

TEKNOFEST HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

ÇEVRE VE ENERJİ TEKNOLOJİLERİ

YARIŞMASI

PROJE DETAY RAPORU

TAKIM ADI: Nano-FİG

**PROJE ADI: Lityum Temelli Bataryalar İçin Selüloz Tabanlı Çevreci
Polimer Elektrolit Sentezi**

BAŞVURU ID: 387214



İÇİNDEKİLER

1. Proje Özeti (Proje Tanımı)	3
2. Problem/Sorun:.....	3
3. Çözüm	4
4. Yöntem	4
4.1 Selüloz Üretimi.....	4
4.1.1 Kurutma İşlemi.....	4
4.1.2 Kaynatma İşlemi.....	4
4.1.3 Asit İşlemi	4
4.1.4 Alkali İşlemi	5
4.1.5 Ağartma İşlemi	5
4.1.6 Dondurma İşlemi ve Selüloz Eldesi	5
4.2 Selüloz ve TPS Esaslı Jel Polimer Membran Üretimi	5
4.3 Jel Polimer Elektrolit Üretimi	5
4.4 Testler	6
4.4.1 Biyobozunurluk Testi	6
4.4.1.1 Su Ortamında.....	6
4.4.1.2 Toprak Ortamında	6
4.4.2 Elektrokimyasal Testler.....	6
4.4.2.1 EIS Testi	7
4.4.2.2 Çevrim Testi	7
4.4.2.3 LSV Testi	7
5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü	8
6. Uygulanabilirlik.....	9
7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması	10
8. Proje Fikrinin Hedef Kitle (Kullanıcılar).....	11
9. Riskler	12
10. Kaynakça	13

1. Proje Özeti (Proje Tanımı)

Her geçen gün temiz enerjiye olan talebin artmasıyla bataryalara olan ihtiyaç giderek artmaktadır. Artan bu ihtiyaç, çevre kirliliği ve hammadde tedarik sorunlarını da beraberinde getirmektedir. Pillerin içerisinde yer alan seramik (SiO_2 , TiO_2 , ZnO , ZrO_2) ve bağlayıcılar (PVDF, PMMA, PEG, PVA) doğada çözünmemektedir. Ayrıca bu malzemelerin pahalı olması ve tedarik işleminde sıkıntılar oluşturması önemli problemler doğurmakta ve bu sorunun daha artacağı düşünülmektedir. Çevre kirliliği ve azalan hammadde kaynaklarına çözüm bulabilmek için çalışmalar yapılmaktadır. Bu çalışmalara, selüloz esaslı polimer elektrolit çalışmaları örnek verilebilir. Çözüm olarak geliştirilen çalışmaların yetersiz olmasının temel sebepleri; jel polimerde bağlayıcı olarak kullanılan malzemelerin maliyetinin değişkenlik göstermesi ve çevreci olmamasıdır. Proje bazında üretilecek jel polimer elektrolitin hem çevre hem de hammadde sorunlarına çözüm getireceği öngörülmektedir. Çözüm için üretilecek ürün; selüloz üretimi, selüloz/TPS esaslı jel polimer membran üretimi ve jel polimer elektrolit üretimi basamakları sonucunda üretilecektir. Gerçekleştirilen testler sonucunda, üretilecek jel polimer elektrolitin su ve toprak ortamlarında biyobozunur olduğu görülmektedir. Ayrıca; literatürdeki benzer çalışmaların test sonuçları incelendiğinde, üretilecek jel polimer elektrolitin elektrokimyasal özelliklerinin de istenilen sonuçlara yakın olacağı ön görülmektedir. Proje çalışmaları sonucunda üretilecek jel polimer elektrolitin, literatürdeki çalışmalara göre birçok noktada farklılık göstermektedir. Bu farklılıklar sırasıyla; seramik malzemeler yerine, ısırgan otu sapından üretilecek selüloz ve petrol bazlı bağlayıcılar yerine ise termoplastik nişasta (TPS) kullanılmasıdır. Isırgan otu sapı içerisinde yer alan selülozun yapısal olarak gözenekli olduğu görülmüştür. Bu sayede iyonlar anot tarafından katoda hızla aktarılabilir ve yüksek pil performansı ile sonuçlanmaktadır. Proje çalışmaları sonucunda, üretilecek jel polimer elektrolit içerisinde kullanılan selüloz ve TPS tercihinin üreticiye, kullanıcıya ve ülkeye maliyet yönünden fayda sağlayacağı düşünülmektedir. Hedef kitlemiz enerji sektöründe batarya üretiminde yer alan elektrikli araç şirketleri, bilişim teknolojileri şirketleri, bilgi ve iletişim teknolojileri şirketleri, savunma sanayisi şirketleridir. Proje hayata geçirilirken oluşabilecek risklere, yerli ve milli kaynaklarla çözüm getirilecektir. Böylelikle, hayata geçirilmesi planlanan projenin kısa ve uzun vadede olumlu sonuçlar doğuracağı öngörülmektedir.

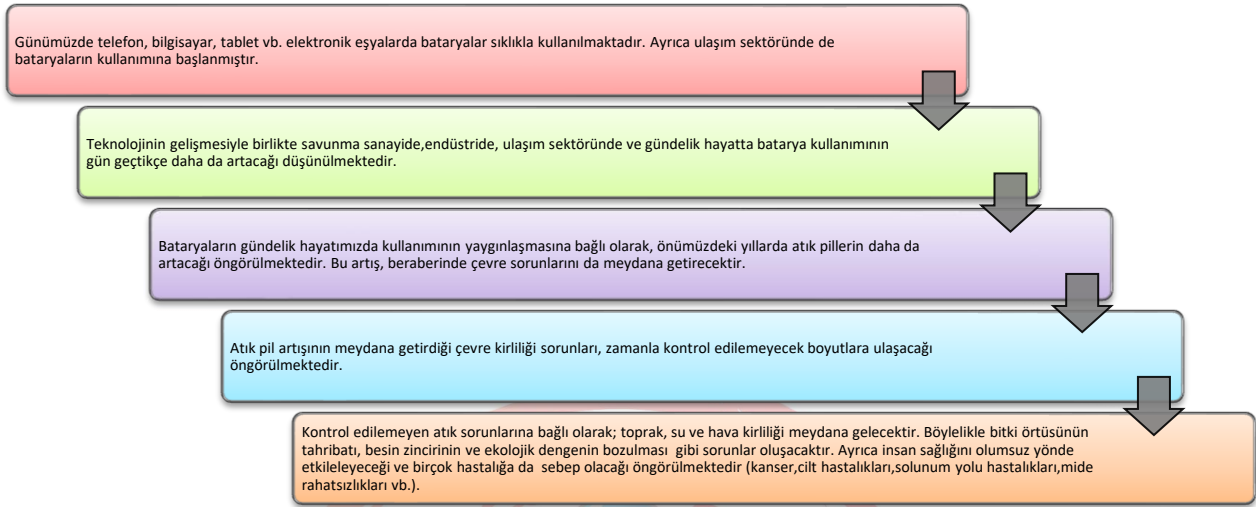
2. Problem/Sorun:

Mevcut pil teknolojisinde kullanılan;

- Seramik malzemeler (SiO_2 , TiO_2 , ZnO , ZrO_2) gün geçtikte azalmaktadır. Böylelikle seramik malzemelerin tedarikinde sıkıntılar yaşanmakta ve maliyet artışları meydana gelmektedir. Ayrıca seramik malzemeler doğada çözünmemektedir. Bu etkenler, ekonomik ve çevre kirliliği sorunlarını da beraberinde getirmektedir [1].
- PVDF, PMMA, PEG, PVA bağlayıcıları petrol türevli olduğundan dolayı doğada çözünmemektedir. Aynı zamanda bu bağlayıcılar toksik özelliğe sahip oldukları için ekolojik dengeye zararlar vermektedir [2,3,4]

Son zamanlarda alternatif biyobozunur çevreci hammadde arayışlarına gidilmiştir. Buna bağlı olarak selüloz katkılı polimer elektrolit çalışmaları gerçekleştirilmiştir [5,6,7]. Bu çalışmalar kapsamında üretilen elektrolitlerde; petrol bazlı bağlayıcılar kullanıldığı için, proje hedeflerinin

ele aldığı soruna yeterli bir çözüm üretememektedir. Bu soruna çözüm bulmak adına biyobozunur bağlayıcılar kullanılmalıdır.



Şekil 1. Problem Şeması

3. Çözüm

Doğada çözünemeyen ve ileriki senelerde tedarikinin zor olacağı ön görülen seramik malzemeler yerine (SiO_2 , TiO_2 , ZnO , ZrO_2) yerli ve milli kaynaklar göz önünde bulundurulduğunda tedarik işlemlerinin daha kolay olduğu ısırgan otu saplarından elde edilecek selüloz, jel polimer elektrolitte dolgu maddesi olarak kullanılacaktır.

Batarya teknolojilerinde kullanılan bağlayıcıların (PMMA, PEG, PVDF, PVA) birçoğu toksik ve doğada çözünememektedir. Bu bağlayıcıların yerine biyopolimer olan termoplastik nişasta kullanılacaktır.

Proje bazında geliştirilen ürününün, oluşabilecek çevre kirliliğine ve hammadde tedarikinde yaşanacak sorunların önüne geçilmesi hedeflenmektedir.

4. Yöntem

4.1 Selüloz Üretimi

4.1.1 Kurutma İşlemi

Isırgan otu sapları toplandı ve 70°C 'de kurutuldu. Kurutma işleminden sonra 23 gram, kuru ısırgan elde edildi.

4.1.2 Kaynatma İşlemi

Isırgan içerisinde bulunan şeker, pektin ve fenolineri ayrıştırmak için 30 dakika 100°C 'de, 700 ml saf su içerisinde kaynatma işlemi gerçekleştirildi. İşlemin bitmesiyle süzme işlemi yapıldı.

4.1.3 Asit İşlemi

Isırgan içerisinde bulunan pektinin tamamen ayrışması için asit işlemi gerçekleştirildi. Asit işleminde 250 ml saf su içerisine, 50 ml HCl ilave edildi ve sonrasında çökelek çözeltiye eklendi. 1 saat boyunca 80°C 'de işlem gören çökelek, süzüldü ve saf su ile yıkanarak reaksiyon durduruldu.

4.1.4 Alkali İşlemi

Isırgan içerisinde bulunan hemiselülozun ayrışması için alkali işlem gerçekleştirildi. Alkali işleminde 500 ml saf su içerisinde, 30 gram NaOH ilave edildi ve manyetik karıştırıcıyla NaOH'in tamamen çözünmesi sağlandı. Sonrasında çökelek, çözeltiliye eklendi. 1 saat boyunca 80°C'de işlem gören çökelek, süzüldü ve saf su ile yıkanarak reaksiyon durduruldu.

4.1.5 Ağartma İşlemi

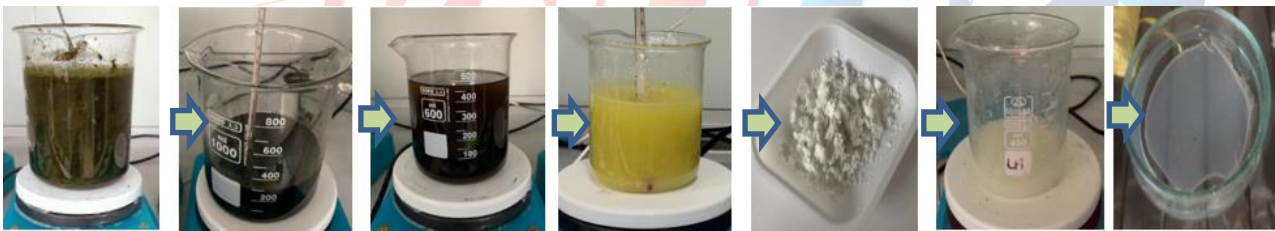
Isırgan içerisinde bulunan lignini ayırmak için ağartma işlemi gerçekleştirildi. Ağartma işleminde 400 ml saf su içerisinde, 100 ml H2O2 ilave edildi ve manyetik karıştırıcıyla karıştırıldı. Sonrasında çökelek, çözeltiliye eklendi. 2 saat boyunca 80°C'de işlem gören çökelek, süzüldü ve saf su ile yıkanarak reaksiyon durduruldu. Elde edilen çökelek saf su ile yıkanarak, pH'nın 5-7 arasına gelmesi sağlandı.

4.1.6 Dondurma İşlemi ve Selüloz Eldesi

Süzülen çökelek -80°C'de 12 saat bekletildi. Sonrasında 72 saat boyunca freeze dryerda bekletildi. Bütün bu işlemler sonucunda 4 g selüloz elde edildi.

4.2 Selüloz ve TPS Esaslı Jel Polimer Membran Üretimi

Üretilen selülozdan 2 gram, 2 gram nişasta ve 12 ml saf su behere koyuldu, manyetik karıştırıcıda 200 rpm'de 1 saat boyunca karıştırıldı. Sonrasında çözeltiliye 3 ml gliserol eklendi ve 5 dk boyunca 200 rpm'de karıştırıldı. Son olarak 0,05 ml asetik asit eklendi. 200 rpm de karışmaya devam eden çözeltinin sıcaklığı 90°C'ye çıkarıldı. 12 dakika sonra kıvamı artan çözelti spatül ile karıştırılmaya devam edildi. İyice yoğunlaşan çözelti petri kabına döküldü. 70°C'de 3 saat boyunca fırında bekletilerek, fazla su ve asetik asit uzaklaştırıldı. Yapılan işlemler sonucunda, selüloz katkılı jel polimer membran üretildi.



Şekil 2. Jel Polimer Membran Üretim Süreci

4.3 Jel Polimer Elektrolit Üretimi

Üretilen jel polimer membranın ağırlığı 2,5 gram olarak ölçüldü. Membranın/LiPF6 tuzu (ağırlıkça) (1/16) olacak şekilde LiPF6 tuzu 0,15 gram olarak hazırlanacaktır. Hazırlanan LiPF6, petri kabına aktarılacak, içerisinde üretilen jel polimer membran eklenecektir ve 12 saat boyunca bekletilecektir. 12 saat açık atmosferde sonrasında da fazla çözücülerin uzaklaştırılması için 1 saat 80°C'de fırında bekletilecektir. Bütün bu işlemlerin bitmesiyle jel polimer elektrolit elde edilecektir. Üretilen jel polimer membranın, jel polimer elektrolite dönüştürülmesi işlemi 2022/mayıs ayının son haftasının başlangıcıyla bitirilecektir.

4.4 Testler

4.4.1 Biyobozunurluk Testi

4.4.1.1 Su Ortamında

Su ortamında gerçekleştirilen testte, 0,5341 gram ağırlığında jel polimer membran, suya koyuldu. 10 gün devam eden test sonucunda, jel polimer membranın ağırlığı 0,4386 gram olarak ölçüldü. Test sonucunda 0,0955 gram ağırlık kaybı meydana gelmiştir.



Şekil 3. Su Ortamında Biyobozunurluk Testi

4.4.1.2 Toprak Ortamında

Toprak ortamında gerçekleştirilen testte, 0,8437 gram ağırlığında jel polimer membran, toprak dolu kaba koyuldu. 15 gün devam eden test sonucunda, jel polimer membranın ağırlığı 0,4341 gram olarak ölçüldü. Test sonucunda 0,4096 gram ağırlık kaybı meydana gelmiştir.



Şekil 4 Toprak Ortamında Biyobozunurluk Testi

Yapılan test sonuçları incelendiğinde, kısa süre içerisinde önemli miktarlarda ağırlık kayıpları yaşandığı görülmektedir. Sonuç olarak, üretilen jel polimer membranın, biyobozunur bir ürün olduğu kanısına varılmıştır.

4.4.2 Elektrokimyasal Testler

Elektrokimyasal testler, SARGEM laboratuvarlarında gerçekleştirilecektir.



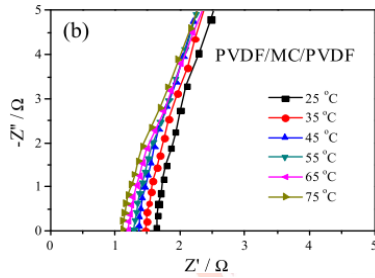
Şekil 5 SARGEM Laboratuvarları Test Cihazı

4.4.2.1 EIS Testi

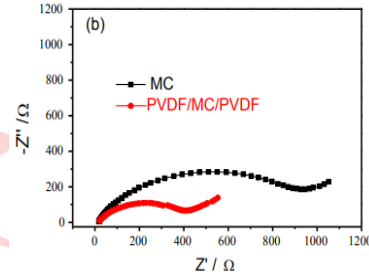
Üretilen jel polimer elektrolitin iyonik iletkenliğini ölçmek amacıyla Elektrokimyasal Empedans Spektroskopisi (EIS) testi yapılacaktır. Bu test, proje planlamasında da görüldüğü üzere haziran ve temmuz aylarında gerçekleştirilecektir.

Proje bazında üretilen ürüne benzer üretim metotlarıyla üretilmiş polimer elektrolitlerin literatürdeki EIS test sonuçları şu şekildedir:

Gerçekleştirilen çalışma sonucunda, [5] üretilen selüloz bazlı jel polimer membrana yapılan EIS test sonucunda elde edilen veriler aşağıdaki gibidir



Tablo 1. EIS Test Sonucu Örneği



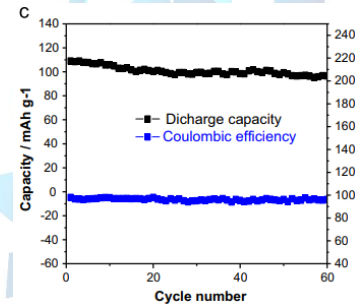
Tablo 2. EIS Test Sonucu Örneği

4.4.2.2 Çevrim Testi

Üretilen jel polimer elektrolitin çevrim kapasitesini değerlendirmek amacıyla çevrim testi yapılacaktır. Bu test, proje planlamasında da görüldüğü üzere haziran ve temmuz aylarında gerçekleştirilecektir.

Proje bazında üretilen ürüne benzer üretim metotlarıyla üretilmiş polimer elektrolitin literatürdeki çevrim test sonuçları şu şekildedir:

Gerçekleştirilen çalışma sonucunda [6], üretilen selüloz bazlı jel polimer membrana yapılan test sonucunda, verimliliğin yüksek olduğu ve 50 devirden sonra çok fazla kayıp olmadığı görülmektedir



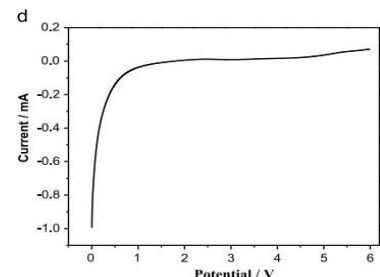
Tablo 3. Çevrim Testi Örneği

4.4.2.3 LSV Testi

Üretilen jel polimer elektrolitin elektrokimyasal penceresini değerlendirmek amacıyla Linear Tarama Voltametri (LSV) testi yapılacaktır. Bu test, proje planlamasında da görüldüğü üzere haziran ve temmuz aylarında gerçekleştirilecektir.

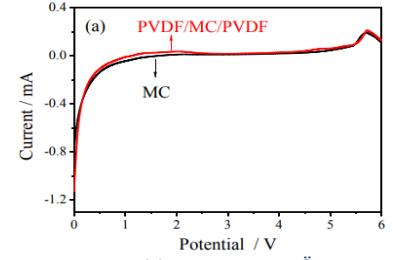
Proje bazında üretilen ürüne benzer üretim metotlarıyla üretilmiş polimer elektrolitlerin literatürdeki LSV test sonuçları şu şekildedir:

Gerçekleştirilen çalışma sonucunda, [6] üretilen selüloz bazlı jel polimer membrana yapılan LSV test sonucunda 4,8 V'a kadar kararlı olduğu görülmüştür.



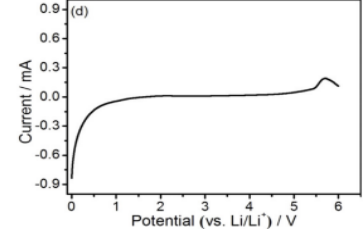
Tablo 4. LSV Test Örneği

Gerçekleştirilen çalışma sonucunda, [5] üretilen selüloz bazlı jel polimer membrana yapılan LSV test sonucunda 4,8 V'a kadar kararlı olduğu görülmüştür.



Tablo 5. LSV Test Örneği

Gerçekleştirilen çalışma sonucunda, [7] üretilen selüloz bazlı jel polimer membrana yapılan LSV test sonucunda 4,8 V'a kadar kararlı olduğu görülmüştür.



Tablo 6. LSV Test Örneği

Üretim metotları ve kullanılan malzemelerin benzerliğinden dolayı, yapılacak LSV, EIS ve çevrim test sonuçlarının literatürdeki sonuçlara yakın olacağı düşünülmektedir.

5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü

Proje hedefleri doğrultusunda üretimi yapılan jel polimer membranın; literatürdeki diğer jel polimer elektrolit çalışmalarından farklı olmasının temel nedeni, biyobozunur ve çevre dostu malzemelerden oluşmasıdır.

Yapılan literatür araştırmaları sonucunda;

Polimer esaslı elektrolitlerde dolgu maddesi olarak; çevreye ve canlı sağlığına zararlı, maliyetli seramik malzemeler (SiO_2 , TiO_2 , ZnO , ZrO_2) kullanılmaktadır [1]. Seramik malzemelere alternatif dolgu maddesi olarak, ısırgan otu sapından üretilen selüloz kullanılacaktır [1,5].

Kullanılan jel polimer elektrolitlerde bağlayıcı olarak; genellikle PMMA, PEG, PVDF ve PVA kullanıldığı görülmektedir [1,8]. Bu bağlayıcılar toksik özellik taşımakta ve doğada çözünmemektedir [2,3,4]. Tüm bu sorunları minimuma indirebilmek için; bu bağlayıcıların yerine, biyobozunur ve toksik özellik taşımayan termoplastik nişasta kullanılacaktır (TPS).

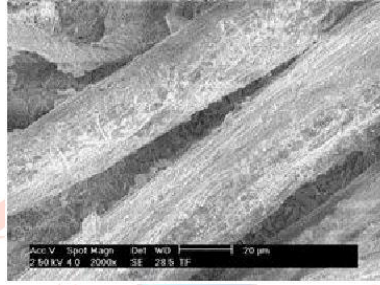
Yapılan literatür çalışmalarında; jel polimer elektrolit üretiminde kullanılan LiPF_6 tuzunun, membran üretilmeden önce çözeltiye eklenildiği ve son ürünün bu şekilde üretildiği görülmektedir [9]. Proje bazında yapılan çalışmada ise; ilk olarak membran üretimi gerçekleştirildi. Bir sonraki aşamada ise üretilen membran, LiPF_6 tuzundan oluşan elektrolit sıvısında bekletilerek üretim gerçekleştirilecektir.

Literatür çalışmalarında jel polimer membran eldesi için hazırlanan çamur, Doctor Blade cihazı kullanılarak şerit döküm yöntemiyle üretildiği görülmektedir [9]. Proje bazında yapılan çalışmada ise hazırlanan çamur şerit döküm yöntemi yerine, petri kabına dökülerek jel polimer membran üretilmiştir.

6. Uygulanabilirlik

Ülkemizde yerli ve milli çalışmaları devam eden elektrikli araçların (İHA, İKA, SİHA vb.) üretimi ve kullanımı giderek artmaktadır. Bu sistem içerisinde kullanılacak bataryaların enerji verimliliği ve geri dönüşümü ülkemiz için önemli bir konuyu teşkil etmektedir.

Yapılan literatür çalışmaları sonucunda ısırgan otu saplarındaki selülozun morfolojik olarak liflerinin uzun olması yüksek gözeneklilik sağladığından dolayı iyonlar anot tarafından katoda hızla aktarılabilir ve yüksek pil performansı ile sonuçlanır [10].



Şekil 6. Selüloz SEM Görüntüsü

Selüloz esaslı elektrolit hücresi için yapılan başka bir çalışmada ise 50 döngüden oluşan bir çalışma temposunda %11'lik bir kayıp meydana gelmiş ve %97'lik bir kulombik (deşarj süresinin şarj süresine oranı, verimlilik) değerine ulaşılmıştır [11].

Selülozun elektrolit içerisinde kullanılmasıyla elektrokimyasal reaksiyonlarda yeterli fizikokimya ve elektrokatalitik aktiviteye sahip olduğu görülmüştür. Katı polimer elektrolit olarak kullanılan selülozun, elektrokimyasal stabiliteyi arttırdığı gözlemlenmiş ve pilin kısa devre olmasına sebep olan dentrit oluşumunu da engellediği görülmüştür [12].

Ayrıca pil üretimi için gerekli olan selülozun, ısırgan otunun yetiştirilmesi ile verimsiz marjinal toprakların, üretim yapabilecek zenginliğe getirilmesi sağlanması ön görülmektedir. Böylece yeterince değerlendirilemeyen marjinal alanlar tarıma kazandırılmış olacaktır [13].

Laboratuvar koşullarında yapılan prototip elektrolitin, endüstriyel olarak üretimi de mümkündür.

Projemiz; ısırgan otundaki selülozun yapısal özellikleri ve düşük maliyetteki üretim süreci, batarya endüstrisinin gelişimi için önemli bir potansiyele sahiptir.

7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması

BÜTÇE TABLOSU			
Parça No	Kullanılacak Malzeme Listesi	Birim/Fiyat	Kullanılan Malzeme Miktarlarının Fiyatı
1	Isırgan Otu Sapı	0	(Kuru ağırlık) 23 gram/0 lira
2	Hidroklorik asit (HCL)	L/35 lira	50 ml/1,75 lira
3	Sodyum Hidroksit (NaOH)	Kg/160 lira	30 gram/4,8 lira
4	Hidrojen peroksit (H ₂ O ₂)	L/50 lira	50 ml/2,5 lira
5	Nişasta	Kg/25 lira	2 gram/0,05 lira
6	Gliserol	L/80 lira	3 ml/0,24 lira
7	Asetik asit	L/75 lira	0,5 ml/0,03 lira
8	LiPF ₆	Kg/2500 lira	0,15 gram/ 0,37 lira
Toplam Fiyat (adet)			9,74 lira

Tablo 7. Bütçe Tablosu

*Üretilen Jel Polimer Membranın Ağırlığı 2,5 gramdır.

Projenin En Az Maliyetle Uygulanabilir Olma Durumu Hakkında

Selüloz üretiminde kullanılan ısırgan otu sapının, atık sınıfına dahil olmasından dolayı herhangi bir maliyeti yoktur. Bağlayıcı polimer olarak kullanılan termoplastik nişasta ise düşük maliyetli ve kolay ulaşılabilir hammaddelerden oluşmaktadır. Sonuç olarak proje bazında üretilen jel polimer elektrolitin seri üretimine geçilmesi durumunda, çevre dostu pil teknolojisinde, uygun maliyetli bir alternatif olacağı düşünülmektedir.

PROJE PLANLAMASI

PROJE ZAMAN ÇİZELGESİ	2021		2022						
	ARALIK	OCAK	ŞUBAT	MART	NİSAN	MAYIS	HAZİRAN	TEMMUZ	AĞUSTOS
Literatür Taraması									
Malzeme Tedarik İşlemleri									
DeneySEL Çalışmalar									
Ön Değerlendirme Rapor Yazımı									
Proje Detay Rapor Yazımı									
Prototip Üretimi ve Testler									
Final Aşaması									

Tablo 8. Proje Planlaması

Proje Planlamasındaki Maddi Harcamaların Dönemleri

Malzeme tedarik işlemleri aşamasında, maddi yönden yapılacak harcamalar ocak ve şubat aylarında gerçekleştirilecektir. Bu dönemde yapılacak harcamalar: Hidroklorik asit (HCl), sodyum hidroksit (NaOH), hidrojen peroksit (H₂O₂), nişasta, gliserol, asetik asit, LiPF₆.

MALİYET KARŞILAŞTIRMASI

Polimer esaslı elektrolitlerde dolgu maddesi olarak genellikle, ortalama piyasa fiyatları verilen seramik malzemeler kullanılmaktadır. SiO₂ (kg/1000 lira), TiO₂ (kg/200 lira), ZnO (kg/2600 lira), ZrO₂ (kg/2300 lira).

Belirtilen bu seramiklerin yerine bir biyopolimer olan selüloz kullanılacaktır. Selüloz üretiminde kullanılacak kimyasalların ortalama piyasa fiyatları şu şekildedir: Hidroklorik asit (HCL) (L/35 lira), Sodyum Hidroksit (NaOH) (Kg/160 lira), Hidrojen peroksit (H₂O₂) (L/50 lira)

Selüloz üretiminde hammadde olan ısırgan otu sapına herhangi bir harcama yapılmayacaktır. Sadece yukarıda belirtilen kimyasallara harcama yapılacaktır. Yapılan deneysel çalışmalar sonucunda 100 gram selüloz üretimi için yaklaşık 30 lira harcadığı saptanmıştır (enerji maliyeti hariç). Böylelikle seramik malzemeler yerine selüloz tercihinin, maliyet tablosu açısından üreticiye fazlasıyla fayda sağlayacağı düşünülmektedir.

Mevcut pil teknolojisinde kullanılan jel polimer elektrolitlerde bağlayıcı olarak: genellikle PMMA, PEG, PVDF ve PVA kullanılmaktadır [14]. Bu bağlayıcıların piyasadaki ortalama fiyatları şu şekildedir: PMMA (kg/150 lira), PEG (kg/120 lira), PEG (kg/120 lira), PEG (kg/120 lira), PVDF (kg/250 lira), PVA (kg/250 lira).

Kullanılan bu bağlayıcıların yerine çevre dostu olan termoplastik nişasta (TPS) kullanılacaktır [15]. Termoplastik nişasta üretiminde kullanılan hammaddelerin ortalama fiyatları şu şekildedir: Nişasta (kg/25 lira), Gliserol (L/80 lira), Asetik Asit (L/75 lira).

Proje bazında üretilen TPS'de kullanılan hammaddelerin oranları ağırlık bazında şu şekildedir: Nişasta/Gliserol/Asetik asit (2/4/0,5)

Oranlar göz önünde bulundurularak yapılan hesaplamalar sonucunda, 1 kg termoplastik nişasta üretimi (TPS) ortalama 63 liraya denk gelmektedir. Bağlayıcılar için verilen veriler incelendiğinde, termoplastik nişastanın; PMMA, PEG, PVDF ve PVA gibi bağlayıcılardan daha uygun fiyatlara üretildiği görülmektedir. Sonuç olarak hem selüloz hem de termoplastik nişasta tercihinin; üreticiye, kullanıcıya ve ülkeye maliyet yönünden fayda sağlayacağı düşünülmektedir.

8. Proje Fikrinin Hedef Kitlesi (Kullanıcılar)

Lityum iyon batarya pazarının da 2025 yılı itibariyle 490 GWs'a ulaşarak bugünkü seviyesinin yaklaşık dört katına çıkacağı öngörülmektedir. 2025 yılındaki talebin %76 ile elektrikli araçlardan geleceği tahmin edilirken, tüketici elektroniği ve enerji depolama alanlarında da büyüme gerçekleşeceği düşünülmektedir. [16]

Hedef kitlemiz enerji sektöründe batarya üretiminde yer alan elektrikli araç şirketleri (TOGG, HEV, PHEV, BEV, FCEV), bilişim teknolojileri şirketleri, bilgi ve iletişim teknolojileri şirketleri, savunma sanayisi (İHA, İKA, SİHA vb) şirketleridir.

9. Riskler

OLUŞABİLECEK RİSKLER	RİSK DURUMU	ÇÖZÜM ÖNERİLERİ
Hammadde/kimyasal tedarik işleminin uzun sürmesi	Düşük Olasılık=Düşük Etki=Orta	Alternatif tedarikçilerle iletişim halinde kalarak, olası bir sorunda tedarik işlemlerinin aksamasının önüne geçilecektir.
Testlerin başarısız olması	Yüksek Olasılık=Orta Etki=Yüksek	Test sonuçları göz önünde bulundurularak, üretilen jel polimer elektrolitin eksiklikleri üzerine AR-GE ve ÜR-GE çalışmaları yapılacaktır.
Projenin, endüstriyel üretim bantlarıyla uyumlu olmaması	Düşük Olasılık=Düşük Etki=Orta	Maliyet-fayda dengesi dikkate alınarak üretim bantlarında ve(ya) üretilen üründe birtakım revize işlemleri yapılacaktır.
Maliyetin, beklenenden yüksek çıkması	Orta Olasılık=Düşük Etki=Yüksek	Beklenmeyen mali tabloya sebep olan faktörler belirlenecek. Sonrasında ise alternatif hammaddelere ve üretim metotlarına başvurulacaktır.
Kullanıcı geri bildirimlerinin olumsuz olması	Orta Olasılık=Düşük Etki=Yüksek	Geri bildirimler detaylı bir şekilde incelenecek ve maliyet-fayda dengesi göz önünde bulundurularak değişimlere gidilecektir.
Isırgan otu sapı kaynaklarının azalması	Çok Düşük Olasılık=Düşük Etki=Düşük	Benzer etkiler yaratacağı düşünülen farklı hammaddelerin kullanılması üzerine sürekli olarak Ar-Ge çalışmaları yürütülecek. Olası bir sorunda, bu çalışmalardan faydalanılacaktır.
Dolar kurunun yükselmesi	Çok Yüksek Olasılık=Yüksek Etki=Yüksek	Kullanılacak kimyasal ve hammaddelerin, yerli ve milli olmasına özen gösterilecek. Böylelikle olası bir dolar kuru yükselmesinden en az zararla çıkılacaktır.
Üretilen jel polimer elektrolitin, piyasada yaygınlaştırılmaması	Yüksek Olasılık=Orta Etki=Yüksek	Sosyal platformlar aktif olarak kullanılacak, üniversitelerle iş birliği yapılacak ve firma bünyesinde elektrolitler üzerine yarışmalar düzenlenecektir. Böylelikle üretilen jel polimer elektrolitin tanıtımı daha kolay yapılacaktır.

Tablo 9. Riskler

TEKNOLOJİ
HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

10. Kaynakça

1. Rayung, M., Aung, M. M., Azhar, S. C., Abdullah, L. C., Su'ait, M. S., Ahmad, A., & Jamil, S. N. A. M. (2020). Bio-based polymer electrolytes for electrochemical devices: Insight into the ionic conductivity performance. *Materials*, 13(4), 838.
2. Dehghan, F. (2020). *PVDF as a Biocompatible Substrate for Microfluidic Fuel Cells* (Doctoral dissertation, University of Saskatchewan). PVDF
3. Halima, N. B. (2016). Poly (vinyl alcohol): review of its promising applications and insights into biodegradation. *RSC advances*, 6(46), 39823-39832. PVA
4. Kluin, O. S., Van der Mei, H. C., Busscher, H. J., & Neut, D. (2013). Biodegradable vs non-biodegradable antibiotic delivery devices in the treatment of osteomyelitis. *Expert opinion on drug delivery*, 10(3), 341-351. PMMA
5. Xiao, S. Y., Yang, Y. Q., Li, M. X., Wang, F. X., Chang, Z., Wu, Y. P., & Liu, X. (2014). A composite membrane based on a biocompatible cellulose as a host of gel polymer electrolyte for lithium ion batteries. *Journal of power sources*, 270, 53-58.
6. Li, M. X., Wang, X. W., Yang, Y. Q., Chang, Z., Wu, Y. P., & Holze, R. (2015). A dense cellulose-based membrane as a renewable host for gel polymer electrolyte of lithium ion batteries. *Journal of membrane science*, 476, 112-118.
7. Zhu, Y. S., Xiao, S. Y., Li, M. X., Chang, Z., Wang, F. X., Gao, J., & Wu, Y. P. (2015). Natural macromolecule based carboxymethyl cellulose as a gel polymer electrolyte with adjustable porosity for lithium ion batteries. *Journal of Power Sources*, 288, 368-375.
8. Verdier, N., Lepage, D., Zidani, R., Prebe, A., Ayme-Perrot, D., Pellerin, C., ... & Rochefort, D. (2019). Cross-linked polyacrylonitrile-based elastomer used as gel polymer electrolyte in Li-Ion battery. *ACS Applied Energy Materials*, 3(1), 1099-1110.
9. Tokur, M. (2015). Lityum hava pilleri için EMITFSI esaslı nanokompozit elektrolitlerin geliştirilmesi.
10. (Li, Z., Li, X., Jiang, Y., Ding, Q., & Han, W. (2021). Nanocellulose composite gel with high ionic conductivity and long service life for flexible zinc-air battery. *Polymer Testing*, 104, 107380.)
11. Jingren Gou ,Wangyu Liu,2020, A renewable and biodegradable nanocellulose-based gel polymer electrolyte for lithium-ion battery, *Journal of Materials Science*,10699–10711
12. Carla Vilela , Armando JD Silvestre ,Filipe ML Figueiredo ve Carmen SR Freire.(2019). Nanocellulose-based materials as components of polymer electrolyte fuel cells. *Journal of Materials Chemistry A*. 35 [3] HengfeiQin, KunFu, YingZhang, YuhangYe, MingyaoSong, YudiKuang, Soo-HwanJang, FengJiang, LifengCui. (2020). Flexible nanocellulose enhanced Li⁺conducting membrane for solid polymer electrolyte. *Science direct*. (293-299). 28)
13. Mutlu Kurban, Arzu YAVAŞ, Osman Ozan AVİNÇ (2011) Isırgan Otu Lifi ve Özellikleri. *Tekstil Teknolojileri Elektronik Dergisi Cilt: 5, No: 1, 2011 (84-106)*. [Elektronik Dergi]. <https://www.tekstilteknoloji.com.tr>.
14. Verdier, N., Lepage, D., Zidani, R., Prebe, A., Ayme-Perrot, D., Pellerin, C., ... & Rochefort, D. (2019). Cross-linked polyacrylonitrile-based elastomer used as gel polymer electrolyte in Li-Ion battery. *ACS Applied Energy Materials*, 3(1), 1099-

- 1110.
15. Bergel, B. F., Araujo, L. L., & Santana, R. M. C. (2022). Evaluation of toxicity and biodegradation of thermoplastic starch foams with modified starch. *Food Packaging and Shelf Life*, 31, 100798.
16. Dinçer, İ., & Ezan, M. A. (2020). Tüba Enerji Depolama Teknolojileri Raporu. Ankara: Türkiye Bilimler Akademisi Yayınları.

