

TEKNOFEST

HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

ÇEVRE VE ENERJİ TEKNOLOJİLERİ YARIŞMASI PROJE DETAY RAPORU

PROJE ADI: Karışık Mikroalg Kültürü ile Atıksu Arıtımı ve Elde Edilen Biyokütlenin Yem ve Biyoyakıt Olarak Kullanılma Potansiyelinin Belirlenmesi

TAKIM ADI: İSTE-ENVERÇEV

TAKIM ID: T3-17370-162

TAKIM SEVİYESİ: Üniversite-Mezun

DANIŞMAN ADI: Öğr. Gör. Dr. Alper SOLMAZ

İçindekiler

1. Proje Özeti (Proje Tanımı)

Atıksuların arıtımı ülkemizde ve tüm dünyada temel olarak aktif çamur ile yapılmakta fakat oluşan fazla aktif çamurun bertaraf edilmesi gerekmektedir. Çamur bertaraf maliyeti oldukça yüksek olduğu için belediyeler ve kurumlar bu tesisleri kurmak ve işletmekte zorlanmaktadır. Sürdürülebilir kalkınma için düşük çamur üreten ve işletme maliyeti az olan yeni arıtım teknolojiler hızla çoğalsa bile bunlar içerisinde katma değeri yüksek olan teknolojiler rağbet görmektedir. Bunlardan en dikkat çeken mikroyalgıler ile yapılan arıtım teknolojileridir. Mikroalgıal arıtımda atıksu bünyesindeki kirleticiler mikroyalgılerin ana besin kaynağını oluşturur ve sonuçta atıksuların arıtımı yapılmış olur. Bunun yanında oluşan mikroyalgıal biyokütle tarımda, hayvancılıkta, kimya sanayinde ve pek çok endüstride ham madde olarak kullanılabilir. Ayrıca mikroyalgıal biyokütle bünyesinde yeteri kadar lipid içerdiği için ciddi bir biyoyakıt olma potansiyelindedir. Dahası mikroyalgıler, arıtım sırasında CO₂'yi kullandığı için geniş ölçekte küresel ısınmayı önleme potansiyeline de sahiptir. Mikroalgıal biyokütle Açık Havuzlar (Open Ponds) (AH) ve Kapalı Sistemlerde (Fotobiyoreaktör) kültüre edilebilmektedir. Birbirlerine göre avantaj ve dezavantajlarını olduğu bu sistemlerin ortak dezavantajı reaktörlerdeki biyokütlenin derişiminin ciddi yükselememesi ve mikroyalgılerin çökeltme verimlerinin düşük olmalarıdır. Fotobiyoreaktörlerde bu sorunların giderilebilmesi için membranlar kullanılmaya başlamış fakat AH'larda karışık kültür ile membran kullanımı literatürde oldukça kısıtlı sayıdadır. Dolayısıyla projemiz atıksuları karışık mikroyalgıler yardımıyla AH'da membran kullanarak arıtmaktır. Bu işlem iki safhada gerçekleşecektir. İlk safhada laboratuvar ölçekli (prototip) bir reaktör kurulacaktır. Bu aşamada İskenderun Belediyesi Atıksu Arıtma Tesisi (İBAAT) ön çökeltim çıkış sularının en yüksek verimde giderildiği Çamur Yaşı (ÇY) Hidrolik Bekletme Süresinin (HBS) optimizasyonu yapılacaktır. İkinci safhada ise pilot ölçekli bir sistem İBAAT içerisine kurulacak ve laboratuvar ölçekteki optimum şartlarda işletilecektir. Her iki aşamada elde edilen mikroyalgıal biyokütlenin hayvancılıkta yem ve biyoyakıt olma potansiyeli değerlendirilecektir. Tüm bu işlemler sonucunda sürdürülebilir bir arıtma stratejisi belirlenmiş olacak ve ülkemizdeki belediyelerin arıtma tesislerinin yapımında bu metodun kullanılma potansiyeli ortaya konmuş olacaktır. Ayrıca mevcut tesislerin kapasite artırımında da bu metod değerlendirilebileceklerdir.

2. Problem/Sorun:

Literatürde ham yada arıtılmış atıksudaki temel kirletici parametrelerinden olan Toplam Azot (TN) ve Toplam Fosfor (TP) derişimleri incelenerek 3 bölgeye ayrılmıştır [1]. 1. Bölge atıksuların arıtılmış halini (TN~8-50 mg/L, TP~0,1-5 mg/L), 2. bölge arıtılmamış evsel atıksuları ya da ön arıtımı yapılmış endüstriyel atıksuları (TN~20-110 mg/L, TP~2-10 mg/L), 3. bölge ise arıtılmamış endüstriyel atıksular veya tarımsal kullanım atıksuları ya da hayvancılık prosesi atıksularını (TN~10-1000 mg/L, TP~10-150 mg/L) temsil etmektedir. TN ve TP bakımından zengin hem ham hem de arıtılmış atıksular alıcı ortamdaki nütriyent miktarını artırarak alg patlaması olarak tarif edilen ötrofikasyon sorununa neden olur. Ötrofikasyon ise alıcı ortamın faydalı kullanım amacını (rekreasyon, tarımsal sulama ya da içme ve kullanma suları temini vs.) bozmaktadır [2], [3].

Atıksuların alıcı ortamdaki olumsuz etkilerini minimuma indirebilmek için ülkemizde ve tüm dünyada biyolojik nütriyent giderim (BNG) prosesleri yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu proste C, N ve P giderimi genel olarak anoksik-aerobik tanklarda değişik mikroorganizma

grupları sayesinde yapılabilen ve çeşitli içsel döngüler, HBS ve ÇY parametreleri özen arz etmektedir. Tesis tasarımının çok önemli olduğu bu sistemde iyi bir işletme yapılamazsa çıkış suyu kalitesinde değişiklik meydana gelir. Özellikle TP giderimini biyolojik olarak yeterince başaramayan tesislerde ekstra kimyasal ilaveleri gerekir ve bu da oluşan çamurun miktarını daha da artırır [4]. Bu çamurların kuruluk oranı yaklaşık %20'ler civarında olmakla bertaraf için ciddi rakamlara ihtiyaç duyulmaktadır.

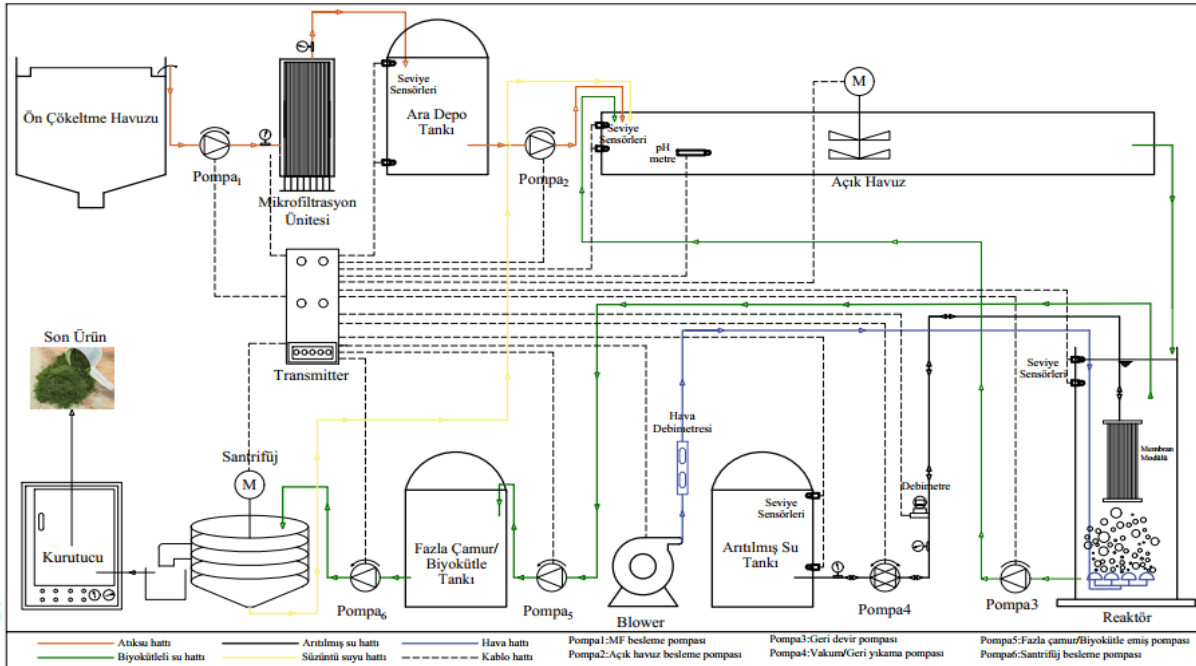
TÜİK verilerine göre ülkemizde 2018 yılında belediyeler, köyler, imalat sanayi işyerleri, termik santraller, organize sanayi bölgeleri ve maden işletmeleri tarafından 17,5 milyar m³ su doğrudan su kaynaklarından çekilmiş ve alıcı ortama ise 14,8 milyar m³ atıksu deşarjı yapılmıştır. Soğutma suyu hariç deşarj edilen suyun yaklaşık %80,9 si arıtılabilmektedir [5]. Arıtılan sulardan ise yılda %20 civarı kurulukta yaklaşık 7-8 milyon m³ arıtma çamuru (400.000 ton KM) oluştuğu tahmin edilmektedir [6]–[8]. 2016 yılında yayınlanan bir çalışmada bazı illerdeki arıtma tesislerinden kaynaklı çamurların bertarafı için gereken inşaat ve işletme maliyetleri paylaşılmıştır. Çalışmaya göre İnegöl Belediyesi ve İnegöl OSB çamur kurutma ve kojenerasyon ünitesi projesinin proje değeri 7 milyon USD, Antalya ili arıtma çamuru termal kurutma ve kojenerasyon tesisinin proje değeri 6,5 milyon Euro, Gaziantep Organize Sanayi Bölgesi atıksu arıtma çamuru kurutma ve yakma tesisi projesinin proje değeri tahmini 8 milyon TL ve Gaziantep arıtma çamuru termal kurutma ve yakma tesisi yapımının proje değeri 8,88 milyon TL olarak deklare edilmiştir [9]. Görüldüğü üzere çamur bertaraf maliyetleri zaten işletme maliyeti olan belediye ve kurumlara ekstra maliyet yüklemektedir. Dolayısıyla atıksu arıtımında daha az çamur üretimi ya da farklı alternatifleri olan prosesler aranmaktadır. Bu proseslerden en dikkat çeken mikroalgler ile yapılan arıtım teknolojileridir. Bu teknoloji ile bertaraf zorunluğu olan aktif çamur sistemleri ile atıksu arıtımı yapmak yerine bu arıtımı mikroalgler vasıtasıyla yapmak, oluşan biokütlenin faydalı kullanım alanı düşünüldüğünde tercih edilmesi gereken bir durum olarak karşımıza çıkmaktadır.

3. Çözüm

Problem kısmında bahsedilen olgular göz önüne alındığında atıksu arıtımını mikroalgler ile yapmak sürdürülebilir kalkınmaya ciddi katkı sağlayacaktır. Mikroalgler ile arıtım çalışmaları Açık ve Kapalı sistemlerde (Fotobiyoreaktörler) gerçekleştirilir. Fotobiyoreaktörlerde pH ve sıcaklık gibi çevresel şartlar rahatlıkla kontrol altında tutulabildiği için avantajlı gibi görünmekte fakat kurulum ve işletme maliyetlerinin yüksek olması bu sistemlerin en büyük dezavantajları olarak sayılabilmektedir. AH'lar ise çevresel şartlardan etkilenebildiği için dezavantajları olarak görülseler bile kurulum ve işletme maliyetlerinin düşük olması, prototip sistemlerden gerçek ölçekli sistemlere uyarlanabilme potansiyelinin oldukça kolaydır. Tüm bunların yanında maliyet analizi yapıldığında ticarileşebilmenin oldukça kolay olması AH'ların Fotobiyoreaktörlere göre oldukça avantajlı olduğunun kanıtıdır. Fakat hem AH'larda hem de Fotobiyoreaktörlerde mikroalgal biyokütle süspansiyonu olduğu için net çökeltme gerçekleşmemekte bu yüzden çıkış suyu kalitesinde düşüş gözlemlenmektedir [10]. Bu sorunu gidermek için Fotobiyoreaktörlerde membranların kullanıldığı çalışmalar filizlenmeye başlamış fakat AH'larda membran kullanımı literatürde oldukça sınırlı sayıdadır ve ayrıca bu çalışmada elde edilen biyokütlenin faydalı kullanım alanı üzerine yoğunlaşılması [11].

Bu olgular çerçevesinde hem atıksu arıtımı yapmak hem de faydalı kullanım alanı olan mikroalgal biyokütle elde etmek için membranlı AH prototipi ve pilot ölçekli sistemi kurulacaktır. Kurulacak olan laboratuvar tip reaktör, pilot ölçekli sistemin prototipi

mahiyetinde olacaktır. Laboratuvar ölçekli sistemin şematik diyagramı Proje Ön Değerlendirme şablonunda sunulmuştur. Şekil 1’de ise Pilot ölçekli sistemin şematik diyagramı sunulmuştur.



Şekil 1. Pilot ölçekli sistemin şematik gösterimi.

4. Yöntem

Proje 2 aşamada gerçekleştirilecektir. İlk aşamada İBAAT ön çökeltim havuzları çıkış suları laboratuvar tip reaktöre beslenerek giriş-çıkış derişimleri, hacimsel mikroalg üretim hızı ve biyokütle kalitesi bakımında değerlendirme yapılarak optimum şartlar belirlenecektir. İkinci aşama ise bulunan optimum şartlarda 10.000 L’lik gerçek doğal şartlarda İBAAT çerisinde uygun yere pilot tesis montelenip çalışmalar yapılacaktır.

Laboratuvar ölçekli sistem;

Tamamen gün ışığına kapalı bir odada 6000 lüks ışık şiddetine sahip floresan lambalar temin edilecek ve 12/12 saat aydınlık/karanlık şartları sağlanacaktır. Reaktör ısı kalem ısıtıcı ile 23 ± 2 °C’de tutulacaktır. Ayrıca bir kompresör ile tam karışım ve CO₂ temini için 4-6 L/dk arasında hava basılacaktır. Reaktörün pH’ı online ölçülüp kaydedilecektir. Ham atıksu tankında İBAAT’nin ön çökeltim havuzu çıkış suyu olacak ve pompa kullanılarak mikrofiltasyon ünitesinden geçip ara depolama tankına boşaltılacaktır. Buradan pompa ile AH beslenecektir. AH içerisinde batık halde bulunan 0,45 mikronluk hollow fiber membran modülünden pompa (zamana/basınca göre çalıştırılacak) yardımıyla su emilip arıtılmış su tankına boşaltılacaktır. Otomasyona göre çalışan sistemde istenildiği zaman geri yıkama ya da emme yapılabilecektir. Ayrıca ÇY’nin ayarlanabilmesi için başka bir pompa ile AH’daki çamur çekilerek çamur depo tankına basılacaktır. Literatürde çeşitli ÇY ve HBS’ler çalışılmış fakat bunların atıksu yada mikroalg kültürüne göre değişkenlik gösterdiği bildirilmiştir [12]–[14]. Bu yüzden çalışmamıza 2 günlük ÇY ile başlanacak ve 3, 6, 8, ve 10 günlük ÇY’lerde ve 24 saatlik HBS’lerde denemeler yapılacaktır. Optimum ÇY bulunduktan sonra 12, 36 ve 48 saatlik HBS’ler denenerek optimum ÇY ve optimum HBS belirlenmiş olacaktır. Mikroalg üretim hızı, TN ve PO₄-P giderim hızlarına göre değerler optimum kabul edilecektir. Optimum şartlara göre pilot ölçekli sistem kurulacak ve işletilecektir.

Pilot ölçekli sistem;

İBAAT ön çökeltim çıkış suları 20 mikronluk mikrofiltrasyondan geçirildikten sonra ara depo tankına alınacaktır. Kesikli beslemeyi önlemek için su seviyesine göre çalışan AH besleme pompası ile ara depo tankından su çekilip AH'ya basılacaktır. AH, uygun mikser ile karıştırılacaktır. Ayrıca CO₂ temini, membran modülünün tıkanıklığının giderimi hem de karışıma katkı sağlamak bir blowerlar sisteme eklenecektir. Peristaltik pompa (zamana/basınca göre) yardımı ile membran modülünden vakum yapılarak su çekilecek ve arıtılmış su tankına iletilecektir. Böylelikle atıksu arıtım işlemi burada bitmiş olacaktır. Fakat AH içerisinden ÇY'yi ayarlamak için başka bir pompa yardımıyla fazla biyokütle çekilerek Fazla çamur/Biyokütle tankına aktarılacaktır. Bu biyokütle santrifüj makinasına pompa yardımıyla aktarılacak ve santrifüj işlemi sonrası biyokütle kurutmak üzere kurutucuya konulacak ve tamamen kuruduktan sonra faydalı kullanıma hazır hale gelecektir.

Sistemde pH ve İletkenlik parametreleri ham atıksuda ve AH içerisinde online olarak ölçülecektir. Ayrıca AKM ve Klorofil-a derişimleri standart metotlara göre ham atıksuda, ara depo tankında, arıtılmış su tankında ve fazla çamur tankında her gün ölçülecektir. TN, NH₄-N, NO₂-N, NO₃-N, TP ve PO₄-P analizleri sistem giriş ve çıkışında ölçülecektir. Elde edilen biyokütlenin hayvan yemi olarak kullanılabilme potansiyelinin göstergesi olan Protein, Toplam Şeker, Ham selüloz, Yağ ve Ham Kül analizleri kuru biyokütlerde standart metotlara göre yapılacaktır. Ayrıca kuru biyokütlenin biyodizel olma özelliği için gereken analizler (Erusik, Oleik, Miristik, Gadoleik/ekiekosenoik, Behenik, Stearik ve Linoleik asit) ise Tübitak'a yaptırılacaktır.

5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü

Mikroalgal biyokütleden sağlıklı beslenme ürünleri diye tabir edilen doğal yaşam ürünleri, tıbbi araştırmalar, kimyasallar, enzim sistemleri ve eczacılık gibi birçok alanda faydalanılmaktadır. Ayrıca gıda ve yem sanayisinde direkt ham besin olarak faydalanılabildiği gibi katkı maddesi olarak da kullanılabilir. Dahası biyoyakıt olma potansiyeli de gün geçtikçe ciddi önem kazanmaktadır. Fakat son yıllarda geleneksel tarım ürünleriyle biyoenerji eldesi popüler olmaya başlamıştır. Mısır, soya fasulyesi ve ay çekirdeğinden elde edilen yağın yılda hektar bazında üretim kapasitesi sırasıyla 18, 46 ve 98 iken mikroalgin 5000 galon/hayıl olarak hesaplandığı bilinmektedir [15]. Ayrıca soya fasulyesi metil esteri 36,22 MJ/kg, Pamuk yağı 40,358 MJ/kg iken mikroalgin (*Spirulina*) enerji değeri 41,36 MJ/kg olarak ölçülmüştür [16]. Bunun yanında en önemlisi ise geleneksel tarım ürünleri üretebilmek için verimli topraklara ihtiyaç duyulurken, en verimsiz topraklarda bile mikroalg yetiştiriciliği yapmak oldukça mümkündür. Böylelikle tarım alanları farklı amaçlar için kullanılabilir.

Mikroalgal biokütleden sağlanan faydaları maksimuma çıkarabilmek için sentetik olarak BG11, F/2, Bold Bazal ve Zarrouk ortamları gibi yapay ortamlar hazırlanmakta fakat bunların ciddi bir mali boyutu olmaktadır [17], [18]. Fakat bünyesinde yeteri kadar nütriyent barındıran ve arıtılma zorunluğu olan atıksular, mikroalglerin temel besin maddesi olarak düşünülebilir. Çünkü mikroalg hücrelerinin biyokimyasal kompozisyonuna bakıldığında N:P oranının 3-25 aralığında değiştiği bilinmektedir. Arıtılmış ve ham atıksulardaki nütriyent miktarları incelendiğinde ise N:P oranı 1:1 ile 42:1 arasında değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir [19]. Dolayısıyla mikroalglerin beslenmesinde atıksular ile rahatlıkla kullanılabilir. Mikroalglerin büyüme ve gelişmesi için optimum şartlar olan pH, sıcaklık, iletkenlik, besin kalitesi ve aydınlanma derecesi vs. gibi temel parametreler literatürde belirlenmeye

çalışılmıştır [20], [21]. Bunu yanında çeşitli tipteki evsel ve endüstriyel atıksuları arıtmak için de birçok çalışma yapılmış fakat incelenen bu çalışmaların pek çoğunda tek tip mikroalg kültürü (*Chlorella vulgaris*, *Scenedesmus sp.* ve *Desmodesmus sp.*) kullanılmıştır [22]–[24]. Ayrıca mikroalgler ile ilgili çeşitli patent çalışmaları mevcuttur. Örneğin extracelüler polimerik maddeler ile atıksu arıtımı yapılmış [25] ve fakültatif mikroalgler ile de evsel atıksular arıtılmıştır [26]. Bunların yanında daha farklı çalışmalara göre çeşitli patentler de bulunmaktadır [27], [28]. Fakat AH’larda membran kullanılarak karışık mikroalg kültürü ile arıtım çalışmasını kapsayan bir patent ya da faydalı modele rastlanılmamıştır.

6. Uygulanabilirlik

İskenderun Teknik Üniversitemizin (İSTE) sağlamış olduğu imkanlar ile laboratuvar ölçekli prototip sistemimiz kurulmaya başlanmıştır. Projemiz bu yarışmada dereceye girerse alacağımız maddi destek ile 1. aşamada yapacağımız optimizasyon işlemleri tamamlanacaktır. Bu esnada ikinci aşama için (Pilot ölçek) TÜBİTAK ya da başka bir kuruluşa başvuruda bulunulacaktır. Ayrıca patent ya da faydalı model için gerekli başvurular yapılacaktır. Diğer taraftan projemiz başladığında İSTE’nin Ön Kuluçka Merkezi (KUVÖZ)’e başvurularak ticarileşme faaliyetleri için ilk adımlar atılacaktır.

7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması

Projenin ilk aşaması olan Laboratuvar ölçekli sistemin kurulması ve optimizasyon çalışmalarının yürütülebilmesi için yaklaşık 16.775,00 TL, Pilot ölçekli sistemin kurulması ve işletilmesi için ise 571.300,00 TL gerekmektedir. İki sistem için de ihtiyaç duyulan malzeme listesi ve yaklaşık maliyetler Tablo1’de iki ayrı bölüm olarak sunulmuştur.

Tablo 1.Laboratuvar ölçekli ve Pilot ölçekli sistemlerin maliyet analizleri

Laboratuvar Ölçekli Sistem			Pilot Ölçekli Tesis		
Sıra	Malzeme Tanımı	Toplam Fiyat (TL)	Sıra	Malzeme Tanımı	Toplam Fiyat (TL)
1	Depo tankları (Hamsu, Ara Depo, Arıtılmış Su, Fazla Çamur)	80,00	1	Depo tankları (Hamsu, Ara Depo, Arıtılmış Su, Fazla Çamur)	5.500,00
2	MF besleme pompası	250,00	2	MF besleme pompası	2.500,00
3	Mikrofiltraston ünitesi	750,00	3	Mikrofiltraston ünitesi	8.500,00
4	Açık havuz besleme pompası	250,00	4	Fazla çamur pompası	2.500,00
5	Fazla çamur pompası	250,00	5	Açık havuz	38.500,00
9	Pleksiglas reaktör+ karıştırma aparatı	1.400,00	6	Açık karıştırma aparatı	4.500,00
6	Membran emiş ve geri yıkama pompası	2.250,00		MBR Sistemi (Anahtar teslim);	
7	0,45 mikron membran modülü	550,00		• Alüminyum profil ve kompakt laminanttan oluşan sistem şasesi,	
8	Hava bloweri	450,00		• 0,45 mikron membran modülü	
10	Seviye sensörü	250,00		• 2 adet pompa (Besleme ve Vakum için)	
11	pH metre	450,00		• 1 Adet Reaktör	
12	Termostatlı ısıtıcı	125,00		• Reaktör üzerine entegre (pH, sıcaklık ve Çözünmüş oksijen Sensör ve Probları)	
14	Hava debimetresi	250,00		• Süzüntü Tankı	
15	Mekanik bağlantı elemanları (6mm, 8mm ve 10mm lik hava hortumları, fittingleri, silikon hortumlar vs.)	850,00		• Besleme Tankı,	
16	Sistemin oturacağı stand	750,00		• Valfler, 3 yollu vanalar ve elektrik aktüatörlü vanalar	318.500,00
17	Elektriksel bağlantı elemanları (röleler, şalterler, kablolar vs.)	1.250,00		• Reaktör üzerine entegre seviye kontrol sensör ve switch	
13	Flouresan lamba	120,00		• Reaktör üzerine entegre seviye kontrol sensör ve switch	
18	Deneyle için kimyasallar ve kitler	6.500,00		• Debi metre	
	Toplam	16.775,00		• Borulama ve mekanik işçilik	
				• Devreye alma	
				• Elektriksel bağlantı elemanları (röleler, şalterler, kablolar vs.)	
			7	Deneyle için kimyasallar ve kitler (1 yıllık)	23.000,00
			8	Personel gideri (1 doktora öğrencisi, 2 yüksek lisans öğrencisi, 2 tekniker)	156.000,00
			9	Santrifüj cihazı	7.500,00
			10	Kurutucu	4.300,00
			11	Toplam	571.300,00

8. Proje Fikrinin Hedef Kitle (Kullanıcılar):

Ülkemizdeki belediyeler hem atıksuları arıtmak için hem de çamur bertarafı için harcama yapmaktadır. Dolayısıyla temel hedef kitemiz evsel atıksu arıtma tesisleridir. Ayrıca elde edilecek biyokütle yem sanayisinde hayvan yemi olarak kullanılabilir potansiyelde olduğu için yem firmaları ile iletişime geçilip direkt ya da katkı maddesi olarak kullanılabilir potansiyeli irdelenecektir. Ayrıca TÜBİTAK'a yaptırılacak analizler neticesinde elde edilen sonuçları kullanılarak yeni bir biyoyakıt olarak kullanılma projesi hazırlanarak gerekli yerlere müracaatlar yapılacaktır.

9. Riskler

Her iş ve işlemde olduğu gibi projede bazı riskler mevcuttur. Riskler şu şekildedir;

- Atıksu arıtma tesisi giriş suyu kalitesinde ani değişikliklerle beklenmemektedir. Su kalitesinde olası ani değişiklikler mikroalg veriminde değişkenlik oluşturabilir. Bu durum meydana gelirse pilot tesis önüne dengeleme tankı ihtiyacı doğabilir.
- Olası ekipman arızalarında kritik ekipmanların yedeklenmesinde yarar vardır.
- Membran tıkanıklığında hazır membran modülünün bulunması işletme açısından önemlidir. Pilot ölçekli sistemde biyokütledeki su oranını azaltmak için Çin'den santrifüj cihazı temin edilemezse B planı olarak bu biyokütlenin gün ışığında maruz bırakılarak kurutulması planlanmaktadır. Bu işlemde geniş naylonlar üzerine sıvı biyokütle serilecek ve gün ışığında susuzlaştırılması ve aynı zamanda kurutulması sağlanacaktır.

10. Proje Ekibi

Takım Lideri: Hilal ŞEN

Adı Soyadı	Projedeki Görevi	Okul	Projeyle veya problemle ilgili tecrübesi
Aybüke Yaren YİRTLAS	Reaktör işletimi ve lab. deneyleri	İSTE, İMYO, Çevre Koruma ve Kontrol	Okul dersleri
İrem İlayda DURMAZ	"	"	"
Anıl TÜMKAYA	"	"	"
Münevver Süeda ÇETİNKAYA	"	"	"
Furkan Ümit ASLAN	Mekanik montaj	"	"
Rahime DUVARCI	"	"	"
Abdullah KARDÖL	Elektriksel montaj	İSTE, İMYO, Elektrik	"

11. Kaynaklar

- [1] Y. H. Wu *et al.*, "Microalgal species for sustainable biomass/lipid production using wastewater as resource: A review," *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 2014, doi: 10.1016/j.rser.2014.02.026.
- [2] T. Cai, S. Y. Park, and Y. Li, "Nutrient recovery from wastewater streams by microalgae: Status and prospects," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2013, doi: 10.1016/j.rser.2012.11.030.
- [3] N. Renuka, A. Sood, S. K. Ratha, R. Prasanna, and A. S. Ahluwalia, "Evaluation of microalgal consortia for treatment of primary treated sewage effluent and biomass production," *J. Appl. Phycol.*, 2013, doi: 10.1007/s10811-013-9982-x.
- [4] G. Singh and P. B. Thomas, "Nutrient removal from membrane bioreactor permeate using microalgae and in a microalgae membrane photoreactor," *Bioresour. Technol.*, 2012, doi: 10.1016/j.biortech.2012.03.125.
- [5] 2018 TÜİK, "Türkiye İstatistik Kurumu, Sektörel Su ve Atıksu İstatistikleri, 2018," Turkey, 2018.
- [6] Ö. Özdemir, "İleri Biyolojik Atıksu Arıtma Tesisinde Sürdürülebilir İşletme İçin Revizyon ve Enerji Verimliliği: Malatya Örneği, Adıyaman Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi," 2016.
- [7] M. Yüksekdağ, S. Gökpınar, and B. Yelmen, "Atıksu Arıtma Tesislerinde Arıtma Çamurları ve Bertaraf Uygulamaları," *Avrupa Bilim ve Teknol. Derg.*, vol. 18, pp. 895-904, 2020.
- [8] Tübitak, "Evsel/Kentsel Arıtma Çamurlarının Yönetimi Projesi," *TÜBİTAK 1007 -108G190, Kamu*

- Projesi*, 2015. [Online]. Available: <https://cygm.csb.gov.tr/evsel-kentsel-aritma-camurlarinin-yonetimi-projesi-duyuru-33959>. [Accessed: 25-May-2020].
- [9] T. Bay, E. E. Kara, S. Baysec, M. Sait Söylemez, and R. Yumrutas, "Method of Incineration as a Means of Getting Rid of Sewage Sludge in Turkey and the World," 2016.
- [10] S. A. Razzak, M. M. Hossain, R. A. Lucky, A. S. Bassi, and H. De Lasa, "Integrated CO₂ capture, wastewater treatment and biofuel production by microalgae culturing - A review," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, vol. 27. Pergamon, pp. 622–653, 01-Nov-2013, doi: 10.1016/j.rser.2013.05.063.
- [11] Á. Robles *et al.*, "Performance of a membrane-coupled high-rate algal pond for urban wastewater treatment at demonstration scale," *Bioresour. Technol.*, vol. 301, p. 122672, Apr. 2020, doi: 10.1016/j.biortech.2019.122672.
- [12] A. Solmaz and M. Işık, "Effect of Sludge Retention Time on Biomass Production and Nutrient Removal at an Algal Membrane Photobioreactor," *Bioenergy Res.*, vol. 12, no. 1, pp. 197–204, Mar. 2019, doi: 10.1007/s12155-019-9961-4.
- [13] T. Tang and Z. Hu, "A comparison of algal productivity and nutrient removal capacity between algal CSTR and algal MBR at the same light level under practical and optimal conditions," *Ecol. Eng.*, 2016, doi: 10.1016/j.ecoleng.2016.04.008.
- [14] M. Xu, P. Li, T. Tang, and Z. Hu, "Roles of SRT and HRT of an algal membrane bioreactor system with a tanks-in-series configuration for secondary wastewater effluent polishing," *Ecol. Eng.*, 2015, doi: 10.1016/j.ecoleng.2015.09.064.
- [15] M. Edwards, "Green algae strategy: end oil imports and engineer sustainable food and fuel," 2008.
- [16] G. M. Elrayies, "Microalgae: Prospects for greener future buildings," *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2018, doi: 10.1016/j.rser.2017.08.032.
- [17] Y. Chang, Z. Wu, L. Bian, D. Feng, and D. Y. C. Leung, "Cultivation of *Spirulina platensis* for biomass production and nutrient removal from synthetic human urine," *Appl. Energy*, 2013, doi: 10.1016/j.apenergy.2012.07.024.
- [18] C. H. Ra, C. H. Kang, N. K. Kim, C. G. Lee, and S. K. Kim, "Cultivation of four microalgae for biomass and oil production using a two-stage culture strategy with salt stress," *Renew. Energy*, 2015, doi: 10.1016/j.renene.2015.02.002.
- [19] A. Solmaz and M. Işık, "Polishing the secondary effluent and biomass production by microalgae submerged membrane photo bioreactor," *Sustain. Energy Technol. Assessments*, vol. 34, pp. 1–8, Aug. 2019, doi: 10.1016/j.seta.2019.04.002.
- [20] P. Spolaore, C. Joannis-Cassan, E. Duran, and A. Isambert, "Commercial applications of microalgae," *J. Biosci. Bioeng.*, 2006, doi: 10.1263/jbb.101.87.
- [21] A. J. Dassey and C. S. Theegala, "Harvesting economics and strategies using centrifugation for cost effective separation of microalgae cells for biodiesel applications," *Bioresour. Technol.*, 2013, doi: 10.1016/j.biortech.2012.10.061.
- [22] L. Xin, H. Hong-ying, G. Ke, and S. Ying-xue, "Effects of different nitrogen and phosphorus concentrations on the growth, nutrient uptake, and lipid accumulation of a freshwater microalga *Scenedesmus sp.*," *Bioresour. Technol.*, 2010, doi: 10.1016/j.biortech.2010.02.016.
- [23] F. Gao, Z. H. Yang, C. Li, Y. jie Wang, W. hong Jin, and Y. bing Deng, "Concentrated microalgae cultivation in treated sewage by membrane photobioreactor operated in batch flow mode," *Bioresour. Technol.*, 2014, doi: 10.1016/j.biortech.2014.06.042.
- [24] O. Komolafe, S. B. Velasquez Orta, I. Monje-Ramirez, I. Y. Noguez, A. P. Harvey, and M. T. Orta Ledesma, "Biodiesel production from indigenous microalgae grown in wastewater," *Bioresour. Technol.*, 2014, doi: 10.1016/j.biortech.2013.12.048.
- [25] Kim Sanghyoun, Gopalakrishnan Kumar, Menghour Huy, and Kang Shinyoung, "Apparatus for Cultivation of Microalgae using Textile Wastewater and Cultivation Method Thereof," Korea-KR20190079864 (A), 2019.
- [26] Li Ming, Ma Ning, Wu Haiming, and Wei Mengjiao, "Facultative microalgae photobioreactor sewage purification system and method," China-CN109879443 (A), 2019.
- [27] M. Güral and A. N. Say, "Mikroalg sistemlerinde batık membran kullanımı," Turkey-2013-G-109521, 2013.
- [28] Xia Ling, Huang Rong, and Song Shaoxian, "Method for removing lead in water by culturing modified microalgae with high phosphorus," China-CN109626582 (A), 2019.