

# TEKNOFEST

## HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

### ÇEVRE VE ENERJİ TEKNOLOJİLERİ YARIŞMASI

#### PROJE DETAY RAPORU

**TAKIM ADI: ECOWATT**

**PROJE ADI: Yeşil Enerji Modüller ile Sıvı Organik Atıkların Elektrik Üreten Bakterilerle Biyo-Elektriğe Dönüştürülmesi**

**BAŞVURU ID: 414737**

**TEKNOFEST**  
HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

## İçindekiler

1. Proje Özeti (Proje Tanıtımı).....	2
2. Problem Sorun.....	3
3. Çözüm.....	3
4. Yöntem.....	5
5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü.....	7
6. Uygulanabilirlik.....	7
7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması.....	8
8. Proje Fikrinin Hedef Kitle (Kullanıcılar).....	9
9. Riskler.....	10
10. Kaynakça.....	11

### 1. Proje Özeti (Proje Tanımı)

Doğal sulaklarda süre gelen biyo-elektrojenik arındırma mekanizmasından ilham alan ECOWATT teknolojisi, klasik atık yönetimi anlayışını değiştirerek daha sürdürülebilir, çevreci ve yenilikçi alternatifler sunmayı hedeflemektedir. Çevrede biriktiğinde zarar veren ve kontrol altına alınması gereken sıvı organik atıklar, ECOWATT'ın geliştireceği modüller için sürdürülebilir enerji kaynağı olarak değerlendirilmektedir. Atık içerisinde bulunan organik maddeler modül bünyesine entegre edilen biyo-elektrojenik arındırma mekanizması ve elektrojenik bakteriler üzerinden herhangi bir ikincil atık ya da koku yayılımı olmadan temiz enerjiye dönüştürülmektedir. Böylece atıkların yakıt kaynağı olarak tekrar değerlendirilebileceği, kaynak verimliliğinin ve çevresel faydanın maksimum tutulduğu, döngüsel ekonomi modelinin uygulanabileceği yeni nesil bir atık ve enerji yönetim stratejisi kazanılmış olacaktır.

ECOWATT teknolojisinin uygulanacağı ilk ürün saksı boyutunda ve çeşitli iç ortam bitkilerinin bir şekilde yetiştirilebileceği mini modüldür. Bu modül ile ev ve ofis tipi kullanıcılar sıvı organik atıkları (çay, kahve, meyve suyu, kola atıkları vb.) yerinde temiz enerjiye dönüştürerek bu tip atıkların çevreye yayılımını kontrol altına alınmasını sağlayabileceklerdir. Bu kapsamda, 1 hücreli bir mini modül yaklaşık olarak haftada 110 mL sıvı ya da sıvılaştırılmış organik atığı değerlendirerek 1 metrelik düşük güç tüketen şerit LED'i 30-45 dk boyunca ya da nem, sıcaklık ve saat fonksiyonuna sahip elektronik termometre aygıtı herhangi bir pil kullanımı olmadan kesintisiz olarak çalıştırılabilecektir.

ECOWATT teknolojisinin uygulanacağı diğer bir prototip ise peyzaj alanları, biyolojik gölet ve KOİ göleti gibi alanlarda manzarayla uyumlu şekilde siyah su ve gri su hasadı yaparak temiz enerji üretimi yapabilecek mega modüldür. Bu modülün kullanımıyla kanalizasyon veya gri su yakıt kaynağı olarak kullanılarak yerinde biyoelektrik üretimi gerçekleştirilerek hem çevre aydınlatma giderleri azaltılacak hem de fosil yakıtlara olan bağıllık azaltılacağı için karbon ayak izleri de düşürülebilecektir. Bununla birlikte yakıt kaynağı olarak kullanılacak atık suların kalitesi arttırıldığı için tekrardan peyzaj sulamasında kullanılabilecek böylelikle su tasarrufu da yapılabilecektir.

## 2. Problem/Sorun:

İnsan popülasyonunun hızla artış göstermesi nedeniyle oluşabilecek enerji kıtlığı, kullanılan enerji kaynaklarının çeşitlendirilmesini zorunlu kılmıştır (Estrada-Arriaga ve ark. 2021; Tao ve ark. 2020; Zhang ve ark. 2015). Günümüzde artan sera gazları emisyonları ve enerji maliyetleri temiz enerji üretimi yapabilen kaynakları ön plana çıkarmış ve yenilikçi teknolojiler ihtiyaç haline gelmiştir (Wang ve ark. 2019; Zhang ve ark. 2021). Bu kapsamda, insanların habitatlarında ya da yaşam ürünlerini ürettikleri sanayi alanlarında ortaya çıkan organik atıkların sadece bir kalıntıdan ibaret değil, temiz enerji üretimi yapılabilecek bir hammadde olabileceği fikri birçok akademisyen ve girişimcinin ilgisini çekmiştir (Antolini, 2019; Min ve ark. 2005; Mukherjee ve ark. 2022; Oh ve Logan, 2007). Bununla birlikte çevre kirliliği yaratma potansiyeli olan atıkların doğadaki miktarları gün geçtikçe artmakta ve bunların bertaraf giderleri sürekli yükselmektedir. Örneğin 1 ton atık suyun arıtma tesislerinde temizlenmesi için yüksek kimyasal kullanımının yanında 0,5 kwh elektrik enerjisi gerekmektedir. Bu enerjinin neredeyse tamamı fosil yakıt kaynaklarından karşılandığı için artan enerji maliyetleri direkt olarak hem atık bertaraf maliyetlerinin hem de aydınlatma maliyetlerinin yükselmesine neden olmaktadır. Ayrıca artan maliyetler enerji gereksinimi açısından dışarıya bağımlı olan ülkemizde bir baskı unsuru oluşturabilmektedir. Bu kapsamda 2015 yılında ülkemizde 1 kwh elektrik 38,9 kr. iken 2022 yılında 2,06 TL'ye yükselmiştir. Buna göre atık bertaraf maliyetleri ve aydınlatma giderleri de aynı oranda artış göstermiş ve bu artış süreklilik arz etmektedir. Aynı şekilde günümüzde enerji üretiminde fosil yakıt olarak tabir edilen yenilemeyen enerji kaynaklarına bağımlılık üst düzeyde olup bağımlılık yüksek enerji talebi nedeniyle sürekli artış göstermektedir. Bu durum sayesinde atmosfere salınan sera gazlarının miktarları da yıllar geçtikçe yükselmektedir. Örneğin, 2015 yılında atmosferdeki CO<sub>2</sub> seviyesi 400 ppm iken, 2022 yılında bu oran 419 ppm'e yükselmiştir. Eğer enerji üretim kaynakları çeşitlendirilmez ve temiz enerji üretimi arttırılmaz ise sera gazlarının miktarlarının daha da yükseleceği ve küresel ısınmanın olumsuz etkilerinin artacağı ön görülmektedir. Su kaynakları üzerindeki kirlilik baskısı ve yakın gelecekte görülmesi muhtemel kuraklık nedeniyle su ve atık su bedellerinde artış meydana gelmektedir. Bu kapsamda 2015 yılında 1 m<sup>3</sup> su fiyatı 1,66 TL iken 2022 yılında 4,89 TL'ye yükselmiştir. Bu nedenle temelde su kaynaklarının kirlenmesini yerinde önlenmesi ya da arıtılan suyun tekrar kullanımı gerekmektedir.

## 3. Çözüm

Geliştirdiğimiz ECOWATT teknolojisi ile çeşitli ortamda ortaya çıkan sıvı organik atıkları (Ör: Bitkisel atık yağ, gri su veya kanalizasyon suyu vb.) elektrik üreten bakteriler ile oluşturdukları ortamda (yerinde) biyoelektriğe çevirerek çevreye katılmadan kontrolü sağlanmaktadır. Böylece atıkların bertaraf giderlerinin azaltılmasından, üretilen biyoelektrik ile aydınlatma giderlerinin düşürülmesine, fosil yakıtlara bağımlılığın azaltılmasından, kalitesi arttırılan suların tekrar kullanımının sağlanması gibi pozitif çıktılar elde edilebilmektedir. Peki, ECOWATT teknolojisi yukarıda bahsedilen problemleri nasıl çözebilir? Örneğin evimizde ortaya çıkan 1 litre atık yağ içeren sıvı organik atığın kısa yaşam döngüsüne bir bakalım (Şekil 1). Bu atık lavaboya dökülüp, çevreye yayıldığında 1000 ton temiz suyu kirletebilme kapasitesindedir. Kirletilmiş bu suyun temizlenebilmesi için 500 kwh elektrik tüketilmekte ve 450 TL'lik atık bertaraf gideri oluşmaktadır. Tüketilen enerjiyle birlikte 480 kg karbondioksit atmosfere salınmaktadır.



**Şekil 1:** Lavaboya dökülen sıvı organik atıkların (Bitkisel atık yağ) yaşam döngüsü

Bu tip problemlerin çözümü için geliştirilen Mini Modüllerde bitkisel atık yağlar sürdürülebilir enerji kaynağı olarak değerlendirildiği için atıklar çevreye katılmadan yerinde kontrol altına alınabilmektedir (Şekil 2). Bu sayede bir hücreli bir mini modül kullanıcısı yılda 3,6 L sıvı organik atığı 1,2 wath güce çevirerek 2520 ton temiz suyun kirlenmesini önleyebilmektedir. Atıklar yerinde değerlendirildiğinden 1134 kwh enerji ve 453,6 TL tasarruf sağlanmakta ve 534 kg karbondioksitin atmosfere salınması engellenmektedir. Ayrıca kişisel karbon ayak izi % 15 oranında azaltabileceklerdir.



**Şekil 2:** Ev ve ofislerde test edilen mini modül hücreleri.

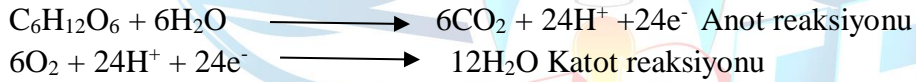
Teknoloji doğrulamasını başarı ile tamamladığımız mega modül hücrelerinin manzarayla uyumlu bir şekilde peyzaj projelerinde uygulanması ile aydınlatma giderlerinin azaltılacağı öngörülmektedir. Bu kapsamda, peyzaj alanların içerisine konumlandırılacak mega modül hücreleri ile atık suların biyoelektrik üretimi yapılabilecek ve bu sayede peyzaj alanlarının aydınlatılması için hücrelerden üretilen temiz enerji kullanılabilir (Şekil 3). Böylece kullanıcılar fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltarak karbon ayak izlerini düşürmeyi sağlayabileceklerdir. Ayrıca atık su içerisindeki organik maddeler elektrokimyasal aktiviteye sahip bakterilerin katalitik reaksiyonu ile kimyasal enerjiye çevrildiğinden atık suların kalitesinin artırılması söz konusudur. Bu sayede kullanıcılar arındırılan suyu tekrar sulama suyu olarak kullanabileceği için su tasarrufu da sağlayabilmektedir. Bir konut peyzajı içerisinde kanalizasyon sularından siyah su hasadı yapılarak biyoelektrik üretimi ve sulama suyu kazanımı için kurulacak 100 metre karelik bir Mega Modül 'ün kullanım senaryosuna bir bakalım; Yılda 365 ton atık su yerinde hasat edilip değerlendirilerek 182,5 kwh enerji üretilmekte ve 273 ton su tasarrufu sağlanabilmektedir. Ayrıca atık su arıtma tesislerine gönderilmediği için yaklaşık 168 TL'lik ek bir tasarruf sağlanmaktadır. Herhangi bir fosil yakıt kullanımı da söz konusu olmadığı için yerinde 78,475 kg karbondioksitin atmosfere salınımı engellenmektedir. Sonuç olarak 100 metre kare mega modül sisteminde toplamda bir yılda 2310 TL aydınlatma ve sulama suyu maliyet tasarrufu sağlanmakta ve 156 kg karbondioksit salınımı engellenebilecektir.



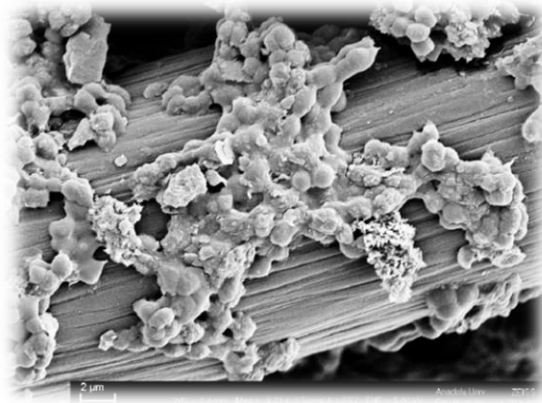
**Şekil 3:** Peyzaj alanlarında biyoelektrik üretimi yapabilen mega modül sistemleri ve hücrelerde yakıt kaynağı olarak kullanılan siyah suyun (sentetik kanalizasyon suyu) giriş ve çıkış görselleri.

#### 4. Yöntem

Sıvı organik atıkların arındırılarak, kalitesinin artırılması ve bu süreçte ikincil bir kazanım olarak temiz enerji üretimi ile ilgili etkili sürdürülebilir teknikler sunan "Biyo-elektrojenik Arındırma metodu" son yıllarda geliştirilen yenilikçi eko-teknolojik stratejilerin başında gelmektedir (Li ve ark. 2014; Türker ve Yakar, 2017). Kısaca bu metot, doğal sulak alanlarda cereyan eden biyokimyasal döngülerin mimikri edilerek atıkların, basit, maliyetsiz ve herhangi bir ikincil atık meydana getirmeden verimli bir şekilde değerlendirilmesi ve elektrojenik bakteriler üzerinden temiz enerji üretme fikri üzerine temellenmiştir. ECOWATT teknolojisinin temelini oluşturan bu metodunun bilimsel geçerliliğini gösteren reaksiyonlar ise şu şekildedir:

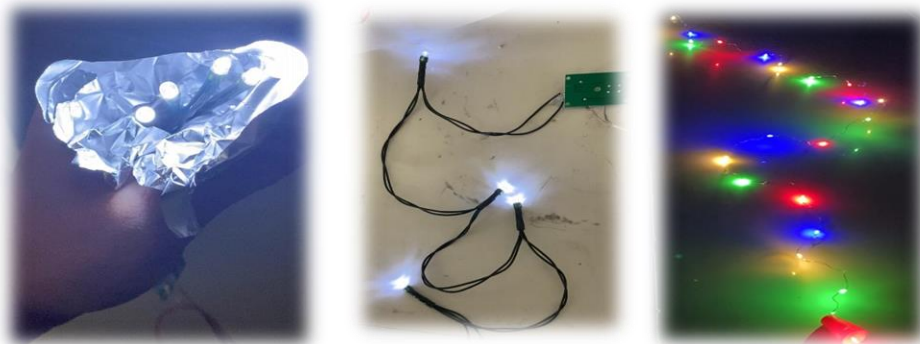


Biyoelektrojenik arıtma metodunun bileşenlerine baktığımızda, modüllerin ilk bileşeni biyoloji tabanlı olup elektrojenik bakterilerin doğal olarak yaşadığı bir sulak alan habitatı taklit edilen, bitkili mikrobiyal yakıt hücresinden (B-MYH) oluşacaktır. Bir B-MYH'nin tabanına içerisinde elektrojenik bakterilerin kolay bir şekilde yaşaması ve organik atıkların arındırılması esnasında ortaya çıkan elektronların toplanması için karbon bazlı bir anot konulacaktır. B-MYH içerisine dolgu malzemesi yerleşimi yapıldıktan sonra yine karbon bazlı bir katot seçilecek ve atmosferdeki oksijenin katalizör olarak kullanılması amacıyla mikrokozmun en üst noktasına konumlandırılacaktır. Anot ve katodun arasında üretilen akımın toplanabilmesi için titanyum kablo kullanılacaktır. Filtrasyon malzemesi olarak bentonit ve zeolit seçilecek olup elektrojenik bakterinin çoğaltılması için, kanalizasyon ve sulak alan habitatından alınan aktif çamur ve sulak alan örnekler sodyum asetat çözeltisi ile zenginleştirilip bir bakteriyel kültür yaratılacaktır. Teknoloji doğrulama çalışmalarında yapılan testlerde modüllere verilen sıvı organik atıkların elektrojenik bakteriler ile biyoelektriğe dönüştürüldüğünün kanıtlanması açısından kullanılan anot yüzeylerinde bakteri popülasyonunun varlığının tespiti için elektron mikroskobu görüntüleri ve metagenomik analizler gerçekleştirilmiştir (Şekil 4). Ayrıca kalitesi artırılan su laboratuvar ortamında yetiştirilen fesleğenlerin sulanması için kullanılmış ve böylece % 75 su tasarrufu sağlanmıştır. Ön çalışmalarda elde edilen veriler ışığında uygulanan giriş suyunda % 86 KOİ giderimi, % 91 amonyum giderimi, % 62 nitrat giderimi, % 71 nitrit giderimi ve % 73 fosfor giderimi gerçekleştirilmiştir.



**Şekil 4:** Anot yüzeyindeki elektrojenik bakteri biyofilmin elektron mikroskobu görüntüleri

Metagenomik analiz sonucunda, kullandığımız bakteri kültürünün % 52 gibi büyük bir kısmının sulak alanlarda bulunan elektrojenik bakterilerin bulunduğu Proteobacteria şubesinden oluştuğu kanıtlanmıştır. Ayrıca yine kültürümüzde elektrojenik bakterilerin bulunduğu diğer bir şube olan Firmicutes'lerinde % 11 oranında olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre elektrojenik bakterilerin bulunduğu şubelerin toplam kültürün % 63'ünü oluşturduğu belirlenmiştir. Bu kadar yüksek bir yoğunluğa sahip kültürün modül bünyesinde kullanılması durumunda yüksek biyoelektrik üretileceği aşikârdır. Bununla birlikte zenginleştirilmiş bakteri kültürünün tür bazındaki dağılımına baktığımızda kullandığımız besin çözeltisi ve zenginleştirme teknikleri sayesinde birçok elektrojenik bakterinin kültür içerisinde bulunduğu teyit edilmiştir. Bunlardan en fazla bulunanı bir Gammaproteobacter olan *Pseudomonas guangdongensis*'dir. Bu bakteri türü kültürümüzde % 10 oranında bulunmakta olup elektro aktif biyofilm oluşturma yeteneğine sahiptir (Yang et al. 2013). Bu bakteri türünün yüksek oranda kültürümüzde bulunması alınan yüksek biyoelektrik kanıtlar niteliktedir. Ayrıca kültürümüzde bulunan birçok bakteri türü direkt olarak elektron transferi yapabildiği için biyoelektrik üretimine katkı yapmaktadır. Elektron transferi yapan bakteri türlerinden bazı şunlardır: *Magnetospirillum bellicus* (Li ve ark. 2013), *Azovibrio restrictus* (Suwanvitaya ve Boochoa, 2021), *Clostridium pascui* (Topçu ve Taşkan, 2020), *Levilinea saccharolytica* (Yamada ve ark. 2006), *Seleniivibrio woodruffii* (Lin ve ark. 2019), *Geovibrio ferrireducens* (Katuri ve ark. 2012). Ayrıca modüllerin prototiplerinden üretilen biyoelektrik düzeyleri, aydınlatma süreleri ve atık arındırma verimleri kaydedilmiştir. Bu kapsamda mini modül hücrelerinde haftada 110-140 ml sıvı organik atık değerlendirilerek 25-72 dk arasında 1 metrelik LED aydınlatılması yapılmıştır. Bununla birlikte laboratuvarında kurulan 1 metre kare mega modül sisteminde günde 20 litre atık su hasadı yapılmış ve 24 saat biyoelektrik üretimi ile metrekarede 38 dk peyzaj aydınlatması için gereken biyoelektrik üretimi sağlanmıştır (Şekil 5).



**Şekil 5:** Laboratuvarında sıvı organik atıklardan üretilen biyoelektrik

## 5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü

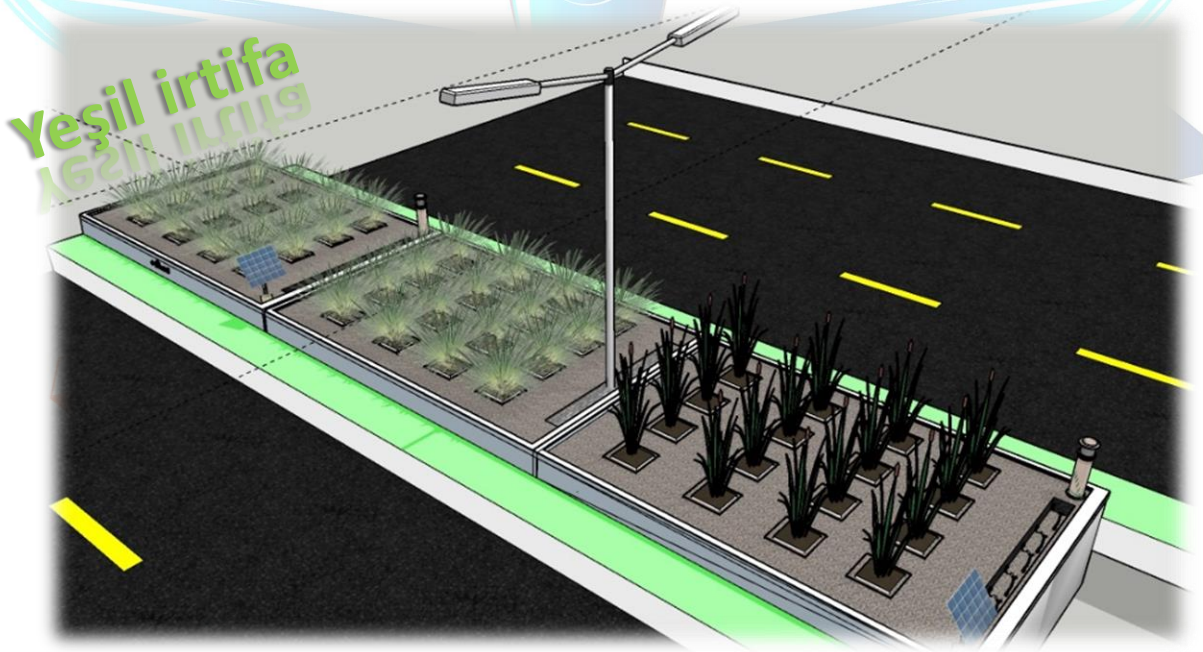
Yakın gelecekte oluşabilecek enerji ve su sıkıntısını gidermek için kullanılması öngörülen biyo-elektrojenik arıtma metodunun entegre edildiği modüller ile atık sular oluştukları yerde hem kontrol altına alınarak biyoelektrik üretimi için kullanılacak hem de kalitesi arttırılan atık sular tekrardan sulama ya da kullanım suyu olarak değerlendirilebilecektir. Her ne kadar diğer yeşil enerji üretiminin yapılabildiği rüzgar ve güneş enerjisi ya da bunların hibritleri insanların temiz enerji ihtiyacını karşılasa da, bu tür enerjileri toplamak için üretilen ekipmanlarda fabrikasyona dayandığı için üretilmesi esnasında da karbon salınımına neden olmakta ve çevreyi kirletme potansiyelleri bulunmaktadır (2021, Çevre ve Enerji Teknolojileri Yarışması, ESTÜ-Greencycle). Bu kapsamda, mini ve mega modülleri, her hangi bir ikincil atık ya da bir görüntü parazitliği yaratmadan manzarayla uyumlu bir şekilde peyzaj sistemlerine de entegre edilerek konut ya da müstakil evlerde ortaya çıkabilecek gri suların ya da kanalizasyon sularının biyo-elektrojenik arıtmada kaynak olarak kullanılmasıyla temiz enerji üretimi gerçekleştirilebilecektir. Böylece, insanlara sıvı organik atıkların arındırılabilceğini/değerlendirilebileceğini ve bunlardan temiz enerji üretilbileceğini gösteren etkili, ucuz ve sürdürülebilir yenilikçi bir metot sunulacaktır. Bu projede, çeşitli ortamlarda ortaya çıkan sıvı organik atıkların çevre dostu, yenilikçi ve ikincil bir atık üretmeden biyo-elektrojenik arıdırma yöntemi ile temiz enerjiye dönüştürülmesi amaçlanmaktadır. Kullanıcıların kendi yeni nesil atık yönetim stratejisini oluşturabilmelerine imkân veren bu modülde, sıvı organik atıkların atık olarak değil, geri dönüştürülebilir ve enerji üretilen kaynak olarak benimsenmelerine böylece fosil yakıtlara olan bağımlılığın azalmasına katkıda bulunacaktır. Atıktan yerinde temiz enerji üreten modüller hem ülkemiz hem de dünya için yeni bir ürün kategorisine gireceği düşünülmektedir. Bu kapsamda ülkemizde herhangi bir olası rakip bulunmasa da, dünya genelinde ise birkaç potansiyel rakibi de bulunmaktadır.

- 1) Plant-e (Hollanda): Bitkilerden salgılanan organik atıklardan biyoelektrik üretmeyi amaçlayan bu şirket, kurdukları bitkili mikrobiyal yakıt hücresi (B-MYH) sistemleriyle temiz enerji üretmektedirler. Ancak, şirketin ürettiği ürünlerde herhangi bir atık arındırılmadığı/değerlendirilmediği için geliştirdiğimiz modüller Plant-e şirketinin ürünlerine göre bariz üstün olacağı aşikârdır.
- 2) Mudwatt (Amerika Birleşik Devletleri): Bataklık ya da sulak alan tabir edilen alanlardan toplanan sedimentten, mikrobiyal yakıt hücresi (MYH) sistemleriyle biyoelektrik üretmeyi amaçlamaktadır. S-MYH'den elde edilen biyoelektrik bir Güç yönetim sistemi ile LED lambaların fasıllı olarak yanmasını sağlamaktadır. Ancak ürünlerinde herhangi bir atık arındırılması ya da değerlendirilmesi yapmadıkları için sediment içerisindeki organik maddenin bitmesiyle birlikte üretilen biyoelektrikte düşmekte ve sürdürülebilirliği sağlanamamaktadır.
- 3) JSP-Enviro (Hindistan): MYH sistemleri kullanarak elektrojenik arıtmayı hedefleyen bu şirket, çeşitli endüstriyel atık sular için projeler geliştirmektedir. Ancak pahalı membranlar kullandığı için ürünlerin pratik uygulamalarını sınırlamaktadır. Bu yönüyle geliştirilen modüller şirketin ürünlerinden çok daha avantajlı olacağı aşikârdır.

## 6. Uygulanabilirlik

Daha önceki ARGE çalışmalarımızda ve projelerimizde doğrulamasını gerçekleştirmiş teknolojisimizi TEKNOFEST sayesinde hem uygulamaya geçirmeyi hem de görünürlüğünü ve

tanınırlığını arttırmayı amaçlamaktayız. Bu kapsamda geliştirdiğimiz teknolojinin peyzaj uygulamalarında sıklıkla kullanılacağını ve özellikle yeşil teknolojiler ile enerji üretme projelerinde yer alacağını ön görmekteyiz. ECOWATT teknolojisi manzarayla uyumlu bir şekilde inşa edileceği için artık bir sitenin peyzaj alanı bir atık değerlendirme ve aydınlatma için biyoelektrik üretme alanı olarak kullanılabilir. Hatta bu alanda gri ve siyah su hasadı ile birlikte suların kalitesi artırıldığı için suların yeniden kullanımı da sağlanabilecektir. TEKNOFEST esnasında görünürlüğü ve bilinirliği arttıktan sonra ECOWATT teknolojisinin entegre edildiği mini ve mega modülleri için demo talepleri alınarak modüller yatırımcıların, uzmanların ve akademisyenlerin görüşüne sunulacaktır. Demo kullanıcılarından gelecek dönütlere göre gerekli düzeltmeler yapılarak ürünlerin satışına başlanacaktır. Teknolojimizin uygulanması için mevcut en önemli risk, ürünlerimizin Türkiye hatta dünya pazarı için yeni bir ürün olmasıdır. Bu nedenle kullanıcılar ürünlerimizin kullanımı konusunda tereddütte düşebilirler. Ancak bu konudaki tereddüdü demoların kullanımıyla aşacağımızı düşünmekteyiz. Son olarak bizim gelecekteki en büyük hayalimiz bir gün şehirlerde ortaya çıkan tüm sıvı organik atıkları ECOWATT teknolojisiyle temiz enerjiye dönüştürerek, şehirlerin fosil yakıtlara ihtiyaç duymadan kendi kendini aydınlatmasını sağlamaktır. Böylece dekarbonisasyon miktarını arttırarak, gelecek nesillerin daha az kirlenmiş daha temiz bir dünyada yaşamasını amaçlamaktayız. Biz ECOWATT ailesi olarak buna “Yeşil İrtifa” adını verdik (Şekil 6). Umarız sizin desteklerinizle bu irtifaya yükseliriz.



**Şekil 6:** Mega Modüllerin gelecekte orta refüjlere yerleştirilerek kanalizasyon sularının yakıt olarak değerlendirilmesi ile çevre aydınlatmasında kullanımı (Yeşil irtifa mottosu ile birlikte).

## 7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması

Prototip üretilecek ürünlerimizin parçaları ağırlıklı olarak Türkiye’de yerleşik faaliyet gösteren firmalardan tedarik edilecek olup, uygun fiyat ve kalite kriterleri referans alınacaktır. Tüm bu kapsamlarda değerlendirildiğinde bir metrekarelik alanda 24 adet hücreden oluşacak modül için tahmini maliyet Tablo 1’de hesaplanmıştır.



**Tablo 1.** Tahmini Maliyet Analizi

Kullanım Gerekçesi	Malzeme	Tahmini Fiyat
Modüllerin Ana Ortam Kurulum Malzemesi	Te Boru (24 Adet)	2100 TL
Modüllerin Ortam Bileşenleri	Redüksiyon (48 Adet)	750 TL
	Kör Tapa (24 Adet)	300 TL
	Dirsek (12 Adet)	250 TL
	Vana (4 Adet)	700 TL
	PVC Boru (3 metre)	600 TL
	Yapıştırıcı (1 Adet)	450 TL
Elektrot Malzemeler	Karbon bazlı elektrotlar (72 Adet)	2500 TL
Dolgu Malzemesi	Zeolit (25 kg)	350 TL
	Bentonit (10 kg)	100 TL
Elektronik Devre Ekipmanları	Pil, kondansatör, krokodil, jumper kablo, 2'li konnektör, makaron kablo, titanyum kablo	2750 TL
Diğer ekipmanlar	Çelik tel, bitki, broşür, poster	1150 TL
	<b>Toplam</b>	<b>12000 TL</b>

Tek bir modül için hesaplanmış maliyet toptan alımlarla düşürülebileceği, malzeme tedariki yapacağımız karşılıklı ilişkilerle azaltılabileceği ve böylece uygun fiyatlara modüllerin kurulabileceği düşünülmektedir. Bu kapsamdan değerlendirildiğinde proje için gereken harcamalar malzeme tedariki sırasında gerçekleştirilecektir.

**Tablo 2.** İş Zaman Planlaması

İş Paketi No	İş Paketlerinin Adı ve Hedefleri	1. Hafta	2. Hafta	3. Hafta	4. Hafta	5. Hafta	6. Hafta	7. Hafta	8. Hafta	9. Hafta	10. Hafta
1	Malzeme temini	X	X	X	X						
2	Modüllerin kurulması			X	X						
3	Biyo-elektrojenik arıtma metodun entegrasyonu				X	X	X				
4	Testlerinin başlaması, biyoelektriğin elektronik devre yardımıyla toplanması, depolanması ve aydınlatmada kullanımı							X	X	X	X

### 8. Proje Fikrinin Hedef Kitle (Kullanıcılar):

Konut peyzaj alanlarını yapan firmalar, belediyeler ve otellerin mega modüllerin ilk kullanıcıları olacağı düşünülmektedir. Ayrıca, yeniliğe açık, çevre hassasiyeti olan ve karbon ayak izini düşürmek isteyen bireysel tüketicilerinde mini modüllerin kullanıcısı olacağı ön görülmektedir. Bu müşteri gruplarına baktığımızda biyolojik peyzaj yapan firmalar yenilikçi uygulamalarla peyzaj alanlarına değer katmak aynı zamanda aydınlatma maliyetlerini azaltmak isterken,

belediyeler ve oteller ise ekolojik peyzaj metotları ile kent sakinlerine ve misafirlere daha kaliteli bir yaşam ortamı sunmak istemektedirler. Bireysel kullanıcılar ise çevre dostu uygulamalarla ile karbon ayak izlerini azaltarak çevreye verdikleri zararı azaltmayı hedeflemektedirler. Bu kapsamda Tipik bir modül kullanıcılarına baktığımızda ise enerjisini sıvı organik atıklardan üreterek ekonomik olarak değer kazanan, fosil yakıtlara olan bağımlılığı azaltan, aynı zamanda atıkların yayılımını engelleyerek çevreye vereceği zararı engelleyen ve düşük karbon salınımına hassasiyet gösteren bir profil ortaya çıkmaktadır. EnerjiSA ile yaptığımız dikey mentorluk görüşmesinde modüllerin özellikleri beyaz yakalılarla oldukça dikkatini çekmiştir. Biyolojik gölet ve biyolojik peyzaj uygulamaları (dikey bahçe ve yeşil çatı) yapan BioArt, Başkent Şelale ve Cem Botanik firmaları ile yaptığımız müşteri doğrulama görüşmelerinde, mega modüllerin bu tür uygulamalar için hem estetik hem de ekonomik bir değer kazandıracığı teyit edilmiştir. Ayrıca Çankaya Belediyesi park ve bahçelerden sorumlu yetkilileriyle yapılan görüşmelerde modüllerin park ve bahçelerin bir kısmının aydınlatılmasında kullanılabilceği ve ayrıca modüllerin yakıt kaynağı için parklardaki zamanla yosun tutan süs havuzlarındaki suyun seçilebileceği belirtilmiştir.

## 9. Riskler

İP No	En Önemli Riskler	Risk Yönetimi (B Planı)
1	Mali riskler; proje maliyetinin planlama aşamasındaki ön görülen maliyetin üzerine çıkması (Döviz dalgalanması vs. )	Varsa ulusal alternatif marka ve kurumların bulunması
3	Elektrojenik bakteri inokülasyonun tam olarak gerçekleşmemesi	Kültür periyodu sırasında, modül içerisinde biyoelektrik üretecek yeterli organik madde bulunmaması durumunda, çalışmaya başlamadan önce kültür periyodu içerisinde bakteri inokülasyonunun sağlanması için daha fazla kültür beslemesi yapılacaktır.
4	Mega Modüller içinde çıkış su örneklerindeki su kalite parametre miktarlarında azalma eğiliminde olmaması ya da eğiliminin farklı organik madde konsantrasyonları içinde çeşitlilik göstermemesi	Öngörülen deneyde kullanılacak atıksular ile tüm olası senaryolar düşünülüp, bu ve benzeri atıksular ile yapılan bütün çalışmalar titizlikle araştırılmasından dolayı iş paketinin riski en aza indirgenmeye çalışılacaktır. Ancak her türlü olası durumda yine ortaya bu tür bir risk çıkarsa da yani çıkış su örneklerindeki su kalite parametrelerinin azalma eğiliminde olmaması veya farklı konsantrasyonlar için çeşitlilik göstermemesi de önemli bir sonuç olacaktır.
4	Modüllerde atık suların enerji kaynağı olarak değerlendirilmesiyle üretilen biyoelektriğin kullanılabilir/uygulanabilir hale getiren güç yönetim sistemini oluşturan materyallerin çalışmaması veya uygun olmaması	Bu paketeki riskin ortadan kaldırılması için güç yönetim sistemi kullanılmış bütün literatür araştırılmış olup, olası bir durum için farklı tipte çözümler alınmıştır. Bu kapsamda güç yönetim sisteminin temelini oluşturan kapasitörler (süperkapasitör) farklı farad büyüklüğü ve farklı voltaj kapasitelerine uygun olarak seçilecek olup, çalışmanın tamamlanması sağlanacaktır. Diğer bir yöntem olarak da düşük güç ile çalışan farklı elektronik devreler kullanılacaktır.

Olasılık	Yüksek	Modüllerin kurulması sırasındaki teknik arızalar	Döviz kuruna göre maliyetlerin artması	Döviz kuruna bağlı olarak malzeme fiyatlarının artması	
	Orta	Aritılan suyun tekrar kullanılamaması	Bakteri inokülasyonunun gerçekleşmemesi	Yeterli müşteri talebine ulaşılması	
	Düşük	Elektronik devre entegrasyonunun gerçekleşmemesi	Üretim hacminin artmaması	Kurulum malzemelerinin geç tedariki	
		Düşük	Orta	Yüksek	Etki

Şekil 7. Olasılık ve Etki Matrisi

## 10. Kaynakça ve Rapor Düzeni

- Antolini, E., 2019. Photoelectrocatalytic fuel cells and photoelectrode microbial fuel cells for wastewater treatment and power generation. *J. Environ. Chem. Eng.* 7 (4), 103241.
- Estrada-Arriaga, E.B., Guadarrama-Perez, O., Silva-Martinez, S., Cuevas-Arteaga, C., Guadarrama-Perez, V.H., 2021. Oxygen reduction reaction (ORR) electrocatalysts in constructed wetland-microbial fuel cells: Effect of different carbon-based catalyst biocathode during bioelectricity production. *Electrochim. Acta* 370, 137745
- ESTÜ-Greencycle, 2021. Elektro-Sulak Alan Model Tasarımı ile Atık Sulardan Seraların Yenilenebilir Enerji ve Temiz Su İhtiyaçlarının Karşlanması.
- Katuri K.P., Enright, A.M., O'Flaherty, V., Leech, D., 2012. Microbial analysis of anodic biofilm in a microbial fuel cell using slaughterhouse wastewater. *Bioelectrochemistry*, 87, 164-171.
- Li, Y., Bali, S., Borg, S., Katzmann, E., Ferguson, S.J., and Schüller, D. (2013) Cytochrome cd1 nitrite reductase NirS involved in anaerobic magnetite biomineralization in *Magnetospirillum gryphiswaldense* and requires NirN for proper d1 heme assembly. *J Bacteriol* 195: 4297–4309.
- Li, W.W., Yu, H.Q., He, Z., 2014. Towards sustainable wastewater treatment by using microbial fuel cells-centered technologies”, *Energy Environ. Sci.* 7, 911-924.
- Lin, X.Q., Li, Z.L., Liang, B., Nan, J., Wang, A.J., Identification of biofilm formation and exoelectrogenic population structure and function with graphene/polyaniline modified anode in microbial fuel cell. *Chemosphere*, 219, 358-364.
- Min, B., Kim, J.R., Oh, S.E., Regan, J.M., Logan, B.E., 2005. Electricity generation from swine wastewater using microbial fuel cells. *WATER Res.* 39, 4961–4968.
- Mukherjee, A., Patel, V., Shah, M.T., Jadhav, D.A., Munshi, N.S., Chendake, A.D., Pant, D., 2022. Effective power management system in stacked microbial fuel cells for onsite applications. *J. Power Sources* 517, 230684.
- Oh, S.-E., Logan, B.E., 2007. Voltage reversal during microbial fuel cell stack operation. *J. Power*

Sources 167, 11–17.

- Suwanvitaya, P., Boochoa, S., 2021. Performance of Dairy Wastewater Intrinsic Bacteria in Microbial Fuel Cell. *Thai Environmental Engineering Journal*, 35 (1), 43-52.
- Tao, M., Guan, L., Jing, Z., Tao, Z., Wang, Yue, Luo, H., Wang, Yin, 2020. Enhanced denitrification and power generation of municipal wastewater treatment plants (WWTPs) effluents with biomass in microbial fuel cell coupled with constructed wetland. *Sci. Total Environ.* 709, 136159.
- Topçu, Ş., Taşkan, E., 2021. Effect of the tetracycline antibiotics on performance and microbial community of microbial fuel cell. *Bioprocess and Biosystems Engineering*, 44, 595–605.
- Türker, O.C., Yakar, A., 2017. A hybrid constructed wetland combined with microbial fuel cell for boron (B) removal and bioelectric production. *Ecol. Eng.* 102, 411-421.
- Wang, X., Tian, Y., Liu, H., Zhao, X., Peng, S., 2019. The influence of incorporating microbial fuel cells on greenhouse gas emissions from constructed wetlands. *Sci. Total Environ.* 656, 270–279.
- Yamada, T., Sekiguchi, Y. S., Imachi, H., Ohashi, A., Harada, H., and Kamagata, Y. (2006). *Anaerolinea thermolimos* sp. nov., *Levilinea saccharolytica* gen. nov., sp. nov. and *Leptolinea tardivitalis* gen. nov., sp. nov., novel filamentous anaerobes, and description of the new classes *Anaerolineae* classis nov. and *Caldilineae* classis nov. in the bacterial phylum Chloroflex. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 56, 1331–1340.
- Yang, G., Han, L., Wen, J., Zhou, S., 2013. *Pseudomonas guangdongensis* sp. nov., isolated from an electroactive biofilm, and emended description of the genus *Pseudomonas* Migula 1894. *Int. J. Syst. Evol. Microbiol.* 63, 4599–4605.
- Zhang, K., Wu, X., Wang, W., Chen, Jia, Chen, Jian, Luo, H., 2021. Roles of external circuit and rhizosphere location in CH<sub>4</sub> emission control in sequencing batch flow constructed wetland-microbial fuel cell. *J. Environ. Chem. Eng.* 9 (6), 106583
- Zhang, X., Cao, J., Li, J., Deng, S., Zhang, Y., Wu, J., 2015. Influence of sewage treatment on China's energy consumption and economy and its performances. *Renew. & Sustain. Energy Rev.* 49, 1009–1018.

## GÖRSELLER

**ECOWATT**  
EKOLOJİK PEYZAJ VE TEMİZ ENERJİ SİSTEMLERİ

*Yeşil İrtifa...  
Mini Modül*



Haftada 110 ml sıvı organik atığı değerlendirilen

Günde ortalama 25-72 dk arasında

Manzara ile uyumlu



## Mega Modül



24 saat biyoelektrik üretimi

Metre karede 38 dk aydınlatma

%70 su tasarrufu olanağı

Manzara ile uyumlu

