

# TEKNOFEST

## HAVACILIK, UZAY VE TEKNOLOJİ FESTİVALİ

### ÇEVRE VE ENERJİ TEKNOLOJİLERİ YARIŞMASI

#### PROJE DETAY RAPORU

**TAKIM ADI: FOTONLA ARITMA**

**PROJE ADI: FOTONLA SU ARITMA**

**BAŞVURU ID: 416735**

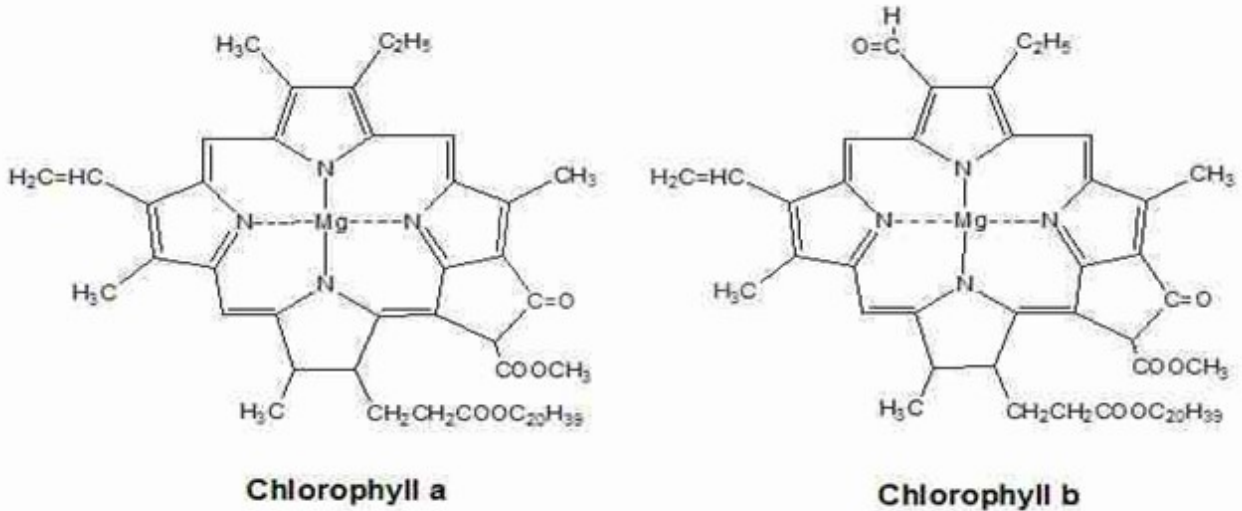


| <b>İçindekiler</b>                                   | <b>Sayfa</b> |
|--|--------------|
| 1. Proje Özeti (Proje Tanımı) _____                  | 3            |
| 2. Problem/Sorun _____                               | 3            |
| 3. Çözüm _____                                       | 6            |
| 4. Yöntem _____                                      | 7            |
| 5. Yenilikçi (İnovatif) Yönü _____                   | 8            |
| 6. Uygulanabilirlik _____                            | 9            |
| 7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması _____   | 9            |
| 8. Proje Fikrinin Hedef Kitlesi (Kullanıcılar) _____ | 10           |
| 9. Riskler _____                                     | 10           |
| 10. Kaynakça ve Rapor Düzeni _____                   | 11           |



## 1. Proje Özeti (Proje Tanımı)

Projenin amacı canlıların kullandığı sularda bulunan ve mevcut endüstriyel yöntemlerle yeterince arılamayan mikro kirleticileri yarıiletken teknolojisi, fotokatalizörler, fotonik teknolojisi, kuantum mekaniği ve nanoteknoloji kullanılarak doğadan elde edilebilen ve doğaya geri dönüştürülebilir zararsız klorofil molekülleri yardımıyla arıtmak ve suyu kullanan canlılara daha temiz bir su sunulabilmesini sağlamaktır. Proje su arıtma için kullanılan fotokatalizör teknolojisine nanoteknoloji ve kuantum mekaniği uygulamalarıyla yeni bir yaklaşım katmakta ve klorofilin doğal , geri dönüştürülebilir bir molekül olması nedeniyle çevreci bir çözüm sunmaktadır. Çalışmada porfirin yapılarına sahip organik moleküllerde bu yapının yarı iletken özelliklerinden yararlanarak ve elektromanyetik ışın (foton) kullanarak mikro kirleticilerin karbondioksit ve su moleküllerine dönüştürülmesi ve kuantum dot , nanoteknoloji yaklaşımlarıyla istenilen mikro kirleticiyi arıtabilecek sistemlerin oluşturulabilmesi amaçlanmıştır. Projenin temelini oluşturan klorofil moleküllerinin 2 örneği şekil 1’de gösterilmektedir.



Şekil 1: Klorofil Molekülleri<sup>[15]</sup>

## 2. Problem/Sorun:

Gelişen dünya üzerinde ilaçların, hormonların ve kişisel bakım ürünlerinin kullanımının artması sonucu mikro kirletici olarak adlandırılan kirletici türleri ortaya çıkmıştır. <sup>[1]</sup> Mikro kirleticilerin su kaynaklarında bulunması hem canlılar hem de çevre için sorun haline gelmiştir. Mikrokirleticiler farmasötikler, kişisel bakım ürünleri, steroid hormonlar, endüstriyel kimyasallar, pestisitler, poliaromatik hidrokarbonlar ve son zamanlarda görülen diğer bileşiklerden oluşmaktadır. Dünyadaki mevcut birçok Atıksu Arıtma Tesisi özellikle mikro kirleticileri gidermek için tasarlanmamıştır. <sup>[2]</sup> Bir çoğu biyolojik arıtmaya karşı dirençli oldukları için atıksu arıtma tesislerinde tam olarak giderilememektedir. <sup>[1]</sup> Mikro kirleticilerin Atıksu Arıtma Tesis'lerine sürekli olarak gelmeleri ve birçok mikro kirleticinin kararlı yapıya sahip olması bu kirleticilerin yeteri kadar giderilmesini zorlaştırmaktadır. <sup>[2]</sup>

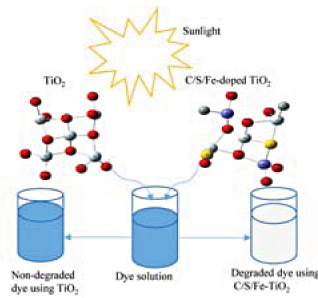
Bu kirleticiler kalıcı yapıları ve biyoakümülyasyon özelliklerinden dolayı özellikle sucul canlı yaşamında olumsuz etkiler oluşturmaktadır. Atıksu arıtma tesislerinde kısmen giderilen bu

kirleticiler alıcı ortamlara deşarj edilmekte ve oradan da yüzey sularına, yeraltı sularına ve hatta içme sularına karışabilmektedir. Fotokatalizör teknolojisi mikro kirleticilerin arıtılması açısından yeterli bir teknolojidir.<sup>[1]</sup> Ancak bu yöntemin başlıca dezavantajı üretilen nano-partiküllerin direk olarak atıksuya verilmesinden kaynaklanır. Foto-katalizörün kendi toksisitesi (nanoparçacık toksisitesi), arıtım işlemlerinden sonra eklenen foto-katalizörün arıtma işlemlerinden sonra ortamdan uzaklaştırılması ve sürekli foto-katalizör eklemesinin yaratmış olduğu yüksek işletme giderleri “Heterojenik fotokatalizör + UV” yönteminin uygulanmasını engellemektedir.<sup>[3]</sup>



Şekil 2: Endüstriyel su arıtma sistemi<sup>[15]</sup>

Bilinen en etkin ve ucuz fotokatalizör bir yarı iletken olan titanyum dioksittir.<sup>[4]</sup>  $TiO_2$  yarı iletkeninin diğer yarı iletkenlere göre üstün özellikleri olmasına rağmen, fotokatalitik aktivitesini etkileyen dezavantajı da vardır.  $TiO_2$  partiküllerindeki elektron-boşluk çiftlerinin yeniden birleşme hızlarının yüksek olması fotokatalizör etkinliğinin düşmesine neden olmaktadır. Ayrıca, organik kirleticilerin  $TiO_2$  katalizörü yüzeyinde oldukça düşük miktarlarda tutunması, fotokatalitik verimliliğin düşmesine neden olmaktadır.<sup>[5]</sup>  $TiO_2$ , yapısındaki oksijen yetersizliğinden dolayı n-tipi bir yarı iletken ve fotokatalizörlerde en çok kullanılan malzemelerden biridir. Ancak solar spektrumdaki sınırlı absorpsiyon kapasitesi, kısıtlı aktivite gibi özelliklerinden dolayı dezavantajları bulunmaktadır.<sup>[6]</sup>  $TiO_2$  bir diğer dezavantajı foto-bozunmadan sonra ayrılma ve yeniden kullanılmasında ortaya çıkan güçlüklerdir.<sup>[7]</sup> Süspansiyon haldeki  $TiO_2$ 'in sudan ayrılmasının zor olması ve solar enerjinin maksimum %10'unun  $TiO_2$ 'in yüzeyinde absorblanması,  $TiO_2$  bazlı fotokatalitik arıtma sistemlerinin dezavantajlarıdır.<sup>[5]</sup>  $TiO_2$ 'in sadece UV ışığı ile aktive edilebildiği bilinmektedir. Ancak, UV ışığı, solar spektrumun çok az bir bölümünü oluşturduğu için  $TiO_2$ 'in pratik uygulamalarda ki kullanımı sınırlanmaktadır.<sup>[8]</sup> Ayrıca  $TiO_2$  için pek çok sağlık açısından sakınca tespit edilmiştir.<sup>[9]</sup>



Şekil 3:  $TiO_2$  fotokatalitik düzenek şeması<sup>[15]</sup>



Grafik 1: Alıcı ortamlara deşarj edilen atıksu

Türkiye’de belediyeler, köyler, imalat sanayi işyerleri, termik santraller, OSB’ler ve maden işletmeleri tarafından 2020 yılında doğrudan alıcı ortamlara 9,5 milyar m<sup>3</sup>’ü soğutma suyu olmak üzere 15,3 milyar m<sup>3</sup> atıksu deşarj edildi. Doğrudan alıcı ortamlara deşarj edilen atıksuyun %76,6’sı denizlere, %19,3’ü akarsulara, %1,1’i barajlara, %1’i foseptiklere, %0,4’ü göl/göletlere, %0,2’si araziye, %1,4’ü ise diğer alıcı ortamlara deşarj edildi. Denize deşarj edilen atıksuyun yüzde %80,5’i soğutma suyundan oluştu.<sup>[14]</sup>

Türkiye’de 2018 yılında belediye nüfusunun %78,7’sinin, köy nüfusunun ise %10,2’sinin olmak üzere toplam nüfusun %74,5’inin atıksuları arıtıldı. 2020 yılında ise belediye nüfusunun %77,7’sinin, köy nüfusunun ise %13,1’inin olmak üzere toplam nüfusun %74’ünün atıksuları arıtıldı.<sup>[14]</sup>

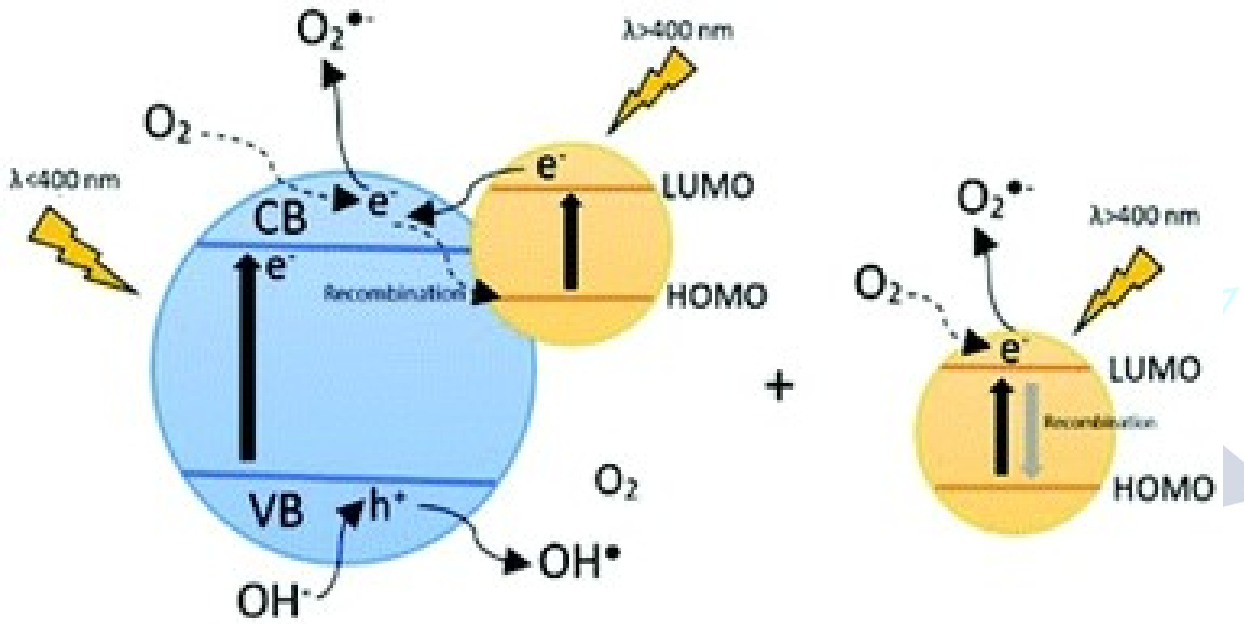
| Yıllar                    | 2008    | 2010  | 2012  | 2014  | 2016  | 2018  |
|---------------------------|---------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Belediyeler               | 4,55    | 4,78  | 4,94  | 5,23  | 5,83  | 6,19  |
| Köyler                    | 1,22    | 1,01  | 1,04  | 0,43  | 0,38  | 0,39  |
| İmalat sanayi işyerleri   | 1,31    | 1,56  | 1,79  | 2,20  | 2,12  | 2,68  |
| Termik santraller         | 4,54    | 4,27  | 6,40  | 6,53  | 8,61  | 7,87  |
| Organize sanayi bölgeleri | 0,11    | 0,11  | 0,14  | 0,14  | 0,15  | 0,16  |
| Maden işletmeleri         | ... (*) | 0,05  | 0,11  | 0,21  | 0,23  | 0,24  |
| Sulama                    | 33,77   | 38,15 | 41,55 | 35,85 | 43,06 | 43,95 |

Tablo 1<sup>[16]</sup> : KULLANIMLARINA GÖRE SU KAYNAKLARINDAN ÇEKİLEN SU MİKTARI (milyar m<sup>3</sup>/yıl)

İstatistikler göz önüne alındığında kullanılan arıtılan çevreye deşarj edilen suların miktarları bize tekrar su arıtmanın ve arıtma kalitesinin önemini göstermektedir. Ayrıca yıllara göre artan su kullanımı için su arıtma ayrı bir öneme sahiptir.

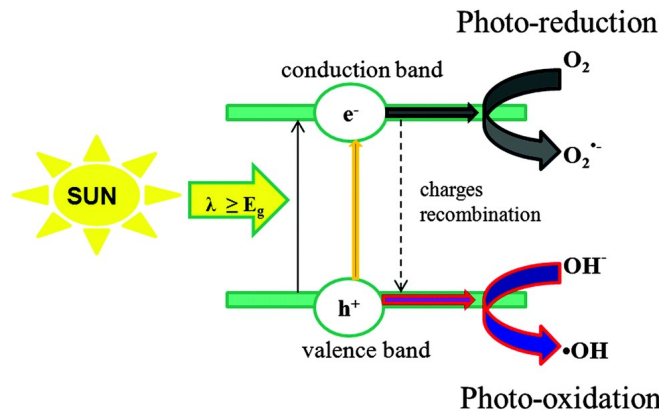
### 3. Çözüm

Mikrokirleticilerin sudan arıtılmasını sağlayacak aynı zamanda sağlığa zararı olmayan, ekonomik, çevreci , kolay elde edilebilen, doğaya geri dönüştürülebilir yarı iletken bir madde çözüm için idealdir. Bitkilerde bulunan ,doğrudan doğada üretilen , besinlerde bulunabilen ve sağlığa zararsız klorofil molekülleri , kuantum dot teknolojisi ve nanoteknolojiyide kullanarak istenilen mikrokirleticilerin yok edilmesi ve böylece suyun arıtılması için uygundur. Kuantum özellikleri ve nanoteknoloji klorofil kristallerinin farklı nanoboyutlarda (1-100 nm) boyutlandırılarak istenilen yarı iletken özelliğin ve yüzey etki alanının oluşmasını sağlamaktadır. Bu sayede farklı mikrokirleticiler istenilen özellik kazandırılan klorofil kristalleriyle karbondioksit ve su moleküllerine dönüştürülebilir.



Şekil 4: Fotokatalitik reaksiyon şeması<sup>[15]</sup>

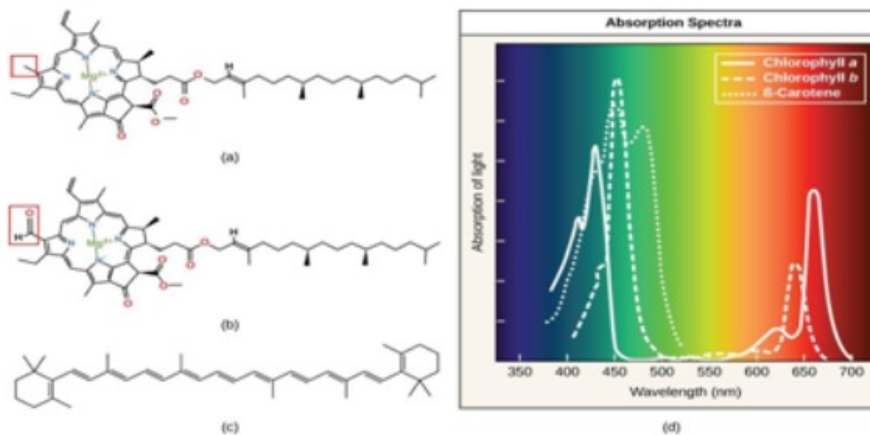
Bu işlem heterojen fotokatalizör prosesini içermektedir ve bu yolla arıtma sağlanmaktadır. Sistem tasarımı oldukça basittir. Arıtılmak istenilen su içerisine klorofil nanokristalleri atılacak ve su istenilen dalgaboyunda ışığa maruz bırakılacak bu sayede fotokataliz prosesi işletilecektir. Klorofil molekülleri elektromanyetik spektrumun görünür bölge kısmında absorpsiyon yaptığı için kullanımı oldukça ucuz ve kolaydır.



Şekil 5: Fotokatalitik yarı iletken oxidation ve reduction şeması<sup>[15]</sup>

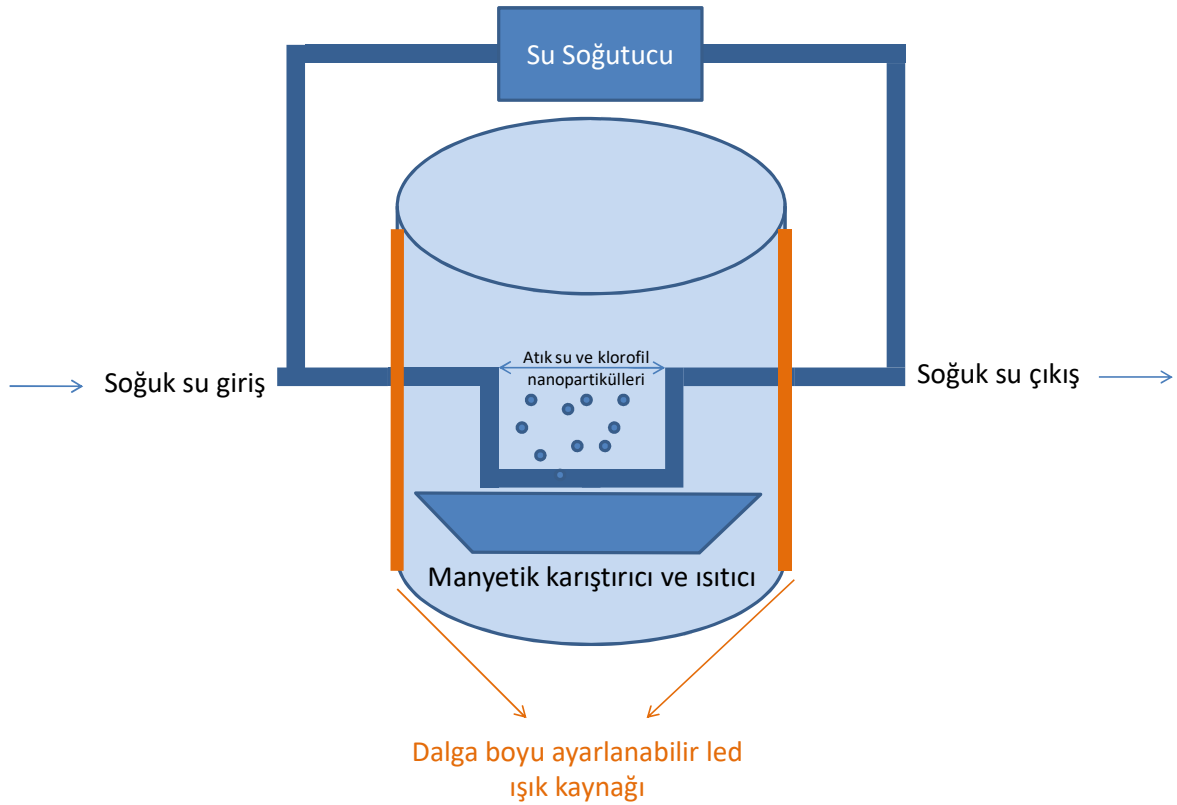
#### 4. Yöntem

Projenin temelini fotokatalizör sistemler oluşturmaktadır. Fotokatalizm (photocatalysis) “Bir katalist varlığı ile bir fotoreaksiyonun hızlandırılması” olarak tanımlanabilir.<sup>[8]</sup> Fotokatalizör UV ve/veya görünür bölge ışığı ile etkinlik gösteren bir yarı iletken olarak tanımlanır.<sup>[4]</sup> Foto kataliz kısaca fotokimya ve katalizin bir kombinasyonudur. Katalizde enerji kaynağı olarak ısı gerekli iken, fotokatalizde ışık kullanılır. Katalizör bir tepkimenin aktivasyon enerjisini azaltarak reaksiyon hızını artırır . Fotokatalitik bir işlemde bir yarı iletkenin bant aralığına eşit veya daha büyük enerjiye sahip fotonların soğurulması, sırasıyla yarı iletkenin iletkenlik ve değerlik bandında elektron-boşluk (e<sup>-</sup> /h<sup>+</sup> ) çiftini oluşturur . Bu türler tekrar birleşerek ısıya dönüşür veya katalizör yüzeyine adsorplanan uygun türlerle yükseltgenme/indirgenme tepkimesine girer . Yarı iletkenin değerlik bandında boşluklar (h<sup>+</sup> ) substrat moleküllerini oksitleyebilir veya hidroksil radikalleri oluşturmak için su molekülleri ile reaksiyona girebilir. İletkenlik bandı elektronları süperoksit iyonları oluşturmak için çözünmüş oksijen ile reaksiyona girer.<sup>[4]</sup> Yarı iletken madde, elektrik iletkenliği bakımından, iletken ile yalıtkan arasında kalan maddelerdir. Normal durumda yalıtkan olan bu maddeler ısı, ışık, manyetik etki veya elektriksel gerilim gibi dış etkiler uygulandığında bir miktar değerlik elektronlarını serbest hale geçirerek iletken duruma gelirler. Uygulanan bu dış etki veya etkiler ortadan kaldırıldığında ise yalıtkan duruma geri dönerler. <sup>[5]</sup> Projede yarı iletken malzeme olarak avantajları nedeniyle klorofil düşünülmüştür. Klorofil porfirin yapısında bir moleküldür.<sup>[10]</sup> Porfirinler ise en çok bilinen organik yarıiletkenlerdendir.<sup>[11]</sup> Klorofilin yarıiletken ve fotokatalitik özelliklerinden faydalanarak bir fotokatalizör sistemi oluşturulması ve suyun mikrokirleticilerden arıtılması amaçlanmıştır. Bu proste yarı iletkenin band gap'ı (yasak enerji aralığı) önemlidir. Yasak enerji aralığı fotokatalitik reaksiyona girecek mikrokirleticiyle uygun hale getirilmesi için nanoteknoloji ve kuantum dot teknolojilerinden yararlanılacaktır.<sup>[12]</sup> Kuantum dot teknolojilerinde boyutların getirdiği sınırlamadan dolayı bir eksiton kuantum noktası içerisinde hapis olmuştur. Bu durum, kuantum noktasının enerji düzeylerinin, kuantum noktasının boyutlarına bağlı olarak kesikli değerler almasını sağlarlar. Nanoyapıların boyutlarının enerji düzeylerine olan bu etkisine kuantum sınırlama etkisi denir. <sup>[13]</sup> Nanoteknoloji ve kuantum dot yaklaşımlarıyla klorofil kristallerinin 10-100 nm aralığında boyutları şekillendirilerek arıtmak istediğimiz mikrokirleticiye uygun yarı iletken özellik kazandırılacaktır.



Şekil 6: Klorofil görünür bölge absorpsiyon spektrumu<sup>[15]</sup>

Yöntem olarak ilk aşamada suda bulunan ve arıtılması istenen mikrokirletici veya mikro kirleticiler belirlenecektir. Bu mikro kirleticilere uygun band gap enerji aralıkları literatürden bulunacaktır ve ilgili kuantum mekaniksel hesaplamalarla (kuantum dot hesaplamaları) klorofil için ihtiyacımız olan nanoboyutlar hesaplanacaktır. Bu yöntemle farklı kirleticilerin tamamı için klorofil kullanılabilir. Hesaplanan boyutlarda kristallendirilmiş klorofil kristalleri suya atılacak süspansiyon haline getirilecektir. Bu süspansiyonun belirlenen band gap enerji aralığına uygun ışığın dalga hesaplanacaktır. Hesaplanan dalga boyundaki ışıkla süspansiyonun etkileşmesi (teması) sağlanarak klorofilin yarı iletkenliğinden kaynaklanan fotokatalitik özelliği ortaya çıkacaktır. Fotokatalitik etki sayesinde mikro kirletici maddeler bozunarak su ve karbondioksite dönüşecektir. Soğuk su giriş ve çıkışı ortam sıcaklığının sabit kalmasını sağlayacaktır. Manyetik karıştırıcı ve ısıtıcı ise gerekli durumlarda ısının ayarlanmasını ayrıca atık suyu klorofille sürekli karıştırarak etkileşimin daha hızlı olmasını sağlayacaktır. Ayarlanabilir led ışık mikrokirleticiye uygun dalga boyunda ışık elde edilmesi için basit bir yöntem olarak düşünülmüştür.



Şekil 7: Su arıtma sisteminin prototip tasarımı

## 5. Yenilikçi(İnovatif) Yönü

Endüstride fotokatalitik uygulamalar için yarıiletkenler kullanılmaktadır. Ancak kullanılan yarıiletkenlerin bu konuda pek çok dezavantajı bulunabilmektedir. Özellikle tamamına yakını UV dalga boyunda çalışmakta, UV dalga boyu ise maliyeti artırmakta ve insan sağlığına zarar vermektedir. Ayrıca üretilmesi ve kullanılması pahalı sistemlerdir. Yarıiletken olarak kullanılan pek çok metal oksitin ise toksik özellikleri bulunmaktadır. Endüstride en çok kullanılan  $TiO_2$  için



toksik olabileceğine dair çalışmalar yapılmış ve kullanım sonrası sudan ayrılması ve tekrar kullanılması için güçlükler yaşanmıştır.  $TiO_2$  nin görünür bölgede kullanımında bulunmamaktadır. Bütün bunlar göz önüne alındığında bitkiler tarafından üretilen klorofilin görünür bölgede absorpsiyon yapması sebebiyle kullanımı kolay ve maliyeti düşük görülmektedir. Klorofilin besin olarakta kullandığımız bitkilerde bulunması sağlığa zararsız olduğunu göstermekte ve doğadan elde edilmesi maliyetin minimuma inmesini sağlamaktadır. Ayrıca kullanım sonrası istenirse klorofil doğaya geri dönüştürülebilecektir. Bütün bunlar değerlendirildiğinde klorofil mevcut yarıiletken fotokatalistlere iyi bir alternatif olarak ortaya çıkmaktadır. Proje fotonik bilimi ve mühendisliği öğrencileri, fizikçi (Doçent Dr.) , kimyager (Fotonik bilimi ve mühendisliği yüksek lisans öğrencisi) olmak üzere farklı disiplinlerden 6 kişi tarafından tasarlanmaktadır. Projenin tasarımı gereği her gereksinim ülke içi imkanlarla proje çalışanları tarafından üretilen tamamen yerli olarak gerçekleştirilecektir. Böylece bu konuda yurtdışına bağımlılık olmayacak yurtdışına döviz çıkışında engellenmiş olacaktır.

## 6. Uygulanabilirlik

Fotokatalizörler kısmen de olsa su arıtmada kullanılmaktadır. Projede mevcut çalışmalardan farklı olarak yapılan değişiklik fotokatalist yarı iletken maddenin klorofil olmasıdır. Bu projenin mevcut çalışmalarda kazanılan tecrübelerle birlikte hayata geçirilmesi ve mevcut çalışmaların hali hazırda uygulanmakta olması , projenin uygulanabilirliğinin yüksek olduğunun bir göstergesidir. Ayrıca projede klorofil için hammadde bitkiler olduğu için ve de klorofil görünür bölgede fotokatalist etki gösterebildiği için maliyet düşecek diğer sistemlere alternatif olabilecek ve ticari olarakta kullanılabilir. Bu projenin endüstriyel sistemlerinden mobil su arıtma sistemlerine kadar günlük hayatta karşılığı olabilecektir.

## 7. Tahmini Maliyet ve Proje Zaman Planlaması

| Malzeme                          | Fiyat          |
|----------------------------------|----------------|
| Manyetik Karıştırıcı (ısıtıcılı) | 2000 TL        |
| Saf Klorofil                     | 1500 TL        |
| Su Soğutucu                      | 3000 TL        |
| LED Işık                         | 700 TL         |
| Mikropipet                       | 700 TL         |
| Laboratuvar cam malzemeleri      | 600 TL         |
| <b>TOPLAM</b>                    | <b>8500 TL</b> |

Proje küçük ölçekli olarak 8500 TL' ye hazırlanmaktadır. Kullanılacak tüm malzemeler yurt içi kaynaklardan temin edileceği ve hazırlanacak sistemin kurulumu proje çalışanları tarafından yapılacağı için proje maliyeti minimuma indirilmiştir. Projenin 8 haftalık bir süre içerisinde tamamlanması planlanmıştır. Tüm harcamalar malzeme temini safhasında yapılacaktır. Kimyasal analiz için gerekli çalışmalar üniversite bünyesinde proje çalışanları tarafından yapılacaktır.

|                   |                   |   |                             |
|-------------------|-------------------|---|-----------------------------|
| 1. Hafta          | 2. Hafta          | 3. Hafta  | 4. Hafta                    |
| Malzeme temini    | Sistemin kurulumu | Nanopartiküllerin Üretilmesi ve Sistemin denenmesi. | Deney çalışmaları           |
| 5. Hafta          | 6. Hafta          | 7. Hafta  | 8. Hafta                    |
| Deney çalışmaları | Deney çalışmaları | Deney çalışmaları                                   | Verilerin değerlendirilmesi |

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

Proje hayata geçmesi halinde dolaylı ve doğrudan tüm insanlar projeden faydalanacaktır. Sistem endüstriyel su arıtma sistemlerinde kullanılabilecek, böylece atık suyun arıtılmasıyla su ile doğrudan temas eden ya da çevre koşullarıyla sudan dolaylı olarak etkilenen insanlar mikrokirleticilerden arındırılmış su kullanacaklardır. Ayrıca düşük maliyet tüm kullanıcılara maddi olarak fayda sağlayacaktır.

### 9. Riskler

Proje için yapılan risk değerlendirmesinde en büyük risk malzeme temininde yaşanabilecek aksamalarıdır. Bunun yanı sıra proje sistemi oluşturulurken ve deneyler yapılırken sistem malzemelerinde oluşabilecek hasar yaşanabilecek aksamalardan bir diğeridir. Temin edilecek malzemelerin istenilen şartları karşılamaması ya da bozuk olma ihtimali başka bir risk unsurudur. Ancak tüm malzemelerin yurt içinden temin edilecek olması ve de temin sürelerinin kısa olması nedeniyle tüm bu risk olasılıklarının gerçekleşmesi durumunda projenin takvimini etkilemeyecektir ve proje belirlenen takvimde tamamlanmış olacaktır. Tespit edilen bu riskler olasılık etki matrisine göre düşük riskli olarak değerlendirilmektedir.

|            |        |                |             |                 |
|------------|--------|----------------|-------------|-----------------|
| OLASILIK ↑ | YÜKSEK | ORTA RİSK      | YÜKSEK RİSK | ÇOK YÜKSEK RİSK |
|            | ORTA   | DÜŞÜK RİSK     | ORTA RİSK   | YÜKSEK RİSK     |
|            | DÜŞÜK  | ÇOK DÜŞÜK RİSK | DÜŞÜK RİSK  | ORTA RİSK       |
|            |        | DÜŞÜK          | ORTA        | YÜKSEK          |
|            |        | → ETKİ         |             |                 |

## 10. Kaynakça ve Rapor Düzeni

- [1] Sevde ÜSTÜN ODABAŞI , Sevda Hatun ALTIN , Hanife BÜYÜKGÜNGÖR ; SUCUL ORTAMDAKİ BAZI MİKROKİRLETİCİLERİN OLUŞUMU, DURUMU VE İLERİ OKSİDASYON PROSESLERİ İLE GİDERİLMESİ; NÖHÜ Müh. Bilim. Derg. / NOHU J. Eng. Sci., 2020; 9(1): 57-71; <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/950184>
- [2] Bilgehan NAS, Taylan DOLU, Havva ATEŞ, M.Emin ARGUN, Esra YEL ; TREATMENT ALTERNATIVES FOR MICROPOLLUTANT REMOVAL IN WASTEWATER; SUJEST, c.5, s.2, 2017; <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/395607>
- [3] Perihan GÜNDAĞ Yüksek Lisans Tezi; FOTOLİTİK VE İNCE FİLM TABANLI FOTOKATALİTİK YÖNTEMLER İLE PARASETAMOL GİDERİMİ; NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI; TEKİRDAĞ-2017; <http://acikerisim.nku.edu.tr:8080/xmlui/bitstream/handle/20.500.11776/2407/0051511.pdf?sequence=1>
- [4] Proje Yürütücüsü: Prof. Dr. Sedat YURDAKAL Araştırmacılar: Gofur KHAMIDOV, Sıdıka ÇETİNKAYA, Prof. Dr. Levent ÖZCAN FEN BİLİMLERİ Şubat 2021; NANOTÜP YAPILI TiO<sub>2</sub>'LER İLE GLİSEROL VE 3-PİRİDİNMETANOLÜN SEÇİCİ FOTOKATALİTİK YÜKSELTGENMESİ; T.C. AFYON KOCATEPE ÜNİVERSİTESİ ; AFYONKARAHİSAR – 2021; <https://acikerisim.aku.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/11630/8554/20.FEN.B%C4%B0L.07.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [5] Yasemin CEYHAN ; Yüksek Lisans Tezi ; TiO<sub>2</sub> İLE SULARIN FOTOKATALİTİK DEZENFEKSİYONU; PAMUKKALE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ; TEMMUZ 2011; <http://acikerisim.pau.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/11499/1780/Yasemin%20Ceyhan.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [6] KÜBRA NAZ UĞUR; YÜKSEK LİSANS TEZİ; YENİ NESİL HETEROJEN KATALİZORLERİN ÜRETİMİ, KARAKTERİZASYONU VE ATIKSU ARITIMI İÇİN FOTOKATALİTİK ÖZELLİKLERİNİN İNCELENMESİ; MERSİN ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ NANOTEKNOLOJİ VE İLERİ MALZEMELER ANABİLİM DALI; ARALIK – 2019; [https://acikbilim.yok.gov.tr/bitstream/handle/20.500.12812/334618/yokAcikBilim\\_10316151.pdf?sequence=-1&isAllowed=y](https://acikbilim.yok.gov.tr/bitstream/handle/20.500.12812/334618/yokAcikBilim_10316151.pdf?sequence=-1&isAllowed=y)
- [7] Elif LEVENT; YÜKSEK LİSANS TEZİ; TİTANYUM-DİOKSİT ÜZERİNDE ORGANİK MADDELERİN ADSORPSİYONU VE FOTOKATALİTİK BOZUNMASI; İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ; Ocak, 2008 <http://nek.istanbul.edu.tr:4444/ekos/TEZ/43196.pdf>
- [8] Ebru Devrim ŞAM , Mustafa ÜRGEN, Fatma Z. TEPEHAN; TiO<sub>2</sub> fotokatalistleri; itüdergisi/d mühendislik Cilt:6, Sayı:5-6, 81-92 2007 [http://itudergi.itu.edu.tr/index.php/itudergisi\\_d/article/viewFile/395/337](http://itudergi.itu.edu.tr/index.php/itudergisi_d/article/viewFile/395/337)
- [9] <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22933961/>

[10] Tuğba ŞİMŞEK; Yüksek Lisans Tezi; OKTAKİS[3-TİYOPROPİL 3,5-BİS(TRİFLOROMETİL)BENZOAT] SÜBSTİTÜE PORFİRAZİNLERİN SENTEZİ VE KARAKTERİZASYONU; Haziran 2012;

[https://acikbilim.yok.gov.tr/bitstream/handle/20.500.12812/615819/yokAcikBilim\\_432087.pdf?sequence=-1&isAllowed=y](https://acikbilim.yok.gov.tr/bitstream/handle/20.500.12812/615819/yokAcikBilim_432087.pdf?sequence=-1&isAllowed=y)

[11] İSMAİL ALTIPARMAK; YÜKSEK LİSANS TEZİ; PORFİRİN TABANLI ÜRETİLMİŞ LANGMUIR-BLODGETT (LB) İNCE FİLMLEDE ORGANİK BUHARLARIN DİFÜZYON KATSAYILARININ HESAPLANMASI; BALIKESİR ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ FİZİK ANABİLİM DALI; BALIKESİR, 2019;

[https://dspace.balikesir.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/20.500.12462/6563/%C4%B0smaail\\_Alt%C4%B1parmak.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://dspace.balikesir.edu.tr/xmlui/bitstream/handle/20.500.12462/6563/%C4%B0smaail_Alt%C4%B1parmak.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

[12] Emre ALP; DOKTORA TEZİ; NANO-FOTOKATALİTİK MALZEME ÜRETİMİ, KARAKTERİZASYONU VE FOTOKATALİTİK PERFORMANS İNCELEMESİ; İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ; TEMMUZ 2019

[13] Kenan KOÇ; DOKTORA TEZİ; II-VI GRUBU YARIİLETKEN NANO YAPILI İNCE FİLMLEİN SOL-JEL YÖNTEMİ İLE ÜRETİMİ; İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ; FİZİK MÜHENDİSLİĞİ;

<https://polen.itu.edu.tr:8443/server/api/core/bitstreams/43fab9cf-825a-4c39-af25-8d430063cb38/content>

[14] <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Su-ve-Atiksu-Istatistikleri-2020-37197#:~:text=Belediyeler%20taraf%C4%B1ndan%20i%C3%A7me%20ve%20kullanma,221%20litre%20oldu%C4%9Fu%20tespit%20edildi.>

[15] Microsoft Office Resim Galerisi

[16] <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/su-kullanimi-i-85738>

