfusu, iklim değişikliği ve küresel ekonomideki hızlı gelişmeler, küresel enerji tüketimini büyük oranda artırmaktadır (Zhang, 2009). Mevcut tüketim oranına bakıldığında, küresel enerjinin tükenmesi yakın gelecekte önlenemez bir hale gelecektir (Yan ,2014a, b). Dünya enerji ihtiyacının, 2050'nin sonuna doğru iki kat ve hatta yüzyılın sonuna doğru 3 kattan daha fazla artacağı öngörülmektedir. Bu enerji ihtiyacının giderilmesi için kullanılacak olan mevcut geleneksel yöntemlerin yeterli gelmeyeceği de görünen bir gerçektir (Wu ,2005). Özellikle, taşınabilir elektronik cihazların hızla büyüyen piyasası ve elektrikle çalışan hibrit araçların gelişimi, fosil yakıtların varlığının sınırlı olması nedeniyle yüksek güç ve enerji yoğunluğuna sahip yenilenebilir enerji kaynaklarına olan eğilim giderek artmaktadır. Sürdürülebilirlik ve çevrenin korunması gibi temel enerji sorunları da bizi enerji kaynaklarını çeşitlendirmeye ve yenilenebilir enerji kaynağı kullanımını artırmaya yöneltmektedir. (**Resim 1**)



Resim 1. Yenilenebilir enerji ve sürdürülebilirlik

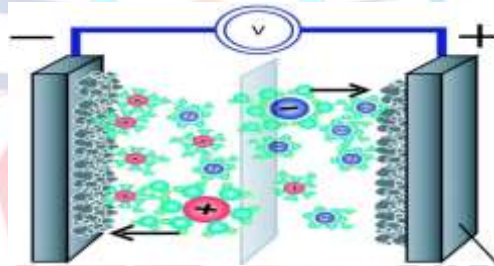
Yenilenebilir enerjiyi etkin biçimde kullanmanın yolu üretilen elektrik enerjisinin depolanmasıdır (Conway,1991). Elektrik enerjisi depolama sistemleri, yenilenebilir enerji kaynaklarının üretiminin aralıklı davranışlarıyla başa çıkmak ve şebekelerde güç kararlılığını geliştirmek için de gerekli sistemlerdir.

3.Çözüm

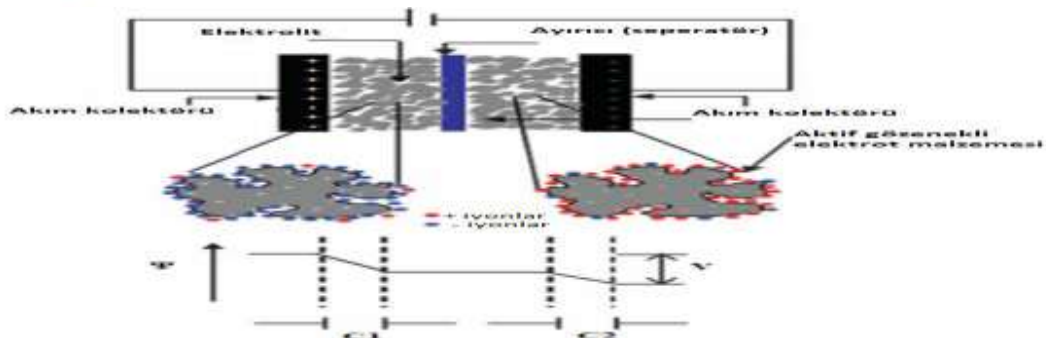
Yüksek iletkenlik, iyi korozyon direnci, yüksek sıcaklık kararlılığı, metal oksitlere kıyasla düşük maliyeti ve muhteşem kimyasal durgunluğu gibi eşsiz kimyasal ve fiziksel özellikleri yüzünden, enerji depolama teknolojilerinde elektrot malzemesi olarak en yaygın olarak kullanılan materyal karbondur. 0-3 boyuta değişen farklı boyut özellikleri ile fullerenler, grafen ve nanotüp gibi çeşitli allotropik formlarının varlığı, kullanılan hammadde türüne göre farklı derecelerde sağlamlık ve gözenekli yapının üretilebilir olması ve büyük yüzey alanı, düşük elektrik direnci, iyi kutuplaşma, kontrol edilebilir gözenek yapısı ve gözenek boyutu gibi özellikleri sağlaması nedeniyle karbon en çok çalışılan elektrot malzemedir (Mirzaeian ,2017). ***Son yıllarda düşük maliyetli ham maddeler olan tarımsal atıklar ve ürünlerden (biyokütle) ve endüstriyel atıklardan aktif karbon üretimine ilgi artmıştır.*** Söz konusu atıklar, fazla tercih edilen kaynaklardır, çünkü her zaman bulunabilen, düşük maliyetli, düzenli olarak üretilen ve yenilenebilir maddelerdir. Elde edilen karbon, etkili adsorpsiyon verimine sahiptir. Aktif karbon üretiminde kullanılan hammaddelerin çoğunluğu lignoselülozik bazlı maddelerdir (Sudaryanto, 2006). Halen bu amaçla doğada fazlaca bulunan, hindistan cevizi kabuğu, mısır koçanı, kayısı çekirdeği kabuğu, zeytinyağı atığı gibi zirai atıklardan düşük maliyetli adsorplayıcı geliştirilmesi üzerine çok sayıda araştırmalar yapılmaktadır (Girgis , 2002; Gua , 2002, Molina; 2004, Budinova, 2006; Williams,2006). Söz konusu tarımsal atık ve ürünlerden elde edilen karbon ve karbon temelli malzemeler içeren süperkapasitör elektrotları, yüksek spesifik yüzey alanları, iyi elektriksel iletkenlikleri ve zorlu ortamlarda mükemmel stabiliteyi gibi sebeplerden dolayı artan ilgi görmektedir. ***Günlük hayatımızda kullanılan elektronik parçalar oldukça pahalıdır ve çoğunlukla ithal olarak temin edilmektedir. Bunların üretimini ülkemizde gerçekleştirmek hem maliyetleri düşürecektir hem de ithal ürün sayısını azaltacaktır. Diğer bir önemli husus da doğada pek çok atık bulunmaktadır. Bu atıklar değerlendirilme potansiyeline sahip olmasına rağmen çevre kirliliğine neden olmaktadır. Bu nedenle çalışmamızın amacı hem bu atıkları değerlendirmek hem de ithal olan bir ürünün ülkemizde üretilebileceğini göstermektir.*** Güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, hidrolik (hidroelektrik) enerji, jeotermal enerji, biyokütle enerjisi (biyoyakıt enerjisi de dahil), hidrojen enerjisi ve dalga enerjisi gibi birçok alternatif enerji kaynakları mevcuttur. Fakat bu enerjiler sağlandığı kaynağa göre ve doğa koşullarına bağlı olarak kısıtlı olarak

üretilebilmektedir. Bu sebeple üretilen enerjinin kullanılmak üzere depolanması konusu önem kazanmaktadır. Başka bir deyişle, alternatif kaynaklardan üretilen fazla enerji, enerji depolama ünitelerine aktarılmakta ve depolanan bu enerji ise ana kaynakların mevcut olmadığı ya da yetersiz olduğu durumlarda enerji isteminin karşılanmasında kullanılmaktadır.

Enerjinin istendiği zaman ve istenilen yerde kullanılmaya hazır olması istenir. *Enerjiyi istediğimiz zaman kullanabilmek için onu saklamaya depolama denir. Bu depolama çeşitli şekillerde olabilmektedir. Örneğin doğal ekolojide biyokütle hayvanlar ve parazitler için bir enerji deposudur. Bir depoda aranan özellikler; yüksek depolama kapasitesi, yüksek şarj/deşarj verimi, kendiliğinden boşalmanın ve kapasite kayıplarının az olması, uzun ömür, ucuzluk, enerji yoğun olması (kWh/kg veya kWh/litre). Yani enerjiyi en az hacimde ve ağırlıkta depolayabilmelidir. Enerjiyi çok değişik formlarda depolama yöntemleri vardır. Örneğin biyolojik depolama, kimyasal depolama, ısı depolama, elektriksel depolama, potansiyel enerji, yerçekimi potansiyel enerjisi, kinetik enerji vb. Yaygın olarak kullanılan elektrokimyasal olarak elektrik enerjisi depolama cihazları lityum iyon pilleri ve süperkapasitörlerdir. Süperkapasitörler, aynı hacimde yüz bin kat daha fazla güç sağlamalarına rağmen, pillerin yaptığı gibi aynı miktarda yük depolama yeteneğine sahip değildir. Bu, süperkapasitörlerin, yüksek enerji depolama kapasitesi gerekli olmayan ancak güç ihtiyacının gerekli olduğu uygulamalar için uygun kullmaktadır (Gonzalez., 2016). Yüksek güç yoğunluğu ve uzun çevrim ömürleri yüzünden, elektrik çift tabaka kapasitörler (EDLC), diğer bir adıyla süperkapasitörler diğer enerji depolama cihazları içerisinde kendi üstün performanslarıyla önemli bir yer tutmaktadırlar (Li, 2017).*



Şekil 1. Elektriksel çift tabaka kapasitörün (EDLC) şematik gösterimi (Jost, 2014).



Şekil 2. Gözenekli karbondan oluşan bir EDLC yapısının görüntüsü (Raza vd 2018)

Kapasitörler, enerjiyi pozitif ve negatif elektrostatik yüklerin ayrışmasıyla depo eden cihazlardır. Kapasitörler iki tane iletken plaka ile bunları ayıran ve dielektrik olarak adlandırılan yalıtkanlardan oluşmaktadır. Dielektrik malzeme iki levha arasında ark oluşmasını önleyerek daha fazla şarj yapılmasına yardım eder. Klasik kapasitörlerin güç yoğunlukları çok yüksektir (yaklaşık olarak 10^{12} W/m³). Fakat enerji yoğunlukları çok düşüktür (yaklaşık olarak 5 Wh/m³). Klasik kapasitörler genel olarak elektrolitik kapasitörler olarak adlandırılırlar. Süperkapasitörler (Ultrakapasitör diye de adlandırılır) ise klasik kapasitörlerin geliştirilmiş olanlarıdır. **Şekil (1-2)**. Bu kondansatörlerin güç yoğunlukları 10^6 W/m³ ve enerji yoğunlukları 10^4 Wh/m³ değerindedir. Enerji yoğunlukları az fakat deşarj süreleri hızlı ve çevrim ömrü daha fazladır. ***Ancak kapasitörlerin asıl olarak boyut problemleri vardır.*** Kapasitörlerin kapasitesi ve dielektrik malzeme arasında lineer bir bağlantı vardır. Bu yüzden büyük kapasite gerekli olduğunda zorunlu olarak dielektrik malzeme de büyük olmak durumunda olmalıdır. ***Süperkasitörler yapıldıktan sonra çok büyük kapasiteler gayet küçük boyutlardaki kapasitörlerle yüksek enerji depolamaya olanak sağlanmıştır.(Christopher ,2004).***

Süperkapasitör elektrotu olarak aktif karbon üretilmesinde atık biyokütlenin kullanılması ucuz ve etkili olduğu için son zamanlarda artmıştır (Abioye,2015; Bi, 2019). Tarımsal kaynaklı biyokütle olarak kahve, çay, pirinç, hindistan cevizi kabuğu, mısır koçanının kullanımı incelenmiştir. Atık biyokütlenin aktif karbon eldesinde kullanılması atık bertarafı açısından da önemlidir. Söz konusu biyoküteller, selüloz, hemiselüloz ve lignin gibi biyopolimerler ve çeşitli küçük bileşiklerden oluşurlar. Bu biyokütle kaynakları yüksek karbon muhtevasından dolayı aktif karbon üretiminde oldukça yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Çalışmamızda kullandığımız çam kozalağı ve çam iğnesi önemli ölçüde selüloz, hemiselüloz, lignin ve az miktarda ksiloz, arabinoz ve bazı ekstrakte edilebilir bileşikler içeren doğal materyallerdir. Çam kozalağının odunsu bir yapıya sahip olması nedeniyle yakıt olarak değerlendirilmesine rağmen önemli bir endüstriyel kullanımı yoktur (Altundoğan,2016). Çam kozalağının gözenekli bir yapıya sahip olmasından dolayı organik maddelerin adsorpsiyonu için uygun bir adsorbenttir (Mohammadi,2013) Süperkapasitörler için bir diğer önemli kaynak bileşenler; lastik atıkları olup, biyolojik olarak bozunamayan ömrünü tamamlamış lastik atıklarının kontrolü ve yönetimi, modern toplumlarda özellikle gelişmekte olan ülkeler için büyüyen bir tehlike olmaktadır. Lastik üç boyutlu yapıya sahip bir çeşit polimer olup, doğal veya sentetik kauçuk, vulkanizasyon ajanı, dolgu maddesi olarak karbon siyahı ve patlamaya dayanıklı lastik ajanı gibi aramid lif ve vulkanizasyon aktivatörü olarak çinko oksit gibi katkı maddelerinden oluşmaktadır (Zhang, 2018). Bu bilgiler ışığında çalışmamızda karbon kaynağı olarak tarımsal kaynaklı biyokütle anlamında çam kozalağı ve çam iğnesi, endüstriyel atık olarak da lastik atıkları kullanılmıştır.

4.Yöntem

Proje kapsamında gerçekleştirilen tüm deneysel süreçlerde İnönü üniversitesi Kimya Mühendisliği, Fen Edebiyat Fakültesi Kimya Bölümü Fizikokimya ve Fizik Bölümü Araştırma Laboratuvarı kullanılmış olup deneysel aşamalar dört basamakta gerçekleştirilmiştir. Bu basamaklar;

- a) *Çevresel doğal ve sentetik kaynakların toplanması ve öğütülmesi*
- b) *Öğütülmüş örneklerin karbonize edilmesi*
- c) *Karbonize edilmiş örneklerin karakterizasyonları*
- d) *Kapasitörlerin oluşturulması ve özelliklerinin belirlenmesi*

a) **Çevresel Doğal ve Sentetik Atıkların toplanması ve öğütülmesi;**

Çalışmamız kapsamında hem doğal hem de sentetik atıklar çalışılmıştır. Doğal atık olarak çok yaygın olan ve kolayca bulabileceğimiz çam ağacı iğneleri ve çam kozalakları kullanılmıştır. (Resim 2) **Bu atıklar gıda olarak ve hayvancılıkta değer taşımamakla birlikte ekolojik dengenin korunması anlamında özellikle tohumları çıkartılan çam kozalakları tercih edilmiştir.** Diğer bir atık türümüz ise sentetik olarak üretilen ve sık kullanımından kaynaklı olarak doğada aşırı birikime sahip olan ve ayrıca çevre kirliliğine neden olan araba lastik atıklarıdır. (**Resim 2**). Bu nedenle lastik atıkları, endüstriyel anlamda işlevsellik kazandırılmak amacıyla tercih edilmiştir. Doğal atıklar öncelikle toplandı ve güneş alan bir cam önüne serilerek bir hafta kurutuldu. Daha sonra metal bir havan içerisinde öğütüldü. Daha ince bir partikül boyutuna ulaşmak için bir blender kullanarak çok ince toz haline getirildi. Sentetik atık olarak ise temin edilen araba lastiklerinden ince şeritler kesildi ve daha sonra bu şeritler bir blender vasıtasıyla çok ince öğütüldü.



Resim 2. Çam kozalağı, Çam iğnesi ve Atık lastik örnekleri

b) **Öğütülmüş örneklerin karbonize edilmesi;**

Hammaddeler uygun tane boyutunda öğütüldükten sonra oda sıcaklığında kurutulmuştur. Kurutulan numuneler 3 ısıtma bölgeli rampalı yüksek sıcaklık fırınında çelik reaktör içerisinde 10 °C/dakika ısıtma hızında maksimum 500 °C sıcaklıkta 1 saat süre ile azot atmosferi altında karbonize edilmiştir. Oda sıcaklığına soğutulan fırın içerisinde karbonize numuneler çıkarıldıktan sonra karakterizasyon işlemleri için ağzı kapalı numune kaplarında saklanmıştır. (**Şekil 3, Resim 3**)

Şekil 3. Karbonizasyon işleminde kullanılan yüksek sıcaklık fırınının şematik hali (**Ek 1**)

Resim 3. Karbonizasyon işleminde kullanılan yüksek sıcaklık fırını (**Ek 2**)

c) Karbonize edilmiş örneklerin karakterizasyonları;

Karbonize ettiğimiz yapıların karbonizasyonunun gerçekleşip gerçekleşmediğini anlamak için kimyasal yapının karakterizasyonu gerçekleştirildi. Tüm örnekler, Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektrometresi (FTIR) kullanılarak karakterize edilmiştir. Karbonize ürünlerin FTIR spektrumları, Perkin Elmer spektrum two FTIR spektrometresi ile 4000–400 cm^{-1} aralığında kaydedildi. (**Resim 4**)

Resim 4. Perkin Elmer Spectrum 100 FTIR spektrofotometre cihazı (**Ek 3**)

d) Kapasitörlerin oluşturulması ve özelliklerinin belirlenmesi;

Hazırlanan karbonize ürünlerin elektrokimyasal ölçümünde akım toplayıcı olarak nikel köpük kullanılmıştır. Nikel köpüklerin üzerindeki oksit tabakasını sıyırmak amacıyla nikel köpük sırasıyla aseton, 1 M HCl, saf su ve etanol ile yıkanmıştır. Ardından kütle oranı 8:1:1 olacak şekilde, sırasıyla aktif malzeme, iletkenliğin artırılması için karbon siyahı, bağlayıcı özellik gösteren poliviniliden diflorür (PVDF) ve çözücü olarak kullanılan N-metil-2-pirrolidon (NMP) kapaklı bir tüpe içerisine alınarak 12 saat boyunca mekanik karıştırıcıda çok hızlı biçimde karıştırılarak homojenleşmesi ve siyah renkli mürekkep kıvamını alması sağlanmıştır. Ardından pipet kullanılarak çekilen karışım, her bir nikel köpüğe damlatılarak kaplanması sağlanmıştır. Üretilen elektrotlar 120 °C' ye ısıtılan etüvde 12 saat bekletilerek çözücü giderilmiş ve hassas terazide tartım yapılarak aktif malzeme miktarı belirlenmiştir. Hazırlanan aktif malzemeye kaplı nikel köpükler 6 M KOH'a daldırılarak en az 5 saat süreyle elektrolitle etkileşmesi sağlanmıştır.

Cihaz Hazırlanışı

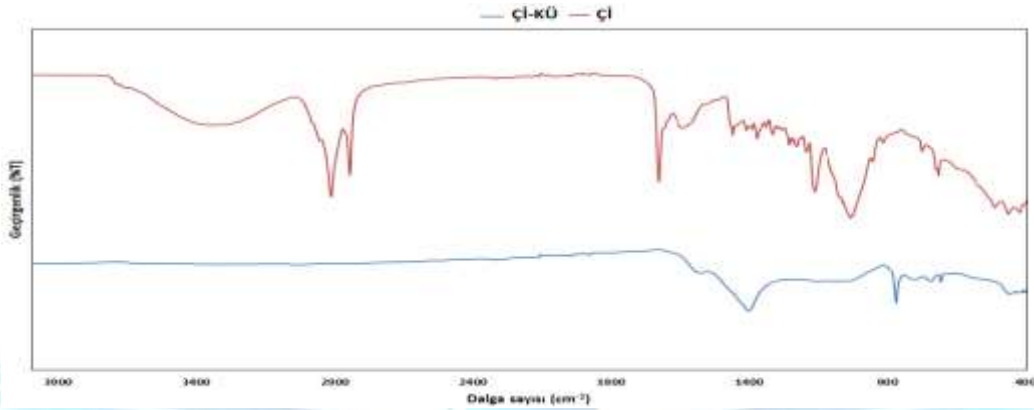
Yukarıda bahsedildiği gibi üretilen elektrotlar cihaz üretiminde kullanılmıştır. Kapasitör olarak simetrik elektrot süper kapasitör kanfigürasyonu tercih edilmiştir. Cihaz üretimi için elektrot-elektrolit-elektrot şeklinde kanfigürasyon kullanılmış ve araya iyon seçici membran yerleştirilmiştir. Bu işlemde CR2032 batarya hücresi kullanılmıştır.

Elektrokimyasal Ölçümler

Hazırlanan elektrotların süperkapasitör özellikleri *ZIVE SP1 Potentiostat/Galvanostat* cihazıyla elektrokimyasal yöntemler kullanılarak ölçülmüştür. Tüm ölçümlerde elektrolit olarak 6 M KOH kullanılmış ve ölçüme başlamadan önce elektrotla elektrolitin iyice etkileşmesi için elektrotlar 5 saat boyunca elektrolit içerisinde bekletilmiştir. Ölçümlerde elektrokimyasal yöntem olarak döngülü voltametri (CV), kullanılmıştır. Üretilen süperkapasitör cihazın CV ölçümleri 0-1V potansiyel penceresinde, 5, 10, 20, 40, 80, 100 ve 200 mV/s tarama hızında gerçekleştirilmiş olup, her bir tarama hızında 2 çevrim yapılmış ve 2. çevrim sonuçları grafiklerde kullanılmıştır (**Resim 5**).

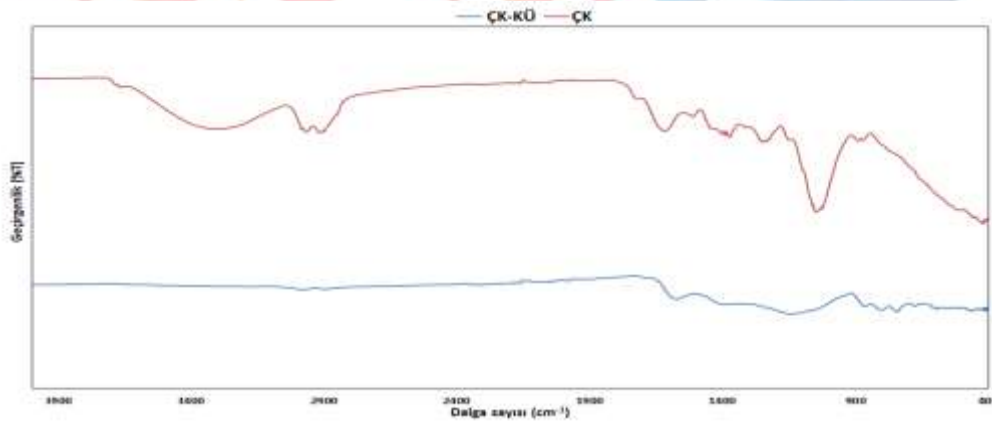
Resim 5. Kapasitör hazırlama ve elektrokimyasal ölçüm aşamaları (**Ek 4**)

Çalışmamız kapsamında atık mahiyeti taşıyan yapılardan kapasitör üretilmiştir. Elde edilen kapasitör sonuçları yaygın olarak kullanılan kapasitörlerin sonuçları ile kıyaslanmıştır. Kapasitör üretimi sırasında biri sentetik ve ikisi doğal olmak üzere üç tür atık kullanılmıştır. Çalışma kapsamında elde edilen karbonize ürünlerin yapısal karakterizasyonları ilk olarak Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektrometresi (FTIR) kullanılarak karakterize edilmiştir. Karbonize ürünlerin FTIR spektrumları, Perkin Elmer spektrum two FTIR spektrometresi ile 4000–400 cm^{-1} aralığında kaydedildi. Bu analizlere ait FTIR spektrumları Şekil 4, Şekil 5 ve Şekil 6'da gösterilmiştir.



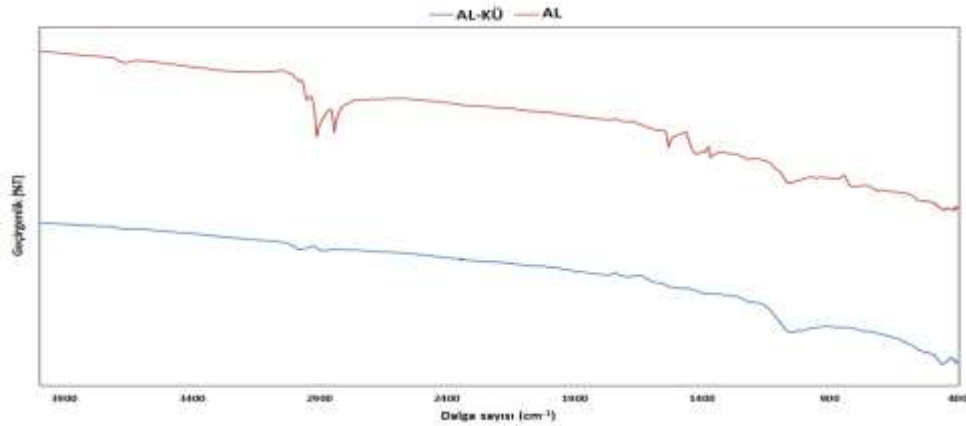
Şekil 4. Çam iğnesi ve karbonize ürünün FTIR spektrumu

Şekil 4'de öğütülmüş çam iğnesi ve ondan elde edilen karbonize ürün (KÜ) yapısına ait FTIR spektrumu görülmektedir. Şekle göre, çam iğnesi yapısında organik yapıdan kaynaklı pek çok pik görülmektedir. Ancak karbonize olduğu zaman bu pikler yok olmakta ve daha sonra sade bir görünüm arz etmektedir. Sadece C-C ve C-H pikleri görülmektedir. Bu da istenilen karbon temelli yapının oluştuğunu ispatlamaktadır.



Şekil 5. Çam kozalağı ve karbonize ürünün FTIR spektrumu

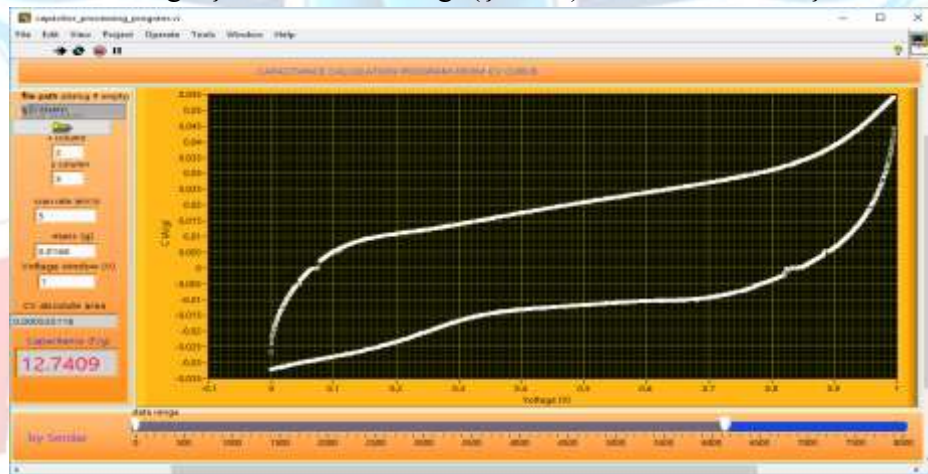
Şekil 5'de çam kozalağı ve ondan elde edilen karbonize ürün (KÜ) yapısına ait FTIR spektrumu görülmektedir. Şekil 9'a benzer olarak yaklaşık 3000 cm^{-1} 'de-OH pikleri, 1700 cm^{-1} 'de C=O pikleri, yaklaşık 1000-1100 cm^{-1} 'de C-O-C pikleri görülmektedir. Bu pikler, selüloz yapısını kanıtlamaktadır. Bu yapı karbonize olunca tüm bu pikler yok olarak sadece karbonize ürün (KÜ) yapısına ait pikler görülmektedir.



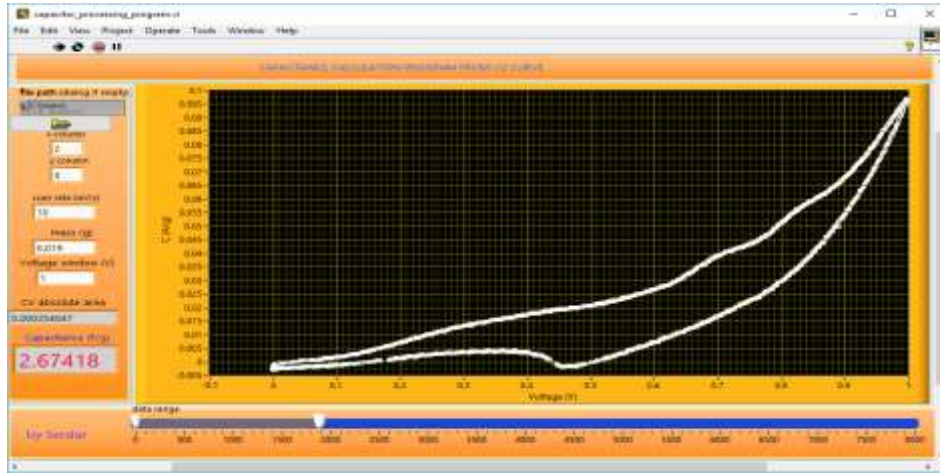
Şekil 6. Araba lastiği ve karbonize ürünün FTIR spektrumu

Şekil 6’da ise araba lastiği ve ondan elde edilen karbonize ürün (KÜ) yapısının analizi görülmektedir. Özellikle karbonize edilmiş araba lastiğinde C-H, C-C, C-S gibi bağlar bulunmaktadır. İşleme sonrasında bu piklerin büyük çoğunluğu ortadan kalkmakta ve geriye sadece C-C pikleri kalmaktadır. Buda çok ideal bir karbonize ürün (KÜ) yapısını ispatlamaktadır.

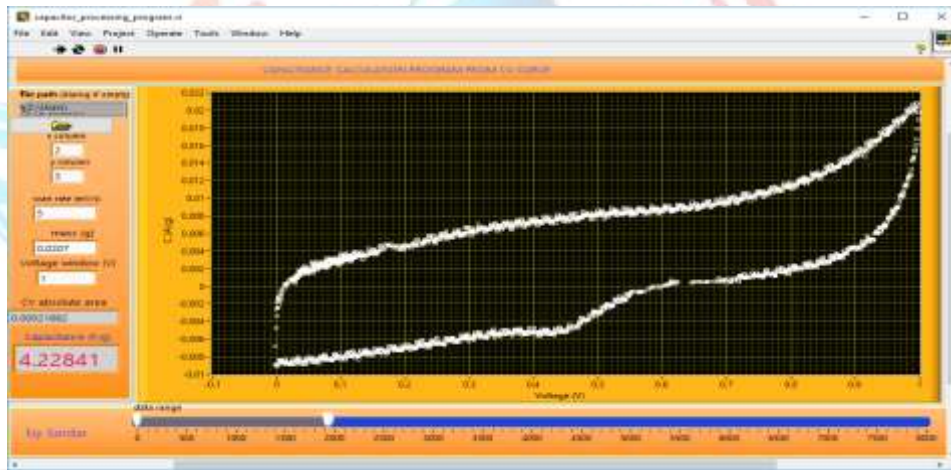
Üretilen kapasitör cihazının CV ölçümleri kullanılarak kapasiteleri belirlenmiştir. Kapasitelerin belirlenmesinde Labview programı kullanılmış ve üç farklı material kullanılarak elde edilen kapasite değerleri çam kozalağı için 12.7409 F/g (Şekil 7), çam iğnesi için 2.67418 F/g (Şekil 8) ve araba lastiği için ise 4.22841 F/g (Şekil 9) olarak belirlenmiştir.



Şekil 7. Çam kozalağı karbonize numunesi CV eğrisi



Şekil 8. Çam iğnesi karbonize numunesi CV eğrisi



Şekil 9. Araba lastiği karbonize numunesi CV eğrisi

5.Yenilikçi (İnovatif) Yönü

Yapılan çalışma ile doğal ve sentetik malzemelerin enerji alanında kullanılabileceği açıkça ortaya çıkarılmıştır. Klasik kapasitörlerin kapasitelerini göz önüne aldığımızda (mF/g) elde edilen değerlerin teknolojiye aktarılma potansiyellerinin yüksek olduğu anlaşılmaktadır. Atık ve doğal ürünlerin geri dönüşümü açısından değerlendirildiğinde yapılan çalışmanın sonuçlarının hedeflenen noktaya gelme anlamında olumlu olduğu ve doğada kirlilik arz eden ve birikim yapan araba lastikleri ve selülozik atıkların elektronik endüstrisinde kullanılabilecek son derece önemli ürüne dönüştürülmesi sağlanmıştır.

6.Uygulanabilirlik

Projede hedeflenen ürün olan, hem içten yanmalı araçların ilk çalışması sırasında gerekli olan yüksek akımın sağlanmasında hem de elektrikli ve hibrit araçlarda kullanılan **süperkapasitörler** (Şekil 1-2); anlık yüksek enerji vermelerinden dolayı tercih edilmektedir. Süper kapasitörlerin genişleyen uygulama alanı sadece elektrikli araçlarla sınırlı değildir. Yakın gelecekte Internet of Things (Nesnelerin İnterneti)'in ihtiyaç duyduğu enerjiyi karşılayabilecek güçte olması beklenmektedir. **Internet of Things**'i oluşturan cihazların bağımlı olacağı enerji hasadı mekanizması için önemli bir rol oynama potansiyele sahiptir. Bunun nedeni ise süperkapasitörlerin küçük ama güçlü depolama araçları olmasıdır. Uygulama alanının geliştiği ve değiştiği bu süreçte süper kapasitörlerin çok büyük kapasitans gerektiren uygulamalarda da daha fazla kullanılacağı düşünülmektedir. (<https://www.elektrikport.com/universite/pillere-yeni-alternatif-super-kapasitorler/17354#ad-image-0>) . **Bir ön proses şeklinde olan projenin ileriki aşamalarında aktivasyon ve yapısal modifikasyon işlemleri ile bu kapasite değerlerinin çok daha yüksek olacağı öngörülmektedir.**

7.Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması

Tablo 1. Tahmini Maliyet Çizelgesi (Ek 5)

Tablo 2. Proje İş-Zaman Çizelgesi (Ek 6)

8.Proje Fikrinin Hedef Kitle (Kullanıcılar)

Proje kapsamında üretilecek olan süperkapasitörler; yakın zamanda Li-iyon bataryalara alternatif olarak görülmekle beraber günümüzde elektrik otomotiv sektörüyle birlikte rüzgar tribünlerinde, lüks araçların ses, klima ya da fren sistemlerinde enerjinin çok hızlı bir şekilde dışarı verilmek istendiği (Fren sistemlerinden gelen enerjiyi yakalamak ve toplanan enerjiyi elektrikli otomobilleri, hibrid trenleri ve otobüsleri hızlandırmak için kullanmak) durumlarda, Acil durumlar için güç sağlama (örn. uçak kapılarını açmak), taşınabilir tüketici elektronik cihazlarına güç sağlamak ve değişik birçok alanda kullanılmaktadır. Süperkapasitör marketinin giderek büyüdüğü de bir gerçek ve bu yeni alanda yerli ürünlerin geliştirilmesi ülkemizin teknolojik bağımsızlığı yarışında öne çıkan bir yaklaşım olarak görülmektedir.

9.Riskler

Kapasitör üretimi sırasında kullanılan ham maddelerin karbonizasyon prosesi sırasında istenilen yüzey alanı, morfoloj, vb sahip olmaması üretilecek olan kapasitörün özelliklerini etkilemektedir. Dolayısı ile yüksek yüzey alanlı malzeme üretimi bu çalışmada büyük öneme sahiptir. Üretilen cihazların kapasitans değerlerinin düşük çıkmasında en temel problem olarak görülmektedir. Diğer önemli bir risk ise kullanılan elektrolitin derişiminin istenilen seviyede olmaması ve aktif malzemenin nikel kopük ile yapışma problemlerinin olabilmesi cihazın performansını direk etkilemektedir.

10. Kaynakça ve Rapor Düzeni

- Abioye, A.M. Ani, F.N. (2015). Recent development in the production of activated carbon electrodes from agricultural waste biomass for supercapacitors: a review, *Renewable and sustainable energy reviews* 52 ,1282-1293.
- Altundoğan, H.S., Topdemir, A. Çakmak, M. Bahar, N. (2016). “Hardness removal from waters by using citric acid modified pine cone”, *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, vol. 58, pp. 219-225.
- Bi, Z. Kong, Q. Cao, Y. Sun, G. Su, F. Wei, X. Li, X. Ahmad, A. Xie, L. Chen, C.-M. (2019). Biomass-derived porous carbon materials with different dimensions for supercapacitor electrodes: a review, *Journal of materials chemistry a* 7(27) 16028-16045.
- Budinova, T., Ekinci, E., Yardim, F., Grimm, A., Björnbom, E., Minkova, V. and Goranova, M. (2006). Characterization and application of activated carbon produced by H₃PO₄ and water vapor activation. *Fuel Process Tech.*, Vol. 87(10), pp. 899–905.
- Christopher Schaber, Patrick Mazza and Roel Hammerschlag. (2004). Utility-Scale Storage of Renewable Energy, *The Electricity Journal*, 17, 21-29
- Conway, B.E.; Transition from “Supercapacitor” to “Battery” Behavior in Electrochemical Energy Storage, *Journal of The Electrochemical Society* 138(6) (1991) 1539.
- Girgis, B.S. and El-Hendawy, A.A. (2002). Porosity development in activated carbons obtained from date pits under chemical activation with phosphoric acid. *Microporous and Mesoporous Mat.*, Vol. 52, pp. 105-117.
- Gonzalez, A., Goikolea, E., Barrena, J., A., Mysyk, R. (2016). Review on supercapacitors: Technologies and materials, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 58: 1189-1206 pp.
- Guo, J., and Lua, A.C. (2002). Textural and chemical characterizations of adsorbent prepared from palm shell by potassium hydroxide impregnation at different stages. *Colloid. Interf. Sci.* Vol. 254, pp. 227–233.
- Jost, K., Dion, G., Gogotsi, Y. (2014). Textile energy storage in perspective, *J Mater Chem A* 2 10776-10787
- Li, J., Tang, J., Yuan, J., Zhang, K., Sun, K., Zhang, H., Qin, L., C. (2017). Enlarging energy density of supercapacitors using unequal graphene electrodes and ionic liquid electrolyte, *Electrochimica Acta*, 258: 1053-1058 pp.
- Mirzaeian, M., Abbas, Q., Ogwu, A., Hall, P., Goldin, M., Mirzaeian, M., Jirandehi, H.,F., (2017). Electrode and electrolyte materials for electrochemical capacitors, *International Journal of Hydrogen Energy*, 42: 25565-25587.

Mohammadi, A.S. Sardara, M. Mohammadib, A. Azimia, F. Nurieh, N. (2013) "Equilibrium and Kinetic Studies on the Adsorption of Acid Yellow 36 Dye by Pinecone" Archives of Hygiene Sciences, vol. 2, no. 4, pp. 158-164,

Molina-Sabio, M. and Rodriguez-Reinoso, F. (2004). Role of chemical activation in the development of carbon porosity. Colloids and Surfaces A: Physicochem. Eng. Aspects, Vol. 241, pp. 15-25.

Raza, W., Ali, F., Raza, N., Luo, Y., Kwon, E. E., Yang, J., ... and Kim, K. H. (2018). Recent advancements in supercapacitor technology. Nano Energy. 52, 441-473.

Sudaryanto, Y., Hartono, S.B., Irawaty, W., Hindarso, H. and Ismadji, S. (2006). High surface area activated carbon prepared from cassava peel by chemical activation. Bioresource Technology, Vol. 97, pp.734-739.

Williams, P.T. and Reed, A.R. (2006). Development of activated carbon pore structure via physical and chemical activation of biomass fibre waste. Biomass and Bioenergy, Vol. 30, pp. 144-152.

Wu, J., Lynn, J. W., Glinka, C. J., Burley, J., Zheng, H., Mitchell, J. F. and Leighton, C. (2005). Intergranular giant magnetoresistance in a spontaneously phase separated perovskite oxide. Physical review letters, 94(3), 037201.

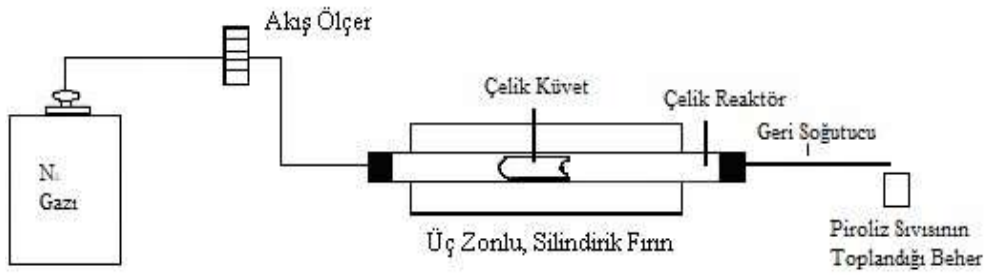
Yan, J., Wang, Q., Wei, T. and Fan, Z. (2014a). Recent advances in design and fabrication of electrochemical supercapacitors with high energy densities. Advanced Energy Materials, 4(4), 1300816.

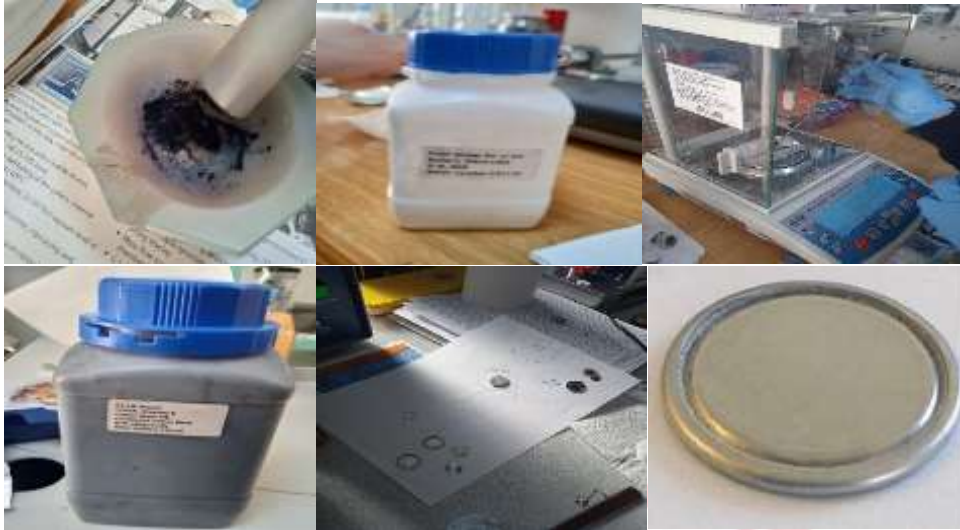
Yan, X., Liu, Y., Fan, X., Jia, X., Yu, Y. and Yang, X. (2014b). Nitrogen/phosphorus co doped nonporous carbon nanofibers for high-performance supercapacitors, Journal of Power Sources, 248, 745-751.

Zhang, L. L. and Zhao, X. S. (2009). Carbon-based materials as supercapacitor electrodes. Chemical Society Reviews, 38(9), 2520-2531.

Zhang X., Li H., Cao Q., Jin L., Wang F. (2018). "Upgrading pyrolytic residue from waste tires to commercial carbon black". *Waste Management & Research*, (36): 436-444.

<https://www.elektrikport.com/universite/pillere-yeni-alternatif-super-kapasitorler/17354#ad-image-0>.

EK GÖRSELLER:**Şekil 3.** Karbonizasyon işleminde kullanılan yüksek sıcaklık fırınının şematik hali (Ek 1)**Resim 3.** Karbonizasyon işleminde kullanılan yüksek sıcaklık fırını (Ek 2)**Resim 4.** Perkin Elmer Spectrum 100 FTIR spektrofotometre cihazı (Ek 3)



Resim 5. Kapasitör hazırlama ve elektrokimyasal ölçüm aşamaları (Ek 4)

Kimyasal ve Malzeme	Birim Fiyat (TL)	1 Kapasitör üretimi için harcanan	TL karşılığı
HCl	500ml (1.507,32 TL)	10 ml	30,1464 TL
poliviniliden diflorür (PVDF)	100 gr (3.927,3 TL)	1 gr	39,273 TL
N-metil-2- pirrolidon (NMP)	100 ml (1.340,37 TL)	10 ml	134,037 TL
Karbon siyahı	5gr (3.354,9 TL)	0.1 gr	67,098 TL
Etanol	500ml (2.114,7 TL)	10 ml	42,294 TL
KOH	25gr (403,86 TL)	1 gr	16,1544 TL
Nikel Köpük	(1 m ²) (15.756,9 TL)	2 cm ²	315,138 TL
Toplam :			644,1408

Tablo 1. Tahmini Maliyet Çizelgesi (Ek 5)

İşin Tanımı	AYLAR									
	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Ocak
<i>Literatür Taraması</i>										
<i>Örnek Toplanması</i>										
<i>Öğütme ve Karbonizasyon</i>										
<i>Kapasitör Hazırlanması ve Ölçümler</i>										
<i>Proje Raporu Yazımı</i>										

Tablo 2. Proje İş-Zaman Çizelgesi (Ek 6)

