

T.C
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**SOĞUTMA SİSTEMLERİNDE KULLANILAN OZON ÜRETİM YAPACAK
SİSTEMİN TASARIM ÜRETİMİ VE ANALİZLERİNİN YAPILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ALİ OKSAY CANLI

Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

Makine Mühendisliği Programı

MAYIS 2016

T.C
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



**SOĞUTMA SİSTEMLERİNDE KULLANILAN OZON ÜRETİM YAPACAK
SİSTEMİN TASARIM ÜRETİMİ VE ANALİZLERİNİN YAPILMASI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ALİ OKSAY CANLI

Y1213.080012

Makina Mühendisliği Anabilim Dalı

Makine Mühendisliği Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Zafer UTLU

MAYIS 2016



T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

Yüksek Lisans Tez Onay Belgesi

Enstitümüz Makina Mühendisliği Ana Bilim Dalı Makina Mühendisliği Tezli Yüksek Lisans Programı Y1213.080012 numaralı öğrencisi Ali Oksay CANLI'nın "SOĞUTMA SİSTEMLERİNDE KULLANILAN OZON ÜRETİM YAPACAK SİSTEMİN TASARIM ÜRETİMİ VE ANALİZLERİNİN YAPILMASI" adlı tez çalışması Enstitümüz Yönetim Kurulunun 26.02.2016 tarih ve 2016/06 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından *Oy birliği* ile Tezli Yüksek Lisans tezi olarak *kabul* edilmiştir.

Öğretim Üyesi Adı Soyadı

İmzası

Tez Savunma Tarihi : 30.05.2016

1) Tez Danışmanı: Prof. Dr. Zafer UTLU

2) Jüri Üyesi : Prof. Dr. Hüseyin Erol AKATA

3) Jüri Üyesi : Prof. Dr. Galip TEMİR

[Handwritten signature of Prof. Dr. Zafer UTLU]
.....
[Handwritten signature of Prof. Dr. Hüseyin Erol AKATA]
.....

[Handwritten signature of Prof. Dr. Galip TEMİR]
.....

Not: Öğrencinin Tez savunmasında **Başarılı** olması halinde bu form **imzalanacaktır**. Aksi halde geçersizdir.

YEMİN METNİ

Yüksek Lisans / Doktora tezi olarak sunduğum “SOĞUTMA SİSTEMLERİNDE KULLANILAN OZON ÜRETİMİ YAPACAK SİSTEMİN TASARIMI ÜRETİMİ VE ANALİZİNİN YAPILMASI” adlı çalışmanın, tezin proje safhasından sonuçlanmasına kadarki bütün süreçlerde bilimsel ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yardıma başvurulmaksızın yazıldığını ve yararlandığım eserlerin Bibliyografya’ da gösterilenlerden oluştuğunu, bunlara atıf yapılarak yararlanılmış olduğunu belirtir ve onurumla beyan ederim. (30.05.2016)

İmza

Ali Oksay CANLI



ÖNSÖZ

Makine Mühendisliği Tez çalışmam süresince her türlü yardım ve fedakârlığı sağlayan, bilgi, tecrübe ve güler yüzü ile çalışmama ışık tutan, ayrıca bana bu çalışmayı vererek kendimi geliştirmeye yönelik de birkaç adım ileride olmamı sağlayan, çalışmamın yöneticisi Sayın Hocam Prof. Dr. Zafer UTLU 'ya, ayrıca Tezimin hazırlanması sırasında beni cesaretlendiren ve manevi destek sağlayan değerli arkadaşlarıma ve aileme teşekkürü bir borç bilirim.

Bu çalışmayı, yetiştirmemde emeği geçen ve benden maddi, manevi hiçbir desteği esirgemeyen aileme ithaf ederim.

MAYIS 2016

ALİ OKSAY CANLI
MAKİNA MÜHENDİSİ

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER	ix
KISALTMALAR VE SİMGELER	xi
ÇİZELGE LİSTESİ.....	xiii
ŞEKİL LİSTESİ.....	xv
ÖZET.....	xvii
ABSTRACT.....	xix
1. GİRİŞ	1
1.1 Ozona Yönelik Yapılan Çalışmalar	3
1.2 Ozon Hakkında Faydalı Bilgiler	4
1.3 Ozon Tarihsel Olarak Gelişim Süreci	5
1.4 Ozonun Kullanımının Etkileri	6
1.5 Ozonun Uygulanma Alanları	7
1.5.1 Atık ve atık su sterilizasyonunda ozon uygulanması	8
1.5.2 Su arıtılmasında ozon uygulanması	9
1.5.3 Koku yok etmede ozon uygulanması.....	9
1.5.4 Bakteri ve mikropların yok edilmesinde ozon uygulanması	10
1.5.5 Gıda endüstrisinde ozon uygulanması	10
1.5.6 Yıkama işlemlerinde ozon uygulanması.....	11
1.5.7 Havuz suyunun temizlenmesinde ozon uygulanması	11
1.5.8 Kâğıt sanayinde ozon uygulanması	12
1.5.9 Çiçek sektöründe ozon uygulanması	12
1.5.10 Tekstil sektöründe ozon uygulanması.....	12
2. OZONUN TEORİK OLARAK İNCELENMESİ	15
2.1 Ozonun Merkezi İklimlendirme, Ortam Havası Koku Ve Bulaşıcı Hastalıklar Üzerindeki Etkisi	15
2.2 Ozon Uygulanabilen Koku Türleri	15
2.3 Ozon Ve Negatif İyon Sisteminin Karşılaştırılması	16
2.4 Ozon Eşik Değerleri.....	17
2.4.1 Ozon miktarı ppm tanımı	17
2.4.2 Dünyadaki ozon seviyeleri ve canlılar üzerindeki etkileri.....	17
2.4.3 Ozonun mikroplar üzerindeki etkisi	18
2.4.4 Ozonun bakteri ve virüsler üzerindeki etkileri	19
2.5 Ozon Uygulanmasındaki Avantajları Ve Dezavantajları.....	21
2.6 Gıda Sektöründe Ozon Uygulanması	23
2.7 Ozonun Çalışma Mekanizması	25
3. OZONUN ÜRETİM SİSTEMLERİ.....	27
3.1 Ozonun Suni Olarak Üretilmesi.....	27
3.1.1 Fotokimyasal olarak ozon üretilmesi	27
3.1.2 Elektrolitik olarak ozon üretilmesi	28

3.1.3 Radyokimyasal olarak ozon üretilmesi	28
3.1.4 Korona Deşarj yöntemiyle ile ozon üretilmesi	29
3.2 Ozon Üretim Jeneratörleri.....	29
3.2.1 UV ozon üretim jeneratörü	29
3.2.2 Düşük frekans üretim ozon jeneratörü	30
3.2.3 Korona Deşarj üretim ozon jeneratörü.....	30
3.3 Ozonda Kabul Edilen Önemli Eşitlikler	32
3.3.1 Ozon jeneratörünün üretiminin hesaplanması	32
4. TERMODİNAMİK ANALİZ.....	33
4.1 Termodinamiğin I. Yasası.....	34
4.2 Termodinamiğin II. Yasası	36
4.2.1 Ekserji Analizi	36
5. ÜRÜN TASARIMI.....	41
5.1 Devrenin Besleme Katı	41
5.2 Devrenin Zamanlama Ve Kontrol.....	41
5.3 Devrenin Yüksek Gerilim Deşarj.....	41
5.4 Devre Besleme Katı Elemanları Ve Fonksiyonları.....	42
5.5 Devre Zamanlama Ve Kontrol Katı Elemanları Ve Fonksiyonları	42
5.6 Devre Yüksek Gerilim Deşarj Katı Elemanları Ve Fonksiyonları	43
5.7 Ürünün PCB Bileşeni ve Fonksiyonları.....	43
5.8 Ürünün Mekanik Bileşenleri ve Fonksiyonları.....	44
5.8.1 Ürünün kutusu ve fonksiyonları.....	44
5.8.2 Ürünün deşarj kafası ve fonksiyonları	44
6.PROTOTİP ÜRETİLMESİ VE ANALİZİ.....	47
6.1 Ürün Özellikleri	47
6.2 Prototip Hazırlama	48
6.3 Prototip Doğrulama.....	52
6.4 Ozon Jeneratörlü Ev Tipi Buzdolabı Analizi.....	57
7. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	61
KAYNAKLAR.....	63
ÖZGEÇMİŞ.....	65

KISALTMALAR VE SİMGELER

FDA	: Amerikan Gıda ve İlaç Dairesi
GRAS	: genel olarak güvenilir
COD	: kimyasal oksijen ihtiyacı
PCB	: baskılı devre kartı
PPM	: milyon birimde ünite

SİMGE LİSTESİ

H_f	Entalpi, (kJ/mol)
(ΔH)	Entalpi Değişimi
S	Entropi, (J/mol.K)
(ΔS)	Entropi Değişimi
\dot{m}	Kütleli Debi, (kg/s)
T	Sıcaklık, (K, °C)
η_i	Enerji Verimi
Q_s	Isı Enerjisi, (kJ)
ΔG	Gibbs Serbest Enerjisi, (kJ)
Q_{cev}	Isı Enerjisi çıkışı, (kJ)
W_T	Toplam Enerji, (kJ)
W_e	Elektrik Enerjisi, (kJ)
Q_t	Tersinir ısı transferi, (kJ)
P_0	Referans çevre basıncı, (bar)
P_{00}	İdeal gazın kısmi basıncı (bar)
$\Delta \bar{g}_x$	Gibbs değeri, (kJ/mol)
\bar{R}	Molar üniversal gaz sabiti, (8,3411 J/molK)
e_x	Ekserji, (kJ/kg)
$(\Delta G)_0$	Gibbs değişim değeri, (Kj/mol)
η_{ex}	Ekserji verimi

ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 1.1 : Ozonun özellikleri	2
Çizelge 1.2 : Uygulanma alanlarına göre ozon miktarı ve süreleri	8
Çizelge 2.1 : Ozon ile negatif iyon karşılaştırması.....	17
Çizelge 2.2 : Ozonun bakteri ve virüsler üzerindeki etkisi.....	19
Çizelge 6.1 : Buzdolabı sistem çevrimi tablosu.....	57

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1 : Doğal Ozon Oluşumu.....	1
Şekil 1.2 : Bir Kavuna ozon uygulanması sonucu.....	6
Şekil 1.3 : Atık Su Örneğinde 8,500 Mg/L'den , COD Değerlerinin Ozon İşlemiyle 100mg/L'ye Getirilmesi.....	9
Şekil 1.4 : Bakteri Ve Mikroplara Ozon Uygulanması.....	10
Şekil 1.5 : Gıda Endüstrisinde Ozon Uygulanması	11
Şekil 1.6 : Ev Tipi Beyaz Eşyalarda Ozon Kullanımı	11
Şekil 1.7 : Havuz Suyun Temizlenmesinde Ozon Uygulanması.....	12
Şekil 1.8 : Tekstil Sektöründe Ozon Uygulanması.....	13
Şekil 3.1 : Korona Deşarj Yöntemi İle Ozon Üretimi	29
Şekil 3.2 : Korona Deşarj Şeması	31
Şekil 3.3 : Korona Deşarj Yönteminin Adımları	31
Şekil 4.1 : Ozon Jeneratörlü Buzdolabı	37
Şekil 5.1 : Ozon Jeneratörü Devre Şeması	42
Şekil 5.2 : PCB Bileşeni	43
Şekil 5.3 : Kutu ve Deşarj Kafası Gösterimi	44
Şekil 5.4 : Deşarj Kafası Çizimi	44
Şekil 6.1 : Tedarik Edilen Malzemelerin Listesi	47
Şekil 6.2 : Tedarik Edilen Malzemeler	49
Şekil 6.3 : Kafa Plastik ve Metal Gövdeleri	49
Şekil 6.4 : Kafa Plastik Kalıbı	50
Şekil 6.5 : Kutu Kalıbı	50
Şekil 6.6 : Kafa Metal Kalıbı	51
Şekil 6.7 : PCB Devre Prototip.....	51
Şekil 6.8 : Yalıtılmış PCB Devre Prototip.....	52
Şekil 6.9 : Ozon Ölçüm Cihazı İle Yapılan Test	53
Şekil 6.10 : İklimlendirme Kabininde Yapılan Ozon Ölçümü	53
Şekil 6.11 : Termal Kamera İle Yapılan PCB Analizleri	54
Şekil 6.12 : Termal Kamera İle Yapılan Deşarj Kafası Analizleri	54
Şekil 6.13 : Termal Kamera.....	55
Şekil 6.14 : Glow Wire Testi	55
Şekil 6.15 : Osiloskop Cihazı Çıkış Gerilim Ölçümü	56
Şekil 6.16 : Ozon üretim anında deşarj kafası görünümü.....	56
Şekil 6.17 : Ozon Jeneratörlü Buzdolabı	57

SOĞUTMA SİSTEMLERİNDE KULLANILAN OZON ÜRETİM YAPACAK SİSTEMİN TASARIM ÜRETİMİ VE ANALİZLERİNİN YAPILMASI

ÖZET

Ozon teknolojisine sahip ürünler her alanda kullanılmaya başlanmıştır. Soğutma sistemlerinde ozon teknolojisinin kullanım amacı, gıda ürünlerindeki mikroorganizmaları yok ederek bu ürünlerin raf ömürlerinin uzatılmasını sağlamaktadır. Ayrıca gıda zehirlenmelerinin önüne geçilmiş olmaktadır.

Bu çalışmada Ozonun tarihi, çalışmalarına, gelişimine ve kullanım alanlarına değinilmiştir. Ayrıca Ozonun teorik olarak incelenerek avantajları ve dezavantajları, etkileri araştırılmıştır. Ozon üretim metotları incelenerek bu yöntemlerin farkları, verimlilikleri, birimleri ve ozon hesaplanması ve eşik değerleri incelenmiştir. Ayrıca Soğutma sistemlerinde kullanılan Ozon üretim sisteminin tasarımı yapılması ile prototip imalatına gerçekleştirilmiş; çıkan üründe üzerinde testler yapılarak sonuçları mevcut sistemlerle karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler : Ozon , Ozon Jeneratör , Corona Discharge

PRODUCTION ANALYZING AND DESING OF PRODUCTION SYSTEMS FOR OZONE USED IN COOLING SYSTEMS

ABSTRACT

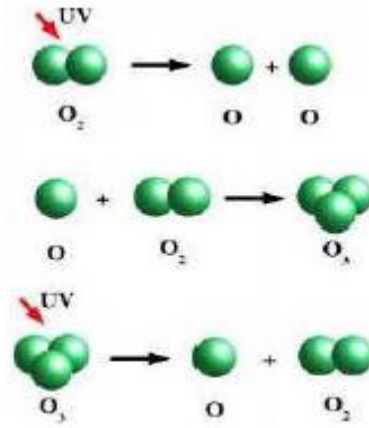
Products with ozone technology are started to be seen in many fields. In cooling systems means for ozone technology is exterminating the microorganisms in food products thus extending their shelf life and preventing food poisoning.

In this study; history of ozone, works and studies, progression and areas of use is referred. Also theoric examination of ozone for advantages, disadvantages and affects are referred. Also ozone production methods are examined and difference, productivity, units of these methods and ozone calculation and threshold values are referred. Also design of production systems for ozone used in cooling systems, building a prototype and testing it is referred.

Keywords : Ozone , Ozone Generator , Corona Discharge

1. GİRİŞ

Ozon “O₃” oda sıcaklığında (25°C) renksiz, belirgin kokulu bir gazdır. Havada bulunan oksijen moleküllerinin “O₂” yüksek bir enerji ile atomlarına ayrışmasıyla kararsız atom durumundayken bir başka oksijen molekülü ile hızla birleşmesinden sonra Şekil 1.1’deki gibi reaksiyon sonucu ortaya çıkar.



Şekil 1.1 : Doğal Ozon Oluşumu

Atmosferde doğal halde bulunan ozon oldukça önemli bir gazdır. Gaz fazında iken mavi, sıvı ve katı fazındayken mat mavi ve siyah rengindedir. Normal koşullar altında ozon oldukça kararsız bir gazdır; suda kısmen çözünürdür; belirgin bir kokuya sahiptir. Gıdalarda kullanılabilen ve ticari kullanım hakkı olan tek doğal dezenfektandır. Normal koşullar altında Ozon kısa sürede yarılanarak özü olan oksijene dönüşebilmektedir. Ozonun oksidasyon reaksiyonu başladıktan sonra, ortamın sıcaklık ve nemine bağlı olarak yaklaşık 1 saat içerisinde ozon molekülleri özü olan iki atomlu O₂ gazını oluşturmaktadır. Dolayısıyla, farklı dezenfekte maddelerine göre artık ürün veya reaktif ürün oluşması söz konusu değildir.

Ozonun özellikleri Çizelge 1.1’de gösterilmektedir.

Çizelge 1.1 : Ozonun özellikleri

Özellik	Ozon
Formülü	O ₃
Molekül Ağırlığı	48
Renk	Açık mavi
Koku	Kendine has
Sudaki çözünürlük (0°C)	0.64
Yoğunluk (g/L)	2.144
Kaynama noktası	-111.9±0.3°C
Erime noktası	-192.5±0.4°C
Kritik sıcaklık	-12.1°C
Kritik basınç	54.6 atm

Ozon gazı, dünyada yer alan canlıların güneşin zararlı ışınlarından koruyan bir kalkan görevindedir. Yani ozon tabakasının olmasaydı, güneşten gelen radyasyon seviyesi yüksek zararlı ışınlar yeryüzüne ulaşarak canlılar üzerinde olumsuz genetik zararlara yol açabilirdi. Atmosferin üst katmanlarında UV ışınları sonucu, yine alt katmanlarda yıldırım sonucu meydana gelen elektrik arkının oksijeni atomlarına ayırmasıyla oluşan ozon, havanın temizlenmesinde çok önemli bir görev üstlenmektedir. Ayrıca ozon birçok gelişmiş ülkede hava kirliliği ölçütü olarak kullanılmaktadır. Ozon gazı sayesinde gökyüzü mavi renkte görünmektedir. Ozon tabakası özellikle ultraviyole ışınları (290-320 nm) absorbe eder. Ozon tabakası eğer incelik ya da delinir ise absorbe işlemini yerine getiremeyeceğinden güneş ışınları canlılar için ciddi bir tehlike oluşturmaktadır. Ozon tabakasının incelmeye neden olan maddelerin başında kloroflorokarbon içeren yangın söndürücüler, plastik köpükler (strafor), klor türevleri, spreiler ve aerosoller gelmektedir.

Yapılan bir araştırmaya göre ABD’de son yıllarda gerçekleşen gıda zehirlenmesi vakaları genellikle taze olarak tüketilen meyve ve sebzelerden ortaya çıktığı anlaşılmıştır. Bu tür vakalara genellikle bakterinin kolayca saklanabileceği gedikler içeren, lahana ve maydanoz gibi yapraklı sebzeler yol açmaktadır. Bu nedenle bakterilerin etkisizleştirilmesi için ısı işlem dışında etkili bir metot gerektiği açıktır. Ozon çok etkili bir anti bakteriyeldir. Gıda malzemelerinin korunması için 2001 yılında Amerikan Gıda ve İlaç Kurumu (FDA) tarafından ozon kullanılması onaylanmıştır. Ozon gaz fazında ya da suda çözündürülmüş durumda kullanılabilir. Ozon kullanım alanları arasında atık suların dezenfektanı, gıda malzemesiyle temasta

bulunan yüzeylerin dezenfektan edilmesi, ekipman hijyeni, taze meyve ve sebzelerdeki bakterilerin yok edilmesi ve böcek zehrinden temizlenmesi söylenebilir. Ozonun gaz fazında kullanılması hem ürün yüzeyindeki hem de havadaki bakteri ve küflerin etkisiz hale getirilmesi açısından önem arz eder. Ozon gazı klor gazından daha etkin olduğu gibi kullanımdan sonra malzemenin üzerinde zararlı bir atık bırakmadığı için de avantajlıdır. Ozon; çiğ balık, tavuk ve etlerin dezenfektan edilmesinde yumurtaların kabukları üzerindeki bakterilerin arındırılmasında da kullanılabilir. Ozon çok aktif bir maddedir. Bu sebeple birçok organik malzemeyle tepkimeye girebilir. Ozon derişimi 5 dakika sürede 3 ppm üzerine çıkması durumunda, bakterileri yok edilmesiyle birlikte yağların da oksidasyonuna neden olarak renk kaybına sebep olabilir.

Ozon kendi başına bir metot olarak kullanılabilceği gibi diğer işlemlerle birlikte engel teknolojisi şeklinde de uygulanabilir. Diğer işlemler arasında pH azaltılması, tuz ilavesi, radyasyon, yüksek hidrostatik basınç ısı işlemler gösterilebilir. Gıda ürünleri ilk ozonla işlendikleri vakit bakterilerin diğer işlemlere olan hassasiyetinin arttığı görülmüştür.

Ozon depolanması ve taşınması mümkün olmadığı için kullanılacağı zaman ve yerde üretilir. Ozonun kendine özgü kokusu 0,01- 0,05 ppm üzerinde olduğunda kişi tarafından algılanır. Havadaki ozon miktarı günde 8 saatlik bir çalışma içinde maksimum 0,1 ppm altında tutulmalıdır. Piyasada ozon üretimi yapan birçok cihaz vardır. Ozon kullanım alanına göre özel sistem tasarlanmalıdır. Eğer sıvı fazında kullanılacaksa ozonun suda çözünürlük oranına, sistem sıcaklık değerine, pH değerine ve gıda ürünündeki organik ürün miktarı göz önüne alınmalıdır.

1.1 Ozona Yönelik Yapılan Çalışmalar

1929 yılında Violle bakteriler enjekte edilmiş balıklarda yaptığı bir çalışma ile ozonlanmış deniz suyunun saf suya göre yüksek düzeyde sterilizasyon sağladığını ispatlamıştır. Yapılan çalışmada ozonlu suda yer alan balıkların dış görünüşünde ve tatlarında hiçbir değişikliğe neden olmadığı gözlemlenmiştir.

1989 yılında Kondo bir kabağı 1 saat süreyle 2.3 mg/cm³ ozon konsantrasyonu ile karıştırılan suda yerleştirmiş ve kabaktaki toplam bakteri, küf ve mantar miktarlarında %90'a yakın azalma olduğu tespit edilmiştir.

1998 yılında Myung ve arkadaşları toz halinde bulunan kırmızı ginsin bitkisinin

gamma ışınları etkisiyle ozon kullanımının etkileri adlı bir çalışma yapmışlar. Bu çalışma sonuçlarına göre gamma ışınlarıyla muamele edilen örneklerde toplam bakteri, küf ve mantarların miktarlarında fark edilebilir derecede azalma olduğu tespit edilmiştir. Buna karşın 8 saat süreyle 18 ppm ozon uygulanmış ürünlerde toplam bakteri miktarı, küf ve mantar miktarları istenilen düzeyde olmadığı tespit edilmiştir.

2005 yılında Öztekin ve arkadaşları ozon uygulamasının kurutulmuş incirin mikroflorası üzerine etkisi konusunda bir çalışma yapmışlar. Yapılan bu çalışmada ozon gazı 3-5 saat ve 5-10 ppm konsantrasyonlarda olacak şekilde uygulanmış ve ardından toplam bakteri miktarı, küf ve mantar miktarlarında önemli bir azalma olduğu gözlenmiştir. Yine bu çalışmada örneklerde Escherichia Coli bakterisinin bulunmadığı saptanmıştır. Sonuçlar incelendiğinde kurutulmuş incir üzerinde mikroorganizma miktarının azaltılması için 3 saat boyunca 5 ppm ozon uygulamasının gerektiği tespit edilmiştir.

1997 yılında İnan kırmızı biberlerdeki aflatoksin niceliğinin ozonla indirgenmesi konusunda çalışması üzerine sırasıyla 7.5-15-30-60 dakika sürelerde 16 mg/cm³ ; 33 mg/cm³ ; 66 mg/cm³ konsantrasyonlarda ozon kullanmış ve ürünlerle uygulamıştır. Çalışmanın neticesinde, aflatoksin B1 miktarının 33 mg/cm³ derişiminde 1 saat boyunca ozon kullanılarak %80 oranında azaldığı tespit edilmiş. Bunun yanı sıra 60 mg/cm³ derişiminde ve 1 saatte aflatoksin sayısının % 93 civarında azaldığı görülmüştür.

1.2 Ozon Hakkında Faydalı Bilgiler

Ozon eski zamanlardan dahi bilinmektedir. Ozon kendine has son derece keskin bir kokuya sahiptir. Ozon'nun adı Yunan kelimesi olan "Ozein" den gelmektedir. Bu isim keskin kokusuna istinaden konulmuştur. Özellikle fırtınalı havalardan sonra temiz hava kokusuyla niyetiyle aldığımız nefeste bu duyguyu yaratan aslında yıldırımdan kaynaklanan ozon oluşumudur. Bu yönde daha sonraları yapılan araştırmalarla, ozonun etkileri ortaya çıkarılmıştır.

Ozonlama işlemi ise 100 yıldır bilinen işlem olduğu halde değeri henüz yeni anlaşılmaktadır. 1840 yılında Schönbein tarafından bulunan ozon, Amerika'da 1903-1906 yıllarında su arıtım işleminde de kullanıldı. Bu tarihte klorunda ilk kez uygulanma zamanlarıdır.

Ozon 1940 yıllarında içme suyu arıtmasında kullanabilir duruma gelmiştir. Lakin o zamanlar ozon üretimi hala pahalı ve zor bir metottu. Ozon kullanımı, 1980'lere doğru teknolojinin ilerlemesiyle birlikte daha çok yaygınlaştı ve uygulama alanları arttı. Ozon teknolojisi artık kaplıcalarda, soğutma ürünlerinde ve yüzme havuzlarında uygulanıyordu. Ozon farklı alanlarına girmesiyle uygulanma alanlarını da genişletti. Atık suyun tekrar kullanılabilmesi, siyanürlü gazın ortadan kaldırılabilmesi gibi maddi yönden ve sağlık yönünden fayda katan alanlarda uygulandı. Ozon yüksek miktarda ilk kez Amerika'nın Los Angeles kentinde şehir suyu şebekesinin temizlenmesinde uygulamıştır.

Ozon ile ilgili yapılan çeşitli deneyler ve çalışmalar neticesinde ve ozonun kuvvetli oksitleyici olmasına binaen suda ve havada pek çok organik canlılığın yok etmede, mikrop kırıcı ve koku yok etmede kullanılabilceği anlaşılmış ve kabul edilmiştir. [4].

O₃'lu havanın sterilize amacıyla kullanılmasının nedeni ozonun kuvvetli oksitleyici etkisinden kaynaklıdır. Ozon, bulunduğu ortamdaki kötü koku ve hava kirliliğini temizlemesi sebebiyle insanlara canlılık hissi sağlar. Bu sebeple insanların iyi çalışmalarını ve yaptıkları işe konsantre olmalarını sağlar. Ozonun dezenfektan olması sebebiyle gıda alanında çok sık kullanılır. Geride hiçbir atık bırakmaz.

1.3 Ozonun Tarihsel Olarak Gelişim Süreci

163 yıldır tıbbın hizmetinde olan Ozon'un faydaları ilk defa 1840 yılında İsviçre'de Alman kimyacı olan Christian Fredrick Schönbein tarafından keşfedilmiştir.

1856 yılında ameliyathanelerin dezenfeksiyonunda kullanıldı.

1860 yılında Monaco'da suların ozonla sterilizasyonuna başlandı. Ozonun virus ve bakterileri yok edebilmesinin yanı sıra sudaki tüm koku ve kötü tatları ortadan kaldırmaktadır.

1900'de ozon jeneratörü ilk patentini Nicola Tesla aldı.

1902 yıllarında H.J. Clarke tarafından diyabet, morfin zehirlenme ve kanser gibi hastalıklarda kullandı.

1915 yılında Dr. Albert Wolf tarafından I. Dünya Savaşı sırasında yaraların ve kangren vakalarının ozonla tedavi gerçekleştirdi.

1926 yılında Berlin'de Dr. Otto Warburg tarafından kanserli hücre seviyesindeki oksijen eksikliğinden kaynaklandığını saptayarak 1931 ve 1944 yıllarında Nobel ödüllerini kazandı.

1957 yılında Dr. J. Hansler kendi tasarımı olan medikal ozon jeneratörü patentini aldı.

1961 yılında Hans Wolf tarafından tanıtılan major ve minör otohemoterapi yöntemlerini uygulanmaya başladı.

1977 yılında Dr. Renate Viebahn tarafından ozon uygulanan insan vücudundaki etkilerini teknik verilerle ortaya koydu.

1979 yılında Dr. George Freibott tarafından ilk AIDS hastasına ozon tedavisi uygulandı.

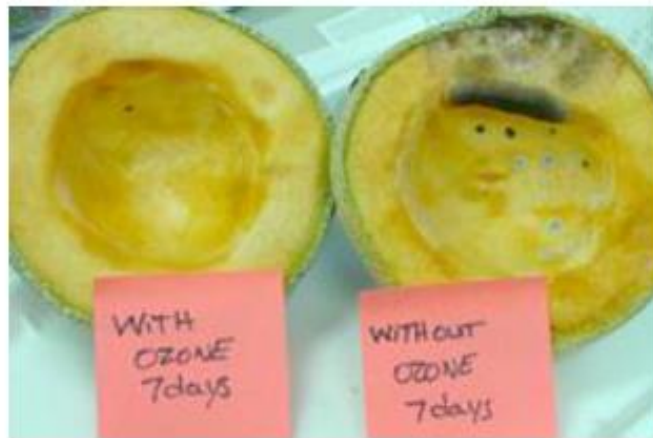
1980 yılında Dr. Horst Kief tarafından ozonla AIDS tedavisiyle başarı kazanıldığını söyledi.

1992 yılından bugüne Rusya'da yanık vakalarının tedavisinde uygulanıyor.

1998 yılından bugüne Türkiye'de Kızılay Altıntepe Araştırma Hastanesi'nde ozon tedavisi kullanılıyor.

1.4 Ozon Kullanımının Etkileri

Ozon, temel olarak kararsız yapıda olmasından dolayı kolay oksidasyon etkileşimi yapar. Bu nedenle mikroorganizmaların öldürülmesinde ve moleküllerin parçalanmasını, kokuların giderilmesini ve gıdaların ürünlerinin raf ömürlerini uzatması sağlar.



Şekil 1.2 : Bir Kavuna ozon uygulanması sonucu

Ozon suda çözültü ürün, herhangi bir koku veya tat oluşturmaz. Ozon gazı ile dezenfekte edilmiş su klor gibi gözle zarara vermez. Ozon gazı uygulanmış su ile temasta fazla klor maruz kalma ile elbise veya saçın renginde bozulma meydana gelmez. Ozon sudaki diğer moleküllere veya kimyasal diğer reaktif ürünlerle bağlanmaz. Ozon gazı; sudaki ve havadaki zararlı bakterileri ve mikropları temizler. Havanın durumuna göre 8 dakikadan 30 dakikaya kadar ozon ayrılarak tekrar oksijen molekülüne veya suya moleküllerine döndüğünden herhangi bir yan etkisi söz konusu değildir ve atık bırakmaz. Bundan dolayı farklı dezenfekte malzemeleri gibi kanserojen riski taşımamaktadır. Bununla birlikte ozonun yanma ve patlama tehlikesi yoktur. İyi bir dezenfekte işlemi için gerek duyulan miktarda ozon gazı kullanılması durumunda buhar ve zararlı gazlar oluşturmaz. Ozon sudaki pH seviyesini bozmaz. bu sayede pH dengeleme zamanını azaltır.

Ozon çok hızlı bir şekilde reaksiyona girdiğinden dolayı bir anda harcanır ve oksijen gazına döner. Ozonun yapısı hassastır tepkimeye gireceği hiçbir maddenin bulunmadığı bir ortamda bile kendi kendine çözünerek tekrar oksijen gazına döner. Bu sebepten ötürü depolanamazlar. Ozon uygulanacağı zamanda ve yerde üretilmelidir.

Ozonun kendi kendine çözünmesi ve kaybolması yarı zaman diye adlandırılır. Yarı zaman, derişimin yarı yarıya inmesi için gerekli zamandır. Bu zaman hava şartlarına göre değişiklik olur. Alt sıcaklıklarda ömrü daha fazladır, Lakin temiz havada oluşturmak sıkıntılı olduğundan havada ve suda, daha az zamanda, derişimi bir anda ve sıfır olur.

Canlılar üzerinde ozon gazının herhangi bir yan etkisi yok gibidir. İnsanlarda göz burun gibi hassas yerlerde tahrişe sebebiyet verebilir. Fakat bu durumda FDA raporları ile derişim tutarları ve zamanları standarda bağlanmıştır. Ozon gazının bitkiler üzerinde yan etkisine rastlanmamıştır.

1.5 Ozonun Uygulanma Alanları

Ozonun faydaları ilk defa 1840'da İsviçre'de kimyager Christian Fredrick Schönbein keşfetmiştir. Amerika'da 1903-1906 yılında bitkilerde su sterilizasyon için uygulanan ozon,40'lı yıllarda içme suyu sterilizasyonunda da uygulanmıştır.80'li yıllarda teknolojinin ilerlemesiyle ozon kolay ve daha ucuz olmasıyla birlikte uygulanma alanları genişlemiştir. Ozon, başlıca gaz fazda ve sıvı durumda yüzeylerde başta olmak

üzere farklı alanlarda kullanılabilir. Suların arıtımında; tat, koku, renk, bulanıklık, siyanid, nitrit ve amonyak yok edilmesinde, metallerin uzaklaştırılmasında, tarımsal ilaç kalıntılarının giderilmesinde, sedef dirençli mantar ve akne gibi cilt gibi hastalıklarda, balık üretim çiftliklerinde, akvaryumlarda, et, balık, tavuk işleme tesislerinde soğuk hava depolarında, veterinerlik ve hayvancılıkta enfeksiyon yok edilmesi, alfatoksin temizlenmesi, hava alanı, hastane gibi klima sistemleri olan tesislerde, yüzme havuzlarında, arabalarda sigara veya yangından hasar görmüş yapıları sterilizasyonu ve kokuları yok etmede, bakteri ve virüslerin dezenfeksiyonunda, kanda yer alan virüs yok edilmesinde, cilt hastalıklarında, virüslerin neden olduğu vakalarda, zayıflamada, endüstriyel atık suların kontrolünde, tekstil endüstrisinde, dezenfeksiyonunda ve atık su arıtımında ve üniversiteler ile araştırma şirketlerinin Ar-Ge çalışmalarında uygulanmaktadır

Uygulanma alanlarına göre ozon miktarı ve süreleri aşağıdaki Çizelge 1.2’de verilmiştir.

Çizelge 1.2 : Uygulanma alanlarına göre ozon miktarı ve süreleri

Uygulama Alanları	Uygulanan Ozon Dozu (mg/L)	Temas Süresi (dakika)
<u>Şişelenmiş su (Dezenfeksiyon)</u>	0.25-1.0	5-10
<u>Kullanma Suyu</u>	-	-
Dezenfeksiyon	1.5-3.0	5-10
Bulanıklık giderimi/mikroflor	0.5-1.5	3-10
Trihalometan (THM) yapıcılarının giderilmesi	1.5-3.0	5-10
Tat ve koku giderimi	1.0-5.0	5-10
Renk giderimi	2.0-10.0	15-30
<u>Saflaştırılmış Su</u>	-	-
Toplam organik karbon giderimi	1.0-3.0	1
Boruların sanitasyonu	1.0-3.0	5-10
Atık su	5.0-15.0	15-30
Soğutma kuleleri	0.1-0.4	1

1.5.1. Atık ve atık su sterilizasyonunda ozon uygulanması

Endüstride görülen ve önem arz eden bir problem olarak görülen; fabrikada yan ürün ve atık su kimyasal ölçülerinin, çevre ve insan sağlığı için zararlı seviyelere gelmesidir. Ozon gazı, tehlikeli kimyasal içeren yan ürün ve atık sularda kapsamlı arıtma verirken, doğa ve insan açısından koruyucu etki yapmaktadır. Bir çok sanayi şirketi, fazla maliyetlerle arıtma sistemleri inşa etmelerine karşın etkin şekilde kullanamamaktadırlar. Ozon gazı, öngörülen tüm uygulamalardan daha efektif ve ucuz

bir uygulamadır, sistem maliyeti düşüktür. Tesislerinde ozon uygulayanlar atık sularda %99'a yakın bir oranda koku ve renk azalımı sağlar.



Şekil 1.3 : Atık Su Örneğinde 8,500 Mg/L'den , COD Değerlerinin Ozon İşlemiyle 100mg/L'ye Getirilmesi

Reaktif, ve asidik boyarmaddelerin çözülmesinde fazlaca etkiliyken, suda içinde erimesi zor olan naftol, sülfür, küp, gibi boyarmaddelerin parçalamasında az etkin olmaktadır.

1.5.2 Su arıtılmasında ozon uygulanması

Şişelenmiş suyun içinde ozon gazı derişime binaen belirli zaman alması ile suyun arıtılması sağlanır. Ayrıca kapaklardan ve şişe gelen pislikleri temizlenmesi yönünden büyük avantaj sağlar.

Sulardaki nötralizasyonu, reaktif oksidasyon ve bulanıklıklar kullanılan ozon gazı yöntemi sayesinde önlenabilmektedir. Ozon gazı işleme suyun pH seviyesini değiştirmemektedir. Bunun sebebi ozon gazının pH değerinin nötr olmasıdır. Ozon gazı su içerisinde bulunan klor maddesinde temizleme yeteneğine sahiptir. Su arıtma tesisinde, su içinde bulunan demir ve mangan iyonları en az sayılara azaltılması sebebiyle ozon ticari yönden avantaj öne çıktığı için kullanılmaktadır. Pis sulardan ozonlama, filtreleme amacıyla yok edilmesi mümkün olan farklı ağır metaller ise kadmiyum, gümüş, kurşun, nikel ve civadır.

Sulardaki bakteriyel mikroorganizmaların faaliyetleri nedeniyle ya da içinde görülebilen, ozonla kolayca oksitlenerek nitrata dönerken, amonyağın ozonlama işleme ardından temizlenmesi fazlaca güç teşkil etmektedir. Siyanat, siyanid, tiyosiyanata benzer nitrojen anyonları, ozonlama uygulanabilmektedir.

1.5.3 Koku yok etmede ozon uygulanması

Koku yok etme aşamasında ozon, çok yaygın kullanım alanına sahip ve kusursuz çözümler sunabilmektedir. Soğuk hava depoları ve kulelerinde, gece kulüplerinde, et

ve et ürünleri işletmelerinde, balıkçılıkta, otellerde, evlerde, ilaç, kauçuk fabrikalarında, yemek fabrikalarında, tavuk çiftliklerinde, benzin istasyonlarında, ozon gazı diğer maddelerin veremeyeceği muhteşem çözümler sunabilmektedir.

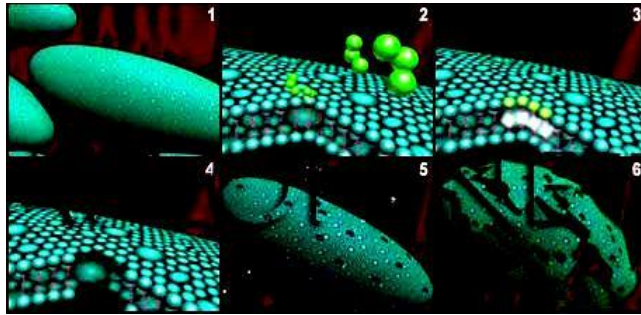
Suda ve havada meydana gelen pis kokuların sebebi olan organik veya yapay bileşenler, ozon gazıyla oksitlenerek, koku yok etme aşamasında ozonun en iyi yok edici olduğu anlaşılmaktadır.

Elektron dansiteli amin, olefin, sülfid, gibi kullanışlı bileşiklerle beraber koku yeteneği görülmektedir. Ozon gazı bu kullanışlı bileşikleri kokusuz olan oksijenli bileşiklere döndürmektedir.

Su içindeki tat ve koku kaynağı doğal yollarla elde edilen organik maddeden veya yapay organik bileşenden oluşmaktadır. Bitki çürümelerinden kaynaklanan, mikroskobik olaylarla su yüzeyinde tadın ve kokunun bozulmasına sebebiyet vermektedir. Ozon gazı bu maddeleri oksitlediğinden suyun tadında fark edilir seviyede iyileşmeye neden olur.

1.5.4 Bakteri ve mikropların yok edilmesinde ozon uygulanması

Ozon gazı mikrop hücresinin zarını yırtarak veya eriterek mikropları yok eder. Genel kullanılan klorsa hücrenin zarından geçerek mikrop enzimlerini durdurmaktadır. Bu süreçte 0,1 ile 0,5 mg/cm³ arasında ozon, neredeyse bütün mikroorganizmaları yok etmektedir.



Şekil 1.4 : Bakteri Ve Mikroplara Ozon Uygulanması

1.5.5 Gıda endüstrisinde ozon uygulanması

Ozon uygulanması; mezbahanelerde ve kasaplarda soğutma aletlerin temizleme ve etin yıkanmasında kullanılan suların sterilizasyonunda, zorlu bakterileri hızlı bir şekilde etkisizleştirmektedir.

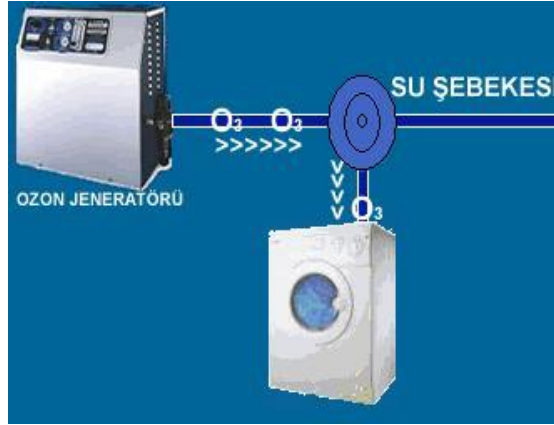
Gıda imal prosesleri ve depolanma sırasında havandan geçen küf ve bakteriler, yiyeceklerin hızla bozulmalarına sebebiyet vermektedir. Ozon; küflenmeyi engellemekle birlikte gıda güvenilirliğini %100 yaparak gıdaların daha uzun ömürlü olması sağlanmaktadır. Bununla beraber pis kokuları yok etmektedirler.



Şekil 1.5 : Gıda Endüstrisinde Ozon Uygulanması

1.5.6 Yıkama işlemlerinde ozon uygulanması

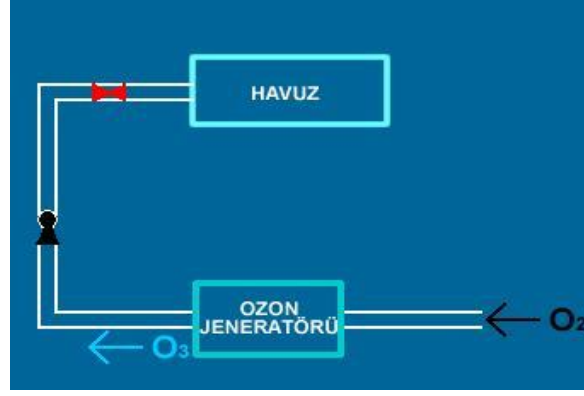
Ozonla yıkama işleminde yalnız bir yıkama, durulama uygulanırken, sıcak su ihtiyaç olmaktadır. Suyu ısıtmak için enerji maliyeti azaltıldığı için gaz tüketimi de azalır. Bu sebeple yıkama işleminde harcanan malzeme düzeyinde de kazanç elde edilmektedir.



Şekil 1.6 : Ev Tipi Beyaz Eşyalarda Ozon Kullanımı

1.5.7 Havuz suyunun temizlenmesinde ozon uygulanması

Ozon gazı naturel temizleyicidir ve bu özelliği suda yer alan filtreleme esnasında takılmayacak kadar küçük maddeleri, takılabilecek büyüklüğe getirerek suya kristal berraklık getirmektedir.



Şekil 1.7 : Havuz Suyun Temizlenmesinde Ozon Uygulanması

1.5.8 Kâğıt sanayinde ozon uygulanması

Bu sanayinin karşısına çıkan en önemli sorunlardan birisi tehlikeli atıkların giderilmesidir. Üretimde ve genel metot olarak kullanılan asidik sülfite ve alkali kraft, kâğıt hamuru imalatında doğa için tehlikeli maddeler bulundurmaktadırlar. Ozon gazı kâğıt sanayinde beyazlaştırma, atık ve atık su temizlenmesinde uygulanması, insan ve doğa için güvenli bir koşul oluştururken, imalatçının maliyeti yüzde elliye kadar tasarruf sağlamaktadır.

1.5.9 Çiçek sektöründe ozon uygulanması

Çiçekçilik sektöründe mamullerin belirli ortam koşulları altında olması, çiçeklerin dayanıklılıkları ve görünüşleri bakımından gereklidir. Kötü koşullarda çiçek yapısındaki çürümeler hızlıca gerçekleşirken, koşullar yerine getirildiğinde çiçeğin ömrü arttırılabilmektedir. Ozon gazıyla beraber çiçek dayanıklılığını artırma ve güçlü bir görünüşte kalma zamanını iki kata kadar oranda yükseltme olanağı mevcuttur. Daha dayanıklı ve güzel görümlü çiçekler sayesinde firmaların ürün kayıplarını yüzde elli azaltmaktadır.

1.5.10 Tekstil sektöründe ozon uygulanması

Ozon yaygın bir biçimde kot kumaşlarının yıkanması esnasında meydana gelen sorunlarından geri boyama sorununu önleme nedeniyle uygulanmaktadır. Kot kumaşlarının temizlenmesi esnasında etiket cep bölümü gibi görüntüsünün değişmesine sebebiyet veren geri boyama sorunu kuru bir koşulda tamburlu temizleme makinelerinde ozon sayesinde beş ile on dakika gibi kısa bir süreçte etkin bir yöntemle onarabilmektedir.

Piyasadaki kot kumaş ürünlerinin ağartılmasını sağlamak amacıyla ozon uygulanması yönündeki araştırmalar devam etmektedir. Kot kumaşlarında gaz fazında çalışabilecek, gözle görölen ağartma şekli elde edebilmesi için ürünün her yerinin eşit olarak nemlendirilmesi sağlanmalıdır. Üretimde kullanılan bu makinelerde; ürünün eşit şekilde nemlendirebilmek için lazım olan sistemin kullanılmamasından ötürü kot kumaşlarının ağartma işleminin için ozon uygulanması bu zamana kadar talep görmemiştir.



şekil 1.8 : Tekstil Sektöründe Ozon Uygulanması

2. OZONUN TEORİK OLARAK İNCELENMESİ

2.1 Ozonun Merkezi İklimlendirme, Ortam Havası Koku Ve Bulaşıcı Hastalıklar Üzerindeki Etkisi

Yüksek tepkime özelliği dolayısıyla hem organik hem de inorganik yapıyla tepkimeye girerek organik ve inorganik yapıları okside eder. Bu tepkimeler neticesinde havada bulunan mikroorganizmaları nötr hale getirerek temizleme sağlanır. Tepkimin başlamasından sonra ortamda bulunan havanın sıcaklığına bağlı olarak beş dakika ile yarım saat arasında ozon gazı molekülleri oksijen molekülüne dönmeye başlar. Bundan dolayı ozon diğer dezenfektan maddelerine göre atık madde bırakmaz ayrıca reaktif ürün oluşturmaz.

Ozon gazıyla yapılan projeler ışığında, ozon gazının güçlü oksidan özelliği olması sebebiyle havada ve suda; mikrop öldürücü, koku giderici özelliğinden faydalanılır. Havayı kirleten çoğu organik yapının imha edicisi olarak kullanılabilmesi kanıtlanmıştır. Ozon gazı jeneratörlerinin yükseltilmesiyle, günümüzde ozon gazı kullanım yerleri oldukça artmaktadır. Ozon gazı; maya, virüs, mantar bakteri ve küf çeşitleri için öldürücüdür. Dolayısıyla hastane, hotel, toplantı salonu, eğitim yerleri ve insanların toplu ve yoğun olarak bulunduğu ortamların sterilizasyonunda kullanılır. Ozon gazı yöntemi klima ve soğutma kulelerinde meydana gelen Legionella hastalığını ve hava yolu ile bulaştırabileceği hastalıkların önüne geçmektedir. Bulunan ortamdaki hava kirliliği, pis kokuları yok etmesinden dolayı insanlara zindelik ve ferahlık duygusu verir.

2.2 Ozon Uygulanabilen Koku Türleri

- Hastane kokusu,
- Su kokusu,
- Lağım kokusu,
- Alkol kokusu,

- Boya kokusu,
- Kömür kokusu,
- Benzin kokusu,
- Medikal kokusu,
- Yangın kokusu,
- Halı kokusu,
- Sigara kokusu,
- K f kokusu,
- Yemek kokusu,
- Banyo/Wc kokusu,
- Karbonmonoksit kokusu,
- Deniz  r nleri kokuları,
- Soğan/Sarımsak kokusu,
-  opl k kokusu,
- Hayvan kokusu,
- Leş kokusu,
- Yağ kokuları,
- Yanık yemek kokusu,
- Et,tavuk kokusu,
- Arıtma tesisi kokusu ve
- Propan gazı kokusunu yok eder, uygulamalarda ki sonuçlar kesindir.

2.3 Ozon Ve Negatif İyon Sisteminin Karşılaştırılması

Negatif iyon ortamdaki toz parçacıklarını (pozitif yükle)  eker ve onları hareket etmeye zorlar. Ozon gazı ortamdaki gaz partiküllerini (oksidize eder, parçalar)  eker.

Çizelge 2.1: Ozon ile negatif iyon karşılaştırması

ÖZELLİKLERİ	NEGATİF İYON	OZON
Koku	Yok	Var
Toksik	Yok	Var
Tozları azaltma	Yok	Var
Koku azaltma	Az	Yüksek
Hava sterilizasyonu	Var	Var
Havada alçalma	Yok	Var
Pozitif yüklü iyonların nötrlenmesi	Var	Yok
Kauçuk benzerlerini bozma	Yok	Var
Düzenli olarak ayarlama gereksinimi	Yok	Var
Elde etme yöntemi	Normal oksijen ve ekstra elektron	3 oksijen atomundan

2.4 Ozon Eşik Değerleri

2.4.1 Ozon miktarı ppm tanımı

Ppm (milyon birimde ünite).Ozon gazının ortamdaki yoğunluğunu "ppm" (parts per milion-milyon birimde ünite) şeklinde verilir.

Yani Havadaki 1 ppm, ortalama 0,021 mg/L ozon gazına denk gelmektedir. Güneşe, coğrafi konuma, mevsime ve ortamın şartlarına göre değişirken yükseklik arttıkça, ozon derişimi de artar.

2.4.2 Dünyadaki ozon seviyeleri ve canlılar üzerindeki etkileri

- 0,003 - 0,015 ppm Ozon kokusunu hissetme düzeyi.
- 0,003 - 0,005 ppm Temiz ortamda, deniz düzeyinde konsantrasyonu karşılaşılır.
- 0,005 - 0,010 ppm Orman havası.

- 0,010 ppm düzeylerinde, dezenfektan ve etkileri başlar. bireyin duyarlılığı ile ilgili olmakla beraber, bu düzeyde kokusu hissedilir.
- 0,020 ppm ortamdaki mikroorganizmaların %90'ını öldürür.
- 0,020 - 0,050 Yıldırımların ardından atmosferde rastlanır. Fırtınanın sonrasında 0,100 ppm düzeyine çıkabilir.
- 0,050 Sıklıkla teneffüs etme FDA(Food and Drug Administration) güvenlik düzeyi. (0,050 ppm derişime düzeyine kadar sınırsız sayıda bulunulabilir.)
- 0,100 Zaman sınırlaması 8 saat/gün belirlenmiştir. FDA (0,1 ppm.) tarafından güvenlik düzeyi olarak açıklanmıştır.
- 0,120 ppm, EPA(Environmental Protection Agency) tarafından şehir havası sınır düzeyi olarak açıklanmıştır.
- 1,000 – 2,0 ppm Birey sınır düzeyi olarak açıklanmıştır. Yani, bu sınırdan itibaren vücut, geniz yanması, göz yaşarması gibi etkilerle, ozonlu ortamda kalmayı reddetmektedir. Astımlı vücutlar, daha fazla etkilenmektedir. Bu düzeyde, ozonun vücuda kalıcı bir zarar verdiği söylenemez. Sadece lokal tahrişler oluşmuştur; birkaç saat içinde vücut kendini onaracaktır.
- 5,000-10 ppm Nabız atışı, vücut ağrısı, uyuşma durumları gözlenebilir. Eğer maruziyet devam ederse akciğer ödemi oluşur.
- 15,0 - 20,0 ppm Küçük hayvanlar 2 saat içinde ölür.
- 50 ppm İnsan hayatı 1 saat içinde tehlikeye girer.

2.4.3 Ozonun mikroplar üzerindeki etkisi

Ozon gazı ile bakterilerin eylemsizleştirilmesi kompleks bir prosesdir. Bunun nedeni ozon gazı hücre zarındaki solunum enzimleri, proteinler, doymamış yağlar ve hücre zarlarındaki peptidoglikanlar, sitoplazmadaki enzimler ve nükleik asitler ile spor ceketleri ve virüs kapsidlerindeki peptidoglikanı da dahil olmak üzere çoğu hücre moleküllerine hasara sebep olur. Diğerleri OH, O₂ ve HO₃ gibi ozon tahribatının tepkimeye giren reaktif ürünlerinin antimikrobiyal özelliği üzerinde dururken araştırmacılar moleküler ozon gazının bakteri ve mikropların başlıca inaktivatörü olduğunu gösterdiler.

Hücre zarları: Ozon polidoymamış yağ asitleri, membran bağımlı enzimler, hücre içeriğinin dışarı sızmasına sebep veren glikoproteinler ve glikolipidler dâhil hücre zarının çeşitli komponentlerini oksidize eder ve sonunda hücre erimesine sebebiyet verir(Scott and Leshner, 1963; Murray and diğerleri, 1965). Doymamış yağların ikil bağları ve enzimlerin sülfidril grupları ozon gazıyla oksidizasyona uğradığında hücre permeabilitesi de dâhil normal hücresel işlevlerin yıpranması ve hızlıca imha edilir. (Dave, 1999) transmisyon elektron mikroskobu mikrografiklerinde gözlemleriyle sulu ozon gazıyla Salmonella enteritidise üzerine etkisi ile hücre zarının yıprandığını farkettiler.

Bakteriyal spor ceketler: (Foegeding ,1985) ceket proteinleri alınmış Bacillus cereus sporlarının bozulmamış sporlarla mukayese edildiğinde ozon gazıyla hızlı bir şekilde etkisizleştiğini keşfetti. Bilim adamı spor ceketin ozon gazına karşı önemli koruyucu bir engel olduğunu anladı. Son yıllarda, (Khadre and Yousef ,2001) Bacillus subtilis sporlarına sulu ozon ile etki ettiklerinde dış taraftaki sporların yüksek düzeyde yıprandığını keşfettiler.

2.4.4 Ozonun bakteri ve virüsler üzerindeki etkileri

Ozon'un bakteri ve virüsler etkisi güçlüdür ve etkin miktarlarda da kesin sonuçlar temin etmektedir.

Çizelge 2.2 : Ozonun bakteri ve virüsler üzerindeki etkisi

Bakteri ve Virüsler	Miktar
Aspergilloz	2 mg/cm ³ 'le yok edildi
Bacillus Bakterisi	0,2 mg/cm ³ 'le yarım dakikada yok edildi
B. Anthracis	Ozona karşı dayanıksız
Botrydis cinerea	3,8 mg/cm ³ iki dakikada temizlendi
B. subtilis	10 g/cm ³ 'le yarım saatte %90 oranda azaldı
Bakteriyofaj	0.41 mg/cm ³ ile on saniyede %99,9 oranda azaldı
B. cereus	Suda 0.12 mg/cm ³ 'le beş dakikada yok edildi
Cladosporium	10 g/cm ³ ile on iki dakikada parçalandı

Çizelge 2.2 Devamı : Ozonun patojenlere etkisi

Clavibacter michiganense	1.1 mg/cm ³ 'le beş dakikada da %99,9 oranda azaldı
“Eberth” basil	2 mg/cm ³ yok edildi
“Candida” bakterisi	Ozona karşı dayanıksız
“Clostridium” bakterisi	Ozona karşı dayanıksız
Virüs “29”	1 mg/cm ³ 'le bir dakikada %99,9 yok edildi
“GDVII” Virüsü	0.1 ile 0.8mg/cm ³ 'de yarım dakikada %99,9 yok edildi
Ensefalomiokarditis virüsü	0.1 ile 0.8mg/cm ³ 'de yarım dakikada %99,9 yok edildi
C. Botulinum	0.4 ve 0.5 mg/cm ³ 'le %90 oranda azaldı
Virüs “A9”	0.035 mg/cm ³ 'le on saniyede % 95 parçalandı
Difteri Patojen	2 mg/cm ³ yok edildi
Hepatit “A” Virüsü	0.25 mg/cm ³ 'le iki saniyede %99,9 yok edildi
“E.coli” bakteri	0.2 mg/cm ³ 'le yarım dakikada yok edildi
“Entero” virüsü	0.1 ile 0.8mg/cm ³ 'de yarım dakikada %99,9 yok edildi
Virüs “B5”	0.4 mg/cm ³ 'le iki buçuk dakikada %99,9 parçalandı
“Enterik” virüs	4.1 mg/cm ³ 'le yirmi dokuz dakikada da atık su içinde %95 oranda azaldı
“Endamoebic kis” bakteri	Ozona karşı dayanıksız
Fusarium oxysporum	1.1 mg/cm ³ 'le yirmi dakikada yok edildi
“Influenza” Virüsü	0.4 ile 0.5mg/cm ³ yok edildi
“Penicillium” Bakteri	Ozona karşı dayanıksız
“Herpes” Virüsü	0.1 ile 0.8mg/cm ³ 'de yarım dakikada %99,9 yok edildi
“Vesucular” Virüsü	0.1 ile 0.8mg/cm ³ 'de yarım dakikada %99,9 yok edildi
“Klebs-Loffler” Bacillus	1.5 ile 2 mg/cm ³ de yok edildi

Çizelge 2.2 Devamı : Ozonun patojenlere etkisi

Mucor piriformis	3.8 mg/cm ³ ‘le iki dakikada yok edildi
“Poliovirüs” sürüm	0.25 mg/cm ³ bir dakikada %99 oranda azaldı
Staph epidermidis	10 g/cm ³ ile on iki dakikada parçalandı
Legionella pneumophila	0.32 mg/cm ³ ’le yirmi dakikada yok edildi
Mycobacterium foruitum	0.25 mg/cm ³ ’le bir saniyede %90 oranda azaldı
Luminescent Basidiomycetes	10 kg/cm ³ ‘le on dakikada yok edildi
“Poliomyelitis” Virüsü	0.3 ile 0.4 mg/cm ³ dört dakikada %99,9 oranda azaldı
Staphylococci	1.5 ile 2 mg/cm ³ de yok edildi
“Salmonella” Bakteri	Ozona karşı dayanıksız
“Rhabdovirüs” virüsü	0.1 ile 0.8mg/cm ³ ’de yarım dakikada %99,9 yok edildi
“Stomatitis” Virüsü	0.1 ile 0.8mg/cm ³ ’de yarım dakikada %99,9 yok edildi
“Schistosoma” Bakteri	Ozona karşı dayanıksız
“Pseudomonas” Bakteri	Ozona karşı dayanıksız
Verticillium dahliae	1.1 mg/cm ³ ‘le yirmi dakikada yok edildi
“Proteus” Bakteri	Ozona karşı dayanıksız
Phytophthora parasitica	3.8 mg/cm ³ de iki dakikada parçalandı
“Virbrio” Kolera Bakteri	Ozona karşı dayanıksız
“Streptococcus” Bakteri	1.5 ile 2 mg/cm ³ de yok edildi

2.5 Ozon Uygulanmasındaki Avantajları Ve Dezavantajları

Ozon gazı uygulaması birden fazla avantaja sahiptir. Bunlar suda koku ve renk oluşturmaz, yüksek oksidasyon gücünden dolayı çok kısa bir sürede mikroorganizmaları öldürür; sudaki rengi, kokuyu, kötü tadı giderir, dezenfeksiyondan sonraki aşamada sudaki oksijen sayısını yükseltir, tepkime gerektirmez, mangani ve

demiri yükseltgeyerek dışarı iter, organik maddelerle tepkimeye girerek oradan uzaklaşmasını sağlar, suyun içinde hızlı çözünerek uzaklaşır. Dolayısıyla fazla artık oluşumuna sebebiyet vermez. Koagülasyona yardım eder, birden fazla ham su üstünde ön ozonlama veya dâhili ozonlama daha sonra kullanılacak klor gereksinimini düşürür ve klorun kararlı bileşiklerini oluşmasında yardımcı olur, kalsiyum karbonatın tortu oluşturmasının önüne geçer, suyun pH'sını değiştirmez, vücutta göz, solunum yolları, saç ve deride hasara yol açmaz.

Dezavantajları; ozonlama işlemi klorlama işlemiyle karşılaştırıldığında daha yüksek bi maliyet gerektirir. Ozonlama mekanizmasının kurulması biraz zordur. Ayrıca ozon gazının bazı organik maddelerle tepkimesinden kaynaklanan istenmeyen aldehit ve ketonlara dönüşebilir. Çözünürlüğü klorla göre nispeten az olduğu için bazı ek karıştırıcılara ihtiyaç duyulabilir. Birkaç organik yapı üstündeki oksitleyici etki olmayabilir veya olmadığı var sayılabilecek kadar düşük görülebilir. Ozon gazı kullanımından dolayı oluşan biyo-bozunur organik yapılar metabolizma gelişmesine sebebiyet verebilir. Ozon gazı kullanımından sonra biyolojik aktif filtrasyon işlemi uygulanmazsa dağıtım sisteminde aşınma hızının artmasına sebep olur. Ozonlama filtrelemeden önce kullanıldığında, biyolojik gelişme filtreleri etkileyerek geri yıkama sıklığının yükselmesine sebebiyet verir. Kullanılan ozon, klor, monokloramin, klordioksit gibi bazı oksidantlarla tepkime gerçekleştirebilir, ozon oksidasyonu sonucu demir ve mangan suda çözünmeyen bileşiklerine döndüğünden dolayı sedimentasyon veya filtreleme yapılmasını mecbur kılar. Çözünmeyen bu katı çeşitler filtrelerin tıkanmasına neden olabilir ve bundan dolayı tekrar yıkama sıklığını arttırabilir.

Ozon' un kullanım alanları çok geniştir ve bazıları aşağıdaki gibidir:

- Suların dezenfeksiyonunda,
- Tat ve koku yok etmede,
- Renk yok etmede,
- Bulanıklık yok etmede,
- Metallerin uzaklaştırılmasında,
- Bakteri ve virüslerin dezenfeksiyonunda,
- Nitrik ve amonyak yok etmede,

- Hava yolu ile bulaşan hastalıkların yok etmede,
- Gıda sanayide şişe ve yemek kaplarının dezenfeksiyonunda,
- Soğuk hava depolarında,
- Veterinerlik, hayvancılıkta enfeksiyon yok etmede,
- Alfa toksin arındırılmasında,
- Gıda ve havada kükürt yok etmede,
- Klima sistemlerinde,
- Yüzme havuzlarında,
- İnsan kanında bulunan virüs yok etmede,
- Zayıflamada,
- Cilt hastalıklarında,
- Virüslerin sebep olduğu hastalıklarda,
- Dolaşım bozukluklarında,
- Kronik yorgunlukta,
- Akne, sedef dirençli mantar gibi cilt hastalıklarında,
- Migren ve multipl skleroz gibi nörolojik hastalıklarda,
- Zor iyileşen enfekte yaralarda,
- Hastane, hava alanı, otel, hamam gibi klimalı sistemi olan yerlerde,
- Havalandırma, boyler, soğutma kuleleri, nemlendirme sistemlerinde
- Ölümle sonuçlanan LEJYONER hastalığının yok edilmesinde

2.6 Gıda Sektöründe Ozon Uygulanması

Ozon gazı son zamanlarda birçok ülkede gıda sanayinde kullanılmakta ve GRAS (genel olarak güvenilir) kabul edilmesi sebebiyle daha fazla kullanım alanı bulmaktadır. Ozon gazının 1982 yılında Gıda ve İlaç Dairesi tarafından (FDA) GRAS kabul edilerek şişe sularında dezenfektan olarak kullanımına ve 2001 yılı Haziran ayından bugüne yine FDA ozon gazının gıda sanayinde farklı amaçlar için

kullanmasına izin vermiştir. Bu izinle birlikte bu tarihe kadar sadece şişe sularının dezenfeksiyonunda kullanımı resmileşen ozon gazının gıda sanayinde koruma amacıyla da kullanıma sunulmuştur.

Ozon gazının gıda sanayinde kullanılmaya başlanmasının sebebinde ozonun klora göre %52 oranında daha güçlü ve çok geniş bir mikroorganizma yelpazesine etkili olmasından dolayıdır. Ozon gazının mikroorganizmalar üzerindeki etki yöntemi, hücre duvarlarının oksitlenmesi yoluyla yok edilmesinden kaynaklanmaktadır.

Gıda endüstrisinde ozon kullanımının birçok avantajı vardır:

- 1) Ozon gazı diğer dezenfektanlara göre, çok daha güçlü oksitleme kabiliyetine sahip antimikrobiyal bir gazdır,
- 2) Ozon gazı mikroorganizma sayısının ve toksik organik maddelerin azaltılmasında ve atık suların kimyasal ve biyolojik O₂ ihtiyacının azaltılmasında kullanılabilir,
- 3) Ozon özellikle fungusid etki göstermekle birlikte bakterisid etkiye de sahiptir,
- 4) Yiyecek ile etkileşimde bulunan suların arındırılmasında etkin rol oynar,
- 5) Yiyeceklerin saklama ve raf ömründe artış sağlar,
- 6) Yiyecek üreten şirketlerde temizleme için kimyasal kullanımını oranını düşürür,
- 7) Dezenfeksiyonu hızlı bir şekilde yapar, yiyecek üzerinde reaktif kalıntılar bırakmaz.

Ozonun tüm bu sağlayacağı avantajları yanında, bazı dezavantajları da vardır.

- 1) Et, yeşil sebzeler gibi gıdalarda yüzey oksidasyonuna ve askorbik asit ile B1 vitamininin azalmasına neden olabilir,
- 2) Yağ oksidasyonu sonucunda istenmeyen tat ve koku oluşabilir,
- 3) Yüksek dozda ozon kullanımı gıdaların kalite parametrelerinde istenmeyen sonuçlara sebebiyet verebilir,
- 4) Ozonun gıda endüstrisinde sınırlı kullanılmasının nedeni ozon jeneratörlerinin hantal ve pahalı olmasından kaynaklanmaktadır.

Gıda endüstrisinde; yumurta kabuklarının üzerindeki bakterilerin arındırılmasında, balık üretimi ve meyve-sebze işleme tesislerinin, içme sularının, kuru gıdaların, çiğ etlerin ve piliç karkaslarının dezenfeksiyonu ile işletme sularının yeniden kullanımı gibi çok farklı alanlarda ozon uygulamaları yapılmaktadır.

Ozonlamanın en çok uygulandığı ürün yelpazesi meyve ve sebzelerden oluşmaktadır. Ozonlama, meyve ve sebzelerin bozulma ve çürümesine en çok neden olan küfleri engellemek, azaltmak veya geciktirmek amaçlı birçok çalışma ve uygulamada yer almaktadır.

Sebzelerin yüzey dezenfeksiyonu amacıyla ozon kullanımı giderek yaygınlaşmakta olup halen üzüm, böğürtlen, turunçgiller, elma, kiraz, havuç, erik, patates, üzüm, sarımsak, kivi, soğan, şeftali, çilek ve armutların yüzey dezenfeksiyonunda başarıyla kullanılmaktadır.

Ozon gazı uygulamaları mandıra alanında imal bölümlerinin ve depolama yerlerinin dezenfeksiyonu, mamul kalitesinde ve mamulun raf ömrünün artırılmasını sağlamaktadır. Ozon sistemleri; süt güğümlemesi ve süt soğutucu tanklarının dezenfeksiyonunda, süt sağma ekipmanlarında, çiftliklerde, süt işleme tesislerinde, yaygın olarak uygulanmaktadır.

2.7 Ozonun Çalışma Mekanizması

Atmosferde bulunan oksijene; atom (O), molekül (O₂) ya da ozon (O₃) olmak üzere üç farklı şekilde bulunabilir. Güçlü güneş ışınlarının havadaki oksijen moleküllerine (O₂) çarpması sonucu oluşan oksijen atomlarının atmosferdeki diğer oksijen molekülleriyle (O₂) birleşmesi sonucunda ozon (O₃) açığa çıkar. Teknoloji açısından, elektron deşarjı yardımı ile atmosferden veya saf oksijenden gazından oluşur. Ozon gazının, gaz veya içinde ozon çözeltisi olan su şeklinde, mikroorganizmalara karşı güçlü kararlı ayrıca güvenilir bir antimikrobiyal ajan olarak görülmüştür. Ozon gazı, bakterilerin, mikropların ve virüslerin çoğalmasının önüne geçerek, etkisiz hale getirerek ya da hücre zarını eriterek dezenfeksiyon sunmaktadır. Ozon gazı bakteri virüs ve mikropların içinde bulunan glikoproteinler, glikolipidler ve diğer amino asitlere etki etmekte ve hücrenin enzimlerini durdurarak hücre çoğalmasının önüne geçmektedir.

Bundan dolayı hücrelerin yaşamında önemli yeri olan hücre zarı geçirgenliği yükselmekte ve sonrasında ozon gazı molekülleri daha rahat hücreye girebilmekte ve mikroorganizmaların yokolmasına sebebiyet vermektedir.

Ozon gazının terapötik etkisi aşağıdaki şekillerle belirtilmiştir:

- Bakterisidal, virisidal ve fungisidal etkisi,

- Sistemik hemostazı onarıcı etkisi,
- Kanın oksijen taşıma sınırını yükseltilmesi,
- Pro- ve anti-oksidan sistemlerin en iyileşmesi,
- Mikrodolaşım ve periferik kan dolaşımının dezenlenmesine yardımcı olması,
- Doza bağlı şekilde kanın pıhtılaşmasında düzenleme,
- Hemopoezin stimülasyonu,
- Karbonhidrat, protein ve lipid gibi biyolojik substratların metabolizmalarının optimizasyonu (biyoenerjetik, biyosentetik etki)
- Biyolojik aktif maddelerin çoğalmasını destekleme
- İmmünomodülatör etkisi
- Analjezik etkisi
- Detoksikasyon etki.

3. OZON ÜRETİM SİSTEMLERİ

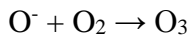
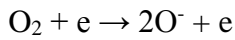
Ozon doğal yollardan farklı olarak jeneratörler sayesinde üretilir. Kullanım alanı, verimliliği, maliyeti gibi sebepler ele alındığında Soğutma Sistemlerinde Plakalı Tip Korona Deşarj Ozon Jeneratörü üzerinde durmaktadır.

Diğer üretim yolları;

- Fotokimyasal Olarak Ozon Gazı Üretimi
- Elektrolitik Ozon Gazı Üretimi
- Radyokimyasal Ozon Gazı Üretimi

3.1 Ozonun Suni Olarak Üretilmesi

Tarihin ilk sanayii ozon gazı jeneratörünü 1857’de Siemens icat etmiştir. Üretilen bu jeneratörün çalışma prensibi korona deşarj kanununa göreler. Burada aynı merkezi paylaşan cam tüp ile gerçekleşmiş; dış taraftaki tüpün dışarı ve iç taraftaki tüpün iç tarafı, kalayla kaplatılmıştır. Havanın dolaşımı dairesel yönde gerçekleşmektedir. Daha sonraları bu sistemi, ozon üretimi için kullanılan havanın soğutma suyu dolaşımı ile soğutulması sisteminin eklenmesiyle performansı arttırılmıştır. Geliştirilen bu yöntem; sıcaklıktaki artışın düşük kademelerde olmasına ve bu teknikle ozon gazının sıcaklık sonucuyla daha az çözünmesine neden olmaktadır. Ozon gazı üretimi; atomik oksijen kararlı atomlarının oluşmasını içeren bir ara işlem kapsamaktadır:



3.1.1 Fotokimyasal olarak ozon üretilmesi

Lenard 1900 yılında, 140-190 nm’deki Ultraviyole ışığına etkisindeki oksijen atomlarından ozon gazı üretimini incelemiştir ve bu araştırma 1903 yılında Goldstein tarafından da tamamen onaylanmıştır. Teknik açıdan üretimi gerçekleştirmek için etkili dalga boyunun 200 nm’nin altında olduğu anlaşılmıştır. Du Ron, 1982 yılında

bu konudaki en son çalışmayı yapmıştır. Mercury esaslı Ultraviyole emisyon lambalarıyla alakalı en son teknolojilerde, 254 nm dalga boyuyla beraber 185 nm dalga boyu da yayılmaktadır. Ozon gazının fotoliz yöntemiyle üretim şekli eş zamanlıdır. Dalga boyları 254 nm ve 185 nm karşılaştırıldığında göreceli olarak emisyon derişimi 5-10 kata kadar daha fazla görölmüştür.

Bu tür lambalar ile ozon gazı üretim tekniği geçerliliğini kaybetmiştir. Nedeniyse ozon gazı oluşumuyla beraber ozonun ısıl bozulması da gerçekleştirmesidir. Düşük kullanım alanları haricinde UV-ozon yöntemi geliştirilememiştir. Bu yeni teknoloji; 200 nm'nin değerinin altındaki dalga boylarında daha yüksek emisyon derişimine ve daha az yıpranma kabiliyetlerine sahip yeni tip lamba sistemlerinin araştırılmasının önemini göstermektedir.

3.1.2 Elektrolitik olarak ozon üretilmesi

Elektrolitik yöntemiyle üretilen ozon gazı tarihi açıdan önemlidir. Sebebi ise yapay ozon gazı; sülfirik asit elektrolizi esnasında Schönbein tarafından 1840 yılında bulunmuştur. Elektrolitik üretim yöntemiyle beraber sayısız avantajı da hizmete sunmuştur; düşük voltaj doğru akım altında çalışması, gaz hazırlama basamağına gerek görölmemesi, kullanılan alet ebatlarının küçük olması, daha yüksek yoğunluklarda ozon gazı üretimini sağlaması, suda ozon üretimini sağlaması gibi avantajlardır. Genel olarak dezavantajlarıysa; elektrotlarda oluşan aşınmalar, yüksek yoğunluk ve anodik voltaj yüksekliği sebebiyle oluşan termal ısınma, özel uçlu elektrotlara olan gereksinim veya suyla temasın az tutulması, ihtiyaç duyulan yerde ve zamanda üretimi yapılma zorunluluğu, elektrotların kireç tutması, su içinde klor iyonları bulunduğunda klor gazını serbest bırakabilmesi ve açığa çıkarmasıdır.

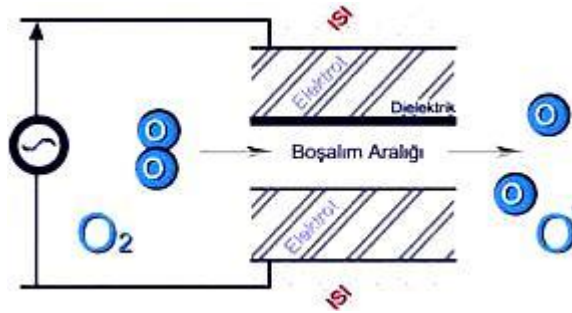
3.1.3 Radyokimyasal olarak ozon üretilmesi

Oksijen radyoaktif ışınlar ile yüksek enerji yayılması ozon gazı üretimini sağlamaktadır. Su işlenmesi için kimyasal-nükleer ozon gazı üretimine ilgili çalışmalara ilişkin en iyi bilgiler Brookhaven projesininidir. Kimyasal-nükleer şeklinde ozon gazı üretim yöntemi, su veya atık su basamaklarında yeterli düzeyde öneme sahip olmamıştır. Bunun için, koşulların karmaşık işlemlerden oluşmasından kaynaklanmaktadır.

3.1.4 Korona Deşarj yöntemiyle ozon üretilmesi

Korona Deşarj yöntemi, su arındırma ya da temizleme adımları için yüksek kullanma sahasına sahip ozon gazı üretime yöntemidir. Üretim adımları şöyledir; toz filtresi, gaz kaynağı, gaz kurutucusu, ozon jeneratörü, temas yüzeyi, itilen gazın giderilmesi.

Oksijen kullanmakla ya da havadaki oksijen yoğunluğunu arttırarak, ozon gazı jeneratörü için üretim sınırı yükseltilebilir. Bu koşulu dizayn parametreleri de dahi etkiler. Oksijen bakımından yoğunlaştırılmış gaz kullanma suretiyle alınan netice; gaz bölgesinin küçültülmesi, elektriksel frekansın yükseltilmesiyle fazlaştırılabilir. Bir diğer önemli parametre ise prosedür gazının soğutulmasıdır. En etkin soğutma tekniği, çift taraflı soğutma tekniğidir. Fakat güvenlik açısından soğutma ise toprak hattının soğutulma tekniğidir.



Şekil 3.1 : Korona Deşarj Yöntemi İle Ozon Üretimi

3.2 Ozon Üretim Jeneratörleri

Oksijen molekülünün kararsız iki oksijen atomuna parçalanması tezine uygun çeşitli tekniklerle ozon üretilebilir. Oluşan oksijen atomları, hızlıca ozon gazını meydana getirmek için oksijen molekülüyle tepkime geçirmektedir.

Ozon jeneratörleri; genel olarak oksijen molekülünü parçalayarak, oluşan atomlardan birini, başka bir oksijen molekülüne bağlama yöntemiyle ozon oluşturulmasını hedef alan ekipmanlara denir. Ozon gazı jeneratörleri temel olarak üç ana tekniğe göre olmaktadır;

3.2.1 UV ozon üretim jeneratörü

Küçük dalga boyu ile ışın üreten Ultraviyole lambalarının çevresinden hava geçirilmesiyle elde edilen ozon, yiyeceklerin raf ömürlerinin artmasında, içki fabrikalarında, hotel, hastanelerde bulunan havayı temizlemede kullanılmaktadır. UV

jeneratörlerinden elde edilen ozon gazı miktarı, su dezenfeksiyon veya arıtma gibi işlemler için kabul edilebilir bulunmamaktadır.

Yüksek yoğunlukta daha çok ozon gazı üretimi sağlamak amacıyla Korona Deşarj teknolojisinden faydalanılmalıdır.

3.2.2 Düşük frekans ozon üretim jeneratörü

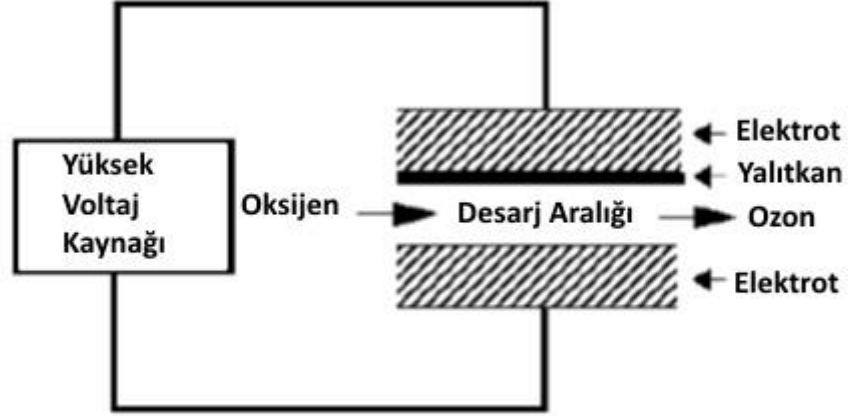
Düşük frekanslı ozon gazı üretim jeneratörleri, yüksek frekanslı ozon gazı üretim jeneratörlerine göre aynı düzeyde ozon gazı üretmek için iki kat daha fazla elektrik harcamaktadır.

3.2.3 Korona Deşarj ozon üretim jeneratörü

Elektrik akımını sabit tutarak elektronları hızlandırmak yöntemiyle kinetik enerji yükleyerek, oksijen molekülündeki oksijen ikil bağlarını koparmak kanununa dayanır. Bu adım neticesinde oluşan iki oksijen; ozon gazını oluşturmak için farklı oksijen molekülü ile tepkime geçirmektedir. Ozon ısındığı zaman, tekrar oksijen molekülüne döneceğinden, jeneratörü sürekli yüksek sıcaklıktan korumak amacıyla etkin şekilde soğutulması lazımdır. Ozon gazı reaktörü gerekli soğutma işlemi gerçekleştirilemediği sürede elde edilen ozon gazının bir bölümü de aynı oranda zarar görmektedir.

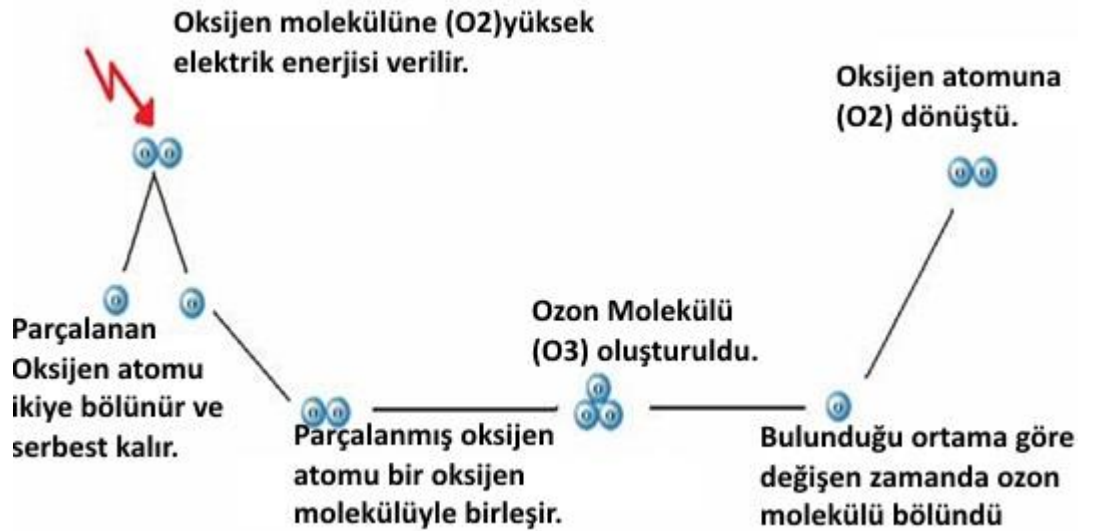
- a. Plaka tip ozon jeneratörü:** Bu makinelerde dielektrik için kalın flat plakalar ve metal elektrotlar kullanılır. Kullanma zorluğu sebebiyle plaka tipi ozon gazı jeneratörleri, kendisine geniş kullanma alanı yer edinememiştir. Teknolojide geline düzeye bakıldığında genel olarak plaka tip ozon gazı jeneratörü üstünde çalıştığını fark ediyoruz. Düşük enerji tüketimi ile yüksek frekansta çalıştığı için en yüksek verimde ozon üretimi sağlar ve ayrıca en az arızalanan makineler olduğundan dolayı daha çok seçilmektedir.
- b. Tüplü tip ozon jeneratörleri:** Bu makinelerde, daha ince olan cam tüpler ve bu tüplerin tam merkezinde madeni başka bir tüp bulunmaktadır. Tüplü tip ozon jeneratörlerinde, plaka tip ozon jeneratörüne göre kalınlığı daha az cam ya da seramik bunların ortasından metal ayrı bir tüp daha kullanılmaktadır. Makinelerin bulunduğu alanlarda nem oranlarının değişikliği ve yüksek ısı nedeniyle cam tüplerin kırılması veya çatlaması arıza oranının yükselmesine sebebiyet vermektedir. Ayrıca soğutma adımı yüksek enerji harcanmasına ve maliyete yol açmaktadır.

Plakalı korona deşarjı ozon jeneratörü, plakalarının arasına yapılacak olan yüksek gerilim ile oluşturulan arkın, oksijen moleküllerinin birbirinden ayrılması ve daha sonra kararsız halde olan oksijenlerin üçlü bağlanması sayesinde oluşturulmaktadır. Burada gerilimin büyüklüğü, plaka yapısı, çalışma süresi gibi parametreler üretilen ozon miktarı için etken rol oynamaktadır.



Şekil 3.2 : Korona Deşarj Şeması

Korona Deşarj tekniği, oksijen yapısının (O_2) ikil bağını elektrik akımı sayesinde bozarak başka oksijen atomlarıyla birleşmesi sonucunda ozon gazı (O_3) elde edilir. Korona Deşarj tekniği başka tekniklere göre çok daha az enerji ve maliyet, çok daha yüksek düzeyde ozon gazı elde etmek mümkün olduğundan bu yöntem daha yaygın şekilde kullanılmaktadır.



Şekil 3.3 : Korona Deşarj Yönteminin Adımları

3.3 Ozonda Kabul Edilen Önemli Eşitlikler

Ozon Yoğunluk: 2.14 kg/m³

Havada Ozon Konsantrasyonu (Hacme Göre)

1 g O₃/ m³= 467 PPM O₃

1 PPM O₃= 2.14 mg O₃/m³

Havada Ozon Konsantrasyonu (Ağırlığa Göre)

100 g O₃/m³= 7.8% O₃

1% O₃= 12.8 g O₃/m³

1% O₃= 7,284 PPM Ozon

3.3.1 Ozon jeneratörünün üretiminin hesaplanması

Üretilen ozon gazı miktarı **debi x ozon konsantrasyonu = ozon üretimi**

şeklinde hesaplanır.

4. TERMODİNAMİK ANALİZ

Herhangi bir değişim hesaplamaya başlamadan önce, değişimine giricek maddelerin kütle ve enerjilerinin bilinmesi ve çözümlenmesi yapılmalıdır. Termodinamikte enerji çözümlenmesi yapılırken, yapılan çözümlenme için bir sistem belirlenmelidir. Termodinamik sistem veya sistem terimi, belirli bir kütleyi veya uzayın analiz yapmak üzere ayrılan bölgesini gösterir. Çevre; termodinamik sistemin sınırları dışında kalan kütle veya bölgeye denir. Sistemi çevresinden ayıran yüzeye sistem sınırı veya kontrol yüzeyi olarak isimlendirilir. Bu yüzey gerçek veya hayali olabilir Sistemin sınırı hareketli veya sabit olabilir.

Belirli bir kütlenin veya bölgenin analizine esas alınmasına göre sistemler kapalı veya açık sistemler diye isimlendirilir. Kapalı sistem veya başka deyişle kontrol kütlesi, sistem sınırlarından kütle transferi olmayan sabit bir kütledir. Kapalı sisteme kütle girişi veya çıkışı olmaz. Fakat enerji, iş veya ısı şeklinde kapalı sistemin sınırlarından geçebilir.

Açık sistem veya genel olarak bilinen ismiyle kontrol hacmi, sistem sınırlarından kütle geçişi olan sabit bir kütledir. Kontrol hacmi genellikle kompresör, türbin, lüle gibi içinden kütle akışı olan bir makineyi içine alır. Bu makinelerin içindeki akışın termodinamik analizinde, makinenin fiziksel sınırları sistem sınırları olarak kabul edilir. Kütle ve enerji, kontrol yüzeyi adı verilen kontrol hacmi sınırlarını geçebilir. Açık sistemde, sistem ile çevre arasında kütle girişi ve çıkışı olmakla beraber enerji alışverişi de söz konusu olmaktadır (Çengel ve Boles, 2012).

Sistem koşulunun değişmesi halinde o sistemin bir tepkimeye maruz kaldığı bilinmektedir. Eğer bu sistemin koşulu birden fazla kez değişiyor ve değişik tepkimelerden geçip ilk koşuluna geri dönüyorsa buna bir çevrim veya çevrimsel tepkime denilmektedir. Bir tepkimenin gerçekleşmesinden sonra sistemde ve çevrede kalıcı bir etki bırakılmadan geriye dönüşümü yapılabiliyor ise bu tepkimeye tersinir tepkime denilmekte ama gerçek hayatta tersinir tepkimenin imkânı olmayıp tüm tepkimeler tersinmez olarak tanımlanmaktadır (Kotas, 1995).

Enerji ise, değişikliklere sebep bir etken veya başka bir deyiş ile iş yapma kabiliyeti olarak söylenebilir. Planck, enerjiyi “bir sistemin kendisi dışında etkinlik üretme kabiliyeti” şeklinde göstermiştir. Enerji terimi 1807’de Young tarafından bulunmuş ve termodinamikte kullanımı 1852’de Kelvin tarafından önerilmiştir. Enerji; ısı, kinetik, potansiyel, elektrik, manyetik, kimyasal, nükleer gibi değişik biçimlerde olabilir ve bu biçimler birbirlerine dönüşebilir.

Termodinamik analizinde, sistemin toplam enerjisini sağlayan değişik enerji biçimleri makroskopik ve mikroskopik olarak iki biçimde gruplandırılabilir. Makroskopik enerji, kinetik ve potansiyel enerji gibi sistemin hepsinin bir dış referans noktasına göre sahip olduğu enerjidir. Bir sistemin makroskopik enerjisi hareket ve yerçekimi gibi dış etkenler ile manyetizma, elektrik ve yüzey gerilimine göre değişir. Mikroskopik enerji ise, sistemin moleküler yapısı ve moleküler hareketlilik derecesi ile alakalıdır ve dış referans noktalarından bağımsızdır. Bir sistemin enerjisinin mikroskopik biçimlerinin toplamı sistemin kendi iç enerjisidir (Rosen ve Dinçer, 2013).

Manyetik, elektrik ve yüzey gerilimiyle alakalı enerjiler sadece bazı özel durumlarda önemlidir. Bu enerjilerin ihmal edilmesi durumunda sistemin toplam enerjisi; kinetik, potansiyel ve iç enerjilerinin toplamından oluşur ve aşağıdaki gibi gösterilir (Akdağ, 2009).

4.1 Termodinamiğin I. Kanunu

1840 yılında Mayer, iş ile ısının eşdeğerliğini belirlemiş, ve sonrasında Joule sayısız deneylerde bulunarak termodinamiğin birinci yasasının temellerini atmıştır. Schmidt ise bu kanunu; “Isı bir enerji tipidir, mekanik bir işten elde edilebilir ya da bir mekanik işe dönüştürülebilir.” şeklinde yorumlamıştır (Heper, 2001). Termodinamiğin birinci kanunu enerjinin korunumunu gösterir. Termodinamiğin birinci kanununa göre; enerji yoktan var, vardan yok edilemez; ancak form değiştirebilir. Termodinamiğe göre enerji 3 farklı şekilde bir sisteme veya sistemden çevreye geçişi sağlanabilir. Enerji akışı sistem ile çevre arasındaki sıcaklık farkı nedeniyle gerçekleşiyorsa, enerji ısı geçişi ile taşınıyordur. Eğer sıcaklık farkı yok ise enerji geçişi iş ile yapılır. Sisteme veya sistemden kütle geçişi olması ek enerji akışı anlamına gelir; çünkü kütle beraberinde enerji taşır.

Termodinamiğin ilk yasası enerjinin korunumudur. Yani ısı veya iş biçimindeki enerji, sistem sınırlarından akışıyla sistemin toplam enerjisini değiştirir. İlişkiyi denklem şeklinde gösterilirse,

$$\delta q - \delta w = d_E \quad (4.1)$$

(4.1) denkleminde girenler için pozitif çıkanlar içinse negatif işaret verilir. Eşitlikte (q) sistem içine giren ısıyı, (-w) sistemde yapılan işi, E sistemin toplam enerjisini gösterir. Isı ve iş için olan değişimler diferansiyel (δ) sembolüyle gösterilmiştir. Çünkü bu ölçüler yola bağlıdır. Bu sebeple de yol denklemleri şeklinde isimlendirilir. Enerjiye nokta denklemidir, yoldan bağımsızdır. Sadece ilk ve son durumlara göre. (4.1)'in integrali alırsak,

$$\int (\delta q - \delta w) = \int (d_E) \quad (q - w) = (\Delta_E) \quad (4.2)$$

Kapalı sistemler için (örn. piston-silindir) enerji değişimi; iç enerji (U), kinetik enerji (KE) ve potansiyel enerji (PE) toplamlarına eşittir.

$$\Delta E = \Delta_{KE} + \Delta_{PE} + \Delta_U \quad (4.3)$$

Açık bir sistem için (örn. bir buhar türbini) toplam enerjiye ek bir terim ilave edilir. Bu terim, pv, şeklinde söylenir ve buradaki p basıncı, v ise akışkanın hacmini gösterir. Bunlar akışkana yapılan işi gösterir ve bu yapılan iş akışkanın, akışkan şeklinde olmasını sağlar. Entalpi aşağıdaki eşitlikle elde edilir.

$$h = v + p + u \quad (4.4)$$

Yatışkın akım koşullarında sabit kontrol hacmi için kinetik enerji ve potansiyel enerji değişimi sıfır olur ($\Delta_{KE} = \Delta_{PE} = 0$) ve zamanla özellikler değişmez. Bu durumda I. yasaya göre entalpideki değişim tekrar yazılırsa;

$$q - w = \Delta_H \quad (4.5)$$

4.2 Termodinamiğin II. Kanunu

Termodinamiğin ikinci yasası entropiyi betimler. Entropi bir sistemdeki düzensizliğin değeridir. Eğer bir sistem entropi sağlamıyorsa tersinir süreç diye isimlendirilir. Bu sebeple tersinir süreçte birinci yasaya göre sistemde ya da sistemin çevresinde ısı ve iş değişimi olmaz. Tersinmez sistemler ise kontrol edilemeyen bir genişleme, sürtünme sebebiyle ısı kaybı ve sonlu sıcaklık farkları sebebiyle ısı akışı gibi olaylar entropi oluştururlar. Isı akışı içeren süreç sonlu sıcaklık farkları ya da sıcaklık gradiyentinin en küçüklmesiyle tersinir şekline dönüştürülebilir. Entropi buradan elde ettiğimiz tersinir ısı akışına göre çalışır ve şu şekilde gösterilir;

$$dS = \left(\frac{\delta Q}{T} \right)_t \quad (4.6)$$

Entropideki farklılık sistemin ilk ve nihai yapısıyla alakalıdır. Ayrıca (4.6)'nın integrasyonu hesaplanır;

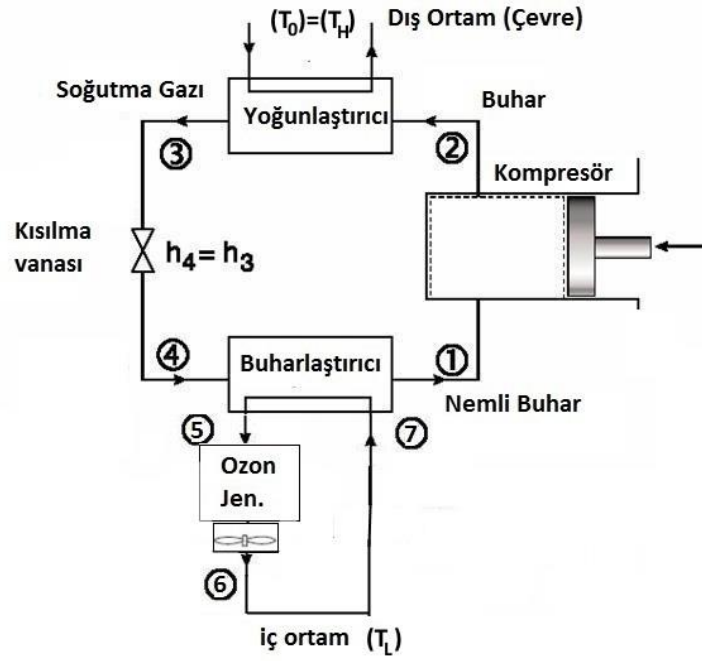
$$\Delta S = S_2 - S_1 \int_1^2 \left(\frac{\delta Q}{T} \right)_t \quad (4.7)$$

Tersinir ısı akışı yapan sistem için (Q_{ters}) sabit sıcaklık düzeyinde (T_0) entropi (4.6) eşitliğinde gösterilir;

$$\Delta S = \frac{Q_{ters}}{T_0} \quad (4.8)$$

4.2.1 Ekserji Analizi

Buhar sıkıştırırmalı soğutma sisteminin analizi için en etkili yöntem kütle ve enerji korunumu ile termodinamiğin ikinci yasa prensipleridir. Bu analiz daha verimli bir süreci ve önemli noktaları belirleyerek, atık ve kayıpların gerçek büyüklükleri ve tiplerini belirlemek için önemli bir yoldur.



Şekil 4.1: Ozon Jeneratörlü Buzdolabı

$$\dot{m}_{r134a} = \dot{m}_1 = \dot{m}_2 = \dot{m}_3 = \dot{m}_4 \quad (4.9)$$

$$\dot{m}_{kuru\ hava} = \dot{m}_5 = \dot{m}_6 = \dot{m}_7 \quad (4.10)$$

Kompresör

$$\dot{W}_{komp.} = \dot{m}_{r134a}(h_2 - h_1) \quad (4.11)$$

$$\dot{E}_{x,giris} - \dot{E}_{x,çikis} - \dot{E}_{x,yikim,1-2} = 0 \quad (4.12)$$

$$\dot{E}_{x,yikim,1-2} = \dot{E}_{x,giris} - \dot{E}_{x,çikis} \quad (4.13)$$

$$\dot{E}_{x,yikim,1-2} = \dot{W}_{komp.} + \dot{E}_{x,1} - \dot{E}_{x,2} \quad (4.14)$$

$$\dot{E}_{x,yikim,1-2} = \dot{W}_{komp.} + \Delta \dot{E}_{x,12} \quad (4.15)$$

$$= \dot{W}_{komp.} - \dot{m}_{r134a}[h_2 - h_1 - T_0(s_2 - s_1)] \quad (4.16)$$

$$\dot{E}_{x,yikim,1-2} = \dot{m}_{r134a}T_0(s_2 - s_1) \quad (4.17)$$

$$\eta_{ex,Komp.} = \frac{\dot{W}_{Tersinir}}{\dot{W}_{komp.}} = 1 - \frac{\dot{E}_{x,yikim,1-2}}{\dot{W}_{komp.}} \quad (4.18)$$

Yoğunlaştırıcı

$$\dot{Q}_H = \dot{m}_{r134a}(h_2 - h_3) \quad (4.19)$$

$$\dot{E}_{x,yikim,2-3} = \dot{E}_{x,giris} - \dot{E}_{x,çikis} \quad (4.20)$$

$$\dot{E}_{x,yıkım,2-3} = (\dot{E}_{x,2} - \dot{E}_{x,3}) - \dot{E}_{x,QH} \quad (4.21)$$

$$= \dot{m}_{r134a}[h_2 - h_3 - T_0(s_2 - s_3)] - \dot{Q}_H(1 - \frac{T_0}{T_H}) \quad (4.22)$$

$$\dot{E}_{x,2} = \dot{m}_{r134a}[h_2 - h_0 - T_0(s_2 - s_0)] \quad (4.23)$$

$$\dot{E}_{x,3} = \dot{m}_{r134a}[h_3 - h_0 - T_0(s_3 - s_0)] \quad (4.24)$$

$$\eta_{ex,Yog.} = \frac{\dot{E}_{x,3}}{\dot{E}_{x,2}} \quad (4.25)$$

Kısma Valfi

$$h_3 = h_4 \quad (4.26)$$

$$\dot{E}_{x,yıkım,3-4} = \dot{E}_{x,giris} - \dot{E}_{x,çıkış} \quad (4.27)$$

$$\dot{E}_{x,yıkım,3-4} = (\dot{E}_{x,3} - \dot{E}_{x,4}) \quad (4.28)$$

$$= \dot{m}_{r134a}[h_3 - h_4 - T_0(s_3 - s_4)] \quad (4.29)$$

$$\dot{E}_{x,yıkım,3-4} = T_0 \dot{S}_{jen,3-4} = \dot{m}_{r134a} T_0 (s_4 - s_3) \quad (4.30)$$

$$\dot{E}_{x,4} = \dot{m}_{r134a}[h_4 - h_0 - T_0(s_4 - s_0)] \quad (4.31)$$

$$\eta_{ex,kıs.} = \frac{\dot{E}_{x,4}}{\dot{E}_{x,3}} \quad (4.32)$$

Buharlaştırıcı (r134a, kuru hava)

İdeal buzdolaplarında su buharı buzdolabı kapağı açık olduğu durumlarda oluşur.

Kapak kapalı iken su buharı oluşmaz. Ayrıca Azot N₂ su buharı var ise nitrojen oksite (NO) dönüşür. Su buharı oluşmadığından azot reaksiyona girmez.

$$\dot{m}_{nemli\ hava} = \dot{m}_{kuru\ hava} + \dot{m}_{su\ buharı} \quad (4.33)$$

$$\dot{m}_{kuru\ hava} = \dot{m}_{N_2} + \dot{m}_{O_2} \quad (4.34)$$

$$\dot{Q}_L = \dot{m}_{r134a}(h_1 - h_4) = \dot{m}_{kuru\ hava}(h_5 - h_7) \quad (4.35)$$

$$\dot{E}_{x,yıkım,4-1ve5-7} = \dot{E}_{x,giris} - \dot{E}_{x,çıkış} \quad (4.36)$$

$$\dot{E}_{x,yıkım,4-1ve5-7} = (\dot{E}_{x,4} - \dot{E}_{x,1}) + (\dot{E}_{x,5} - \dot{E}_{x,7}) \quad (4.37)$$

$$= T_0[\dot{m}_{kuru\ hava}(s_7 - s_5) - \dot{m}_{r134a}(s_4 - s_1)] \quad (4.38)$$

$$\eta_{ex,buh.} = \frac{\dot{m}_{r134a}[h_4 - h_1 - T_0(s_4 - s_1)]}{\dot{m}_{kuru\ hava}[h_5 - h_7 - T_0(s_5 - s_7)]} \quad (4.39)$$

Ozon Jeneratörü

$$\dot{W}_{EL} = \dot{m}_{kuru\ hava}(h_6 - h_5) \quad (4.40)$$

$$\dot{E}_{x,yıkım,5-6} = \dot{E}_{x,giris} - \dot{E}_{x,çıkış} \quad (4.41)$$

$$\dot{E}_{x,yıkım,5-6} = (\dot{E}_{x,5} - \dot{E}_{x,6}) + \dot{W}_{EL} \quad (4.42)$$

$$\dot{E}_{x,yıkım,5-6} = \dot{m}_{kuru\ hava}T_L(s_6 - s_5) \quad (4.43)$$

$$\eta_{ex,ozon\ jen.} = \frac{\dot{W}_{Tersinir}}{\dot{W}_{EL}} = 1 - \frac{\dot{E}_{x,yıkım,5-6}}{\dot{W}_{EL}} \quad (4.44)$$

5. ÜRÜN TASARIMI

Ozon gazı jeneratörünün elektronik yapısı 3 parça olarak dizayn edilmiştir.

Bunlar;

- Besleme
- Zamanlama ve Kontrol
- Yüksek Gerilim Deşarj 'dır.

5.1 Devrenin Besleme Katı

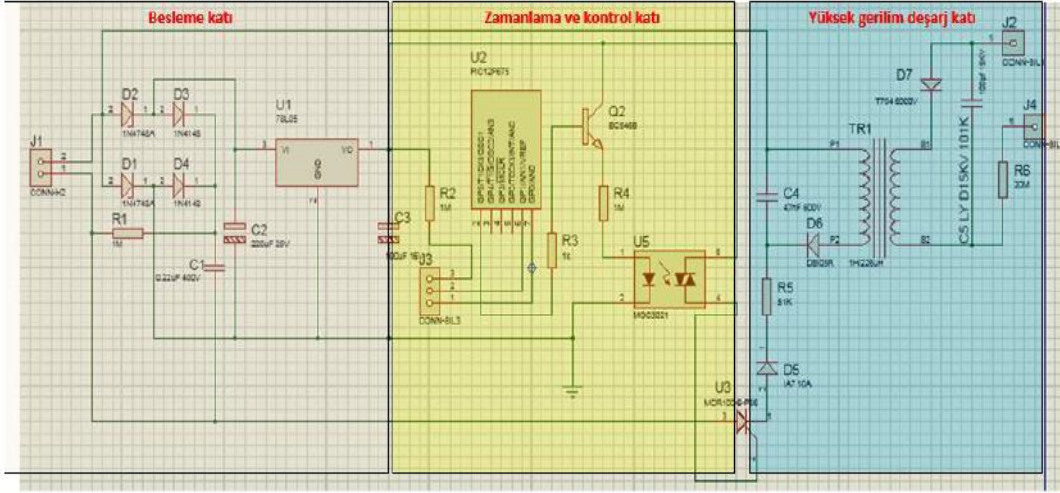
Devrenin elektronik parçalarının çalışması için lazım olan enerjinin yaygın olarak evlerde kullanılan faz-nötr gerilimi olan 220 V 50 Hz şebeke geriliminden 5 V DC gerilime azaltılması ve dönüştürülmesi sebebiyle değerlendirilmiştir.

5.2 Devrenin Zamanlama Ve Kontrol

Devrenin bir geri besleme olmaksızın zamanlama temeline göre bir kontrol işareti üretmesini temin etmektir. Ayrıca kullanıcıya ozon gazı üretiminin başladığını ışıklı bir uyarı ile belirten LED'li bir işaret de bulunmaktadır. Elektrik arkı için lazım olan yüksek gerilimin üretilmesini temin eden trafonun belirli bir frekansta tetiklenmesi de bu bölümde üretilen kontrol işareti ile sağlanmaktadır.

5.3 Devrenin Yüksek Gerilim Deşarj

Devrenin yüksek gerilim katı ozon gazı üretiminin gerçekleştiği bölümdür. Burada sivri uçlu metal uçlar arasından yüksek gerilim boşalımı sağlanmaktadır. Bu sivri uçlu metal uçların bulunduğu bağlantı parçası aşağıda gösterilen PCB kart üzerine konumlandırılmıştır. Bunun nedeni yüksek gerilim boşalımı esnasında devrenin kontrol bölümünde yer alan mikro kontrolöre elektriksel karışım (interference) etkisini gerçekleşmesini önlemek içindir. Bu nedenle bu bölüm PCB karttan biraz daha uzak bir kısma kablo yardımıyla taşınmıştır.



Şekil 5.1 : Ozon Jeneratörü Devre Şeması

5.4 Devre Besleme Katı Elemanları Ve Fonksiyonları

J1'e 220V gerilim uygulanıyor. Devrenin besleme katı ile J1 kısmının 1 veya 2 numaralı uçlarından birisine baskı devrede bulunmayan 1mH değerinde (gerilim dalgalanmalarını engellemek için) direnç tipi bir bobin bağlanması amaçlanmıştır. Devrenin besleme gerilimini elde etmek için besleme katında 1N4001 tipi köprü doğrultma diyotları yerleştirilmiştir. Bu diyotlar yardımıyla alternatif gerilim doğru gerilime dönüştürülmektedir. C2 olarak markalanan kondansatör ile daha düzgün bir doğru gerilim sağlanması hedeflenmiştir. Bu noktadan sonra kullanılan ve U1 olarak markalanan regülatör entegresi ile U2 mikrokontrolörü için lazım olan 5 V'luk DC gerilim sağlanmıştır. C3 kondansatörü yine U1 regülâtörünün çıkışından daha kararlı ve düzgün bir DC gerilim temin etmesine olanak verir.

5.5 Devre Zamanlama Ve Kontrol Katı Elemanları Ve Fonksiyonları

U2 mikrokontrolörü sistemin çalışma ve bekleme zamanlarını belirler. Bu kontrolörün içerisinde devrenin boşalma katında yer alan TR1 markalı yüksek gerilim trafosunun anahtarlanması özelliklerini yerine getiren bir yazılım bulunmaktadır. Devrenin aktif ve pasif olduğu yani yüksek gerilim boşalımı ile ozon gazı üretiminin olduğu veya olmadığı koşullarının gösterilmesi amacı ile bu kontrolörün 6,7 nolu uçlarından J3 bağlantı noktasına iki renkli bir LED kullanılması hedeflenmiştir.

U2 mikrokontrolörünün 2 nolu ucundan gelen anahtarlama işareti ile Q2 markalı transistör sürülerek U5 optokuplörü aktif edilir. Böylece güç devresi için lazım olan

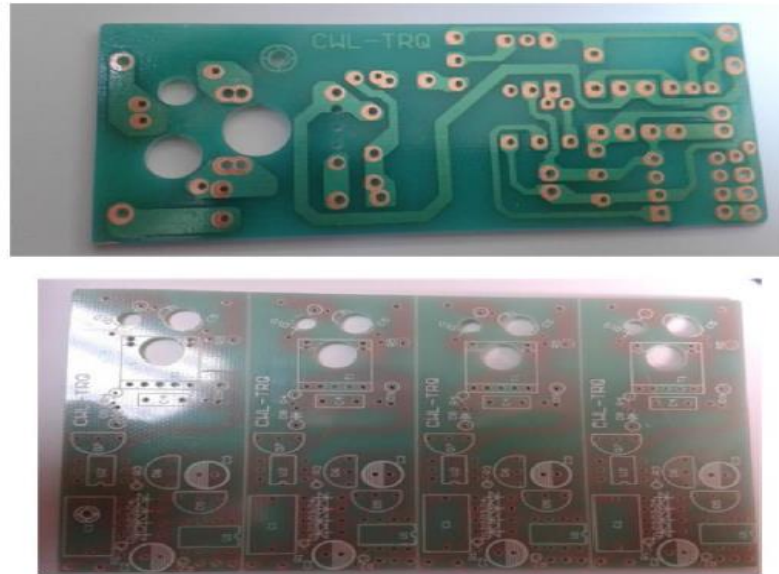
anahtarlama işareti temin edilir.

5.6 Devre Yüksek Gerilim Deşarj Katı Elemanları Ve Fonksiyonları

Zamanlama ve kontrol katındaki U5 optokuplörü tarafından markalanan U3 tristöründen gelen TR1 yüksek gerilim trafosuna 220V AC gerilim anahtarlanarak trafo çıkışında boşalım için lazım olan yüksek gerilim temin edilir.

Devrenin yüksek gerilim boşalım bölümünde kullanılan D5 ve D6 diyotları tek yönlü işaret transferi için yerleştirilmiştir.

Burada üretilen yaklaşık 4000 V değerine yakın AC yüksek gerilim J2 ve J4 sivri metal uçlarından boşalım gerçekleştirilir. Bu sayede ortamdaki O₂ molekülleri O₃'e dönüştürülerek ozon gazı elde edilir. 26 dakika süresince OFF(kapalı), 4 dakika süresince de ON(açık) konumundadır. Bu döngü sistem enerjili olduğu sürece tekrarlanmaktadır.

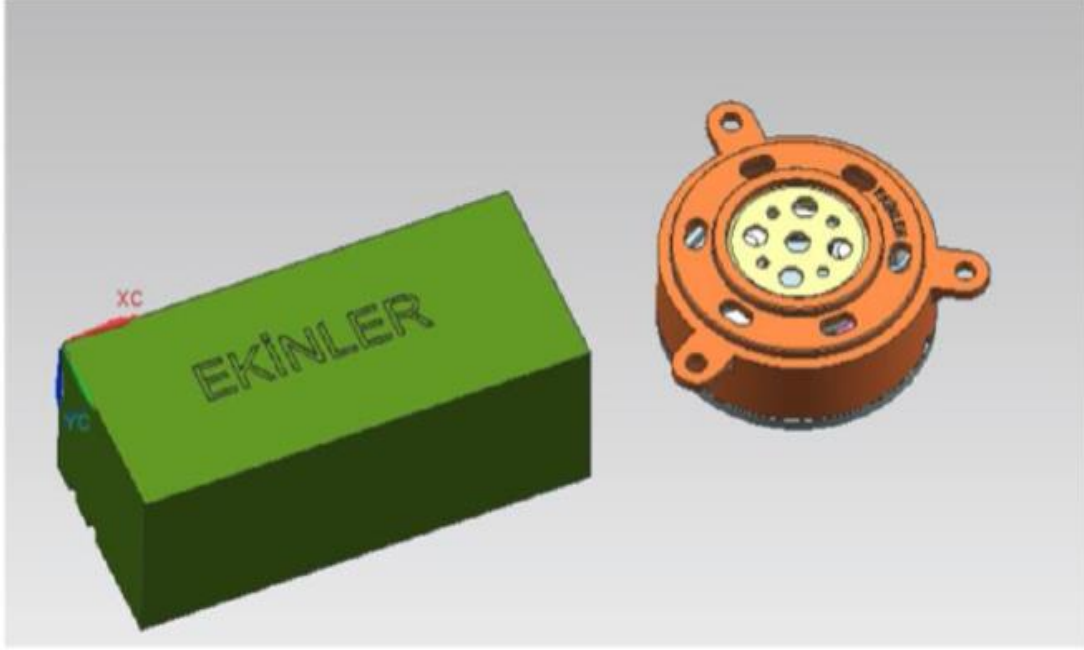


Şekil 5.2 : PCB Bileşeni

5.7 Devrenin PCB Bileşeni ve Fonksiyonları

Belirlenmiş olan komponentlerin yerleştirilmesi için yukarıda resmi olan şekilde pCBtasarlanmıştır. PCB tasarımı için PCB firması desteği ile çalışma gerçekleştirilmiştir.PCB'nin görevi sistem girişindeki 220V alçak gerilimini yükselterek yüksek gerilim çıkışı sağlamaktır.

5.8 Ürünün Mekanik Bileşenleri ve Fonksiyonları

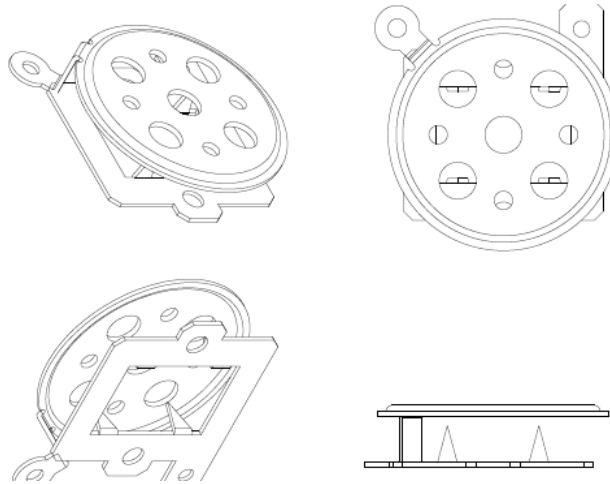


Şekil 5.3 : Kutu ve Deşarj Kafası Gösterimi

5.8.1 Ürünün kutusu ve fonksiyonları

Jeneratör daha sonra epoxy reçine ile yalıtılacağından, PCB boyutlarına uygun bir kutu yukarıdaki resimdeki şekilde tasarlanmıştır. Bu sayede gerilim esnasında iyi bir yalıtım sağlanarak PCB üzerinde oluşabilecek kısa devre engellenmiş olur.

5.8.2 Ürünün deşarj kafası ve fonksiyonları



Şekil 5.4 : Deşarj Kafası Çizimi

Deşarj kafası 2 elektrot 1 yalıtım malzemesi olmak üzere 3 parçadan oluşur.PCB den çıkan yüksek gerilim uçları ayrı elektrotlara bağlanır.Bu elektrotların belli bir aralıkla konumlandırılması için yalıtım malzemesi üzerine monte edilir.Bu sayede istenilen seviyede ozon üretimi gerçekleştirilebilir. Deşarjın gerçekleşmesi için düz plakaya sivri yaklaşan uçlar ve bunları yalıtacak ve montajını sağlayacak olan kafa yine yukarıdaki resimdeki şekilde tasarlanmıştır. Tasarımlarda 3D Cad yazılımı Solidworks kullanılmıştır.

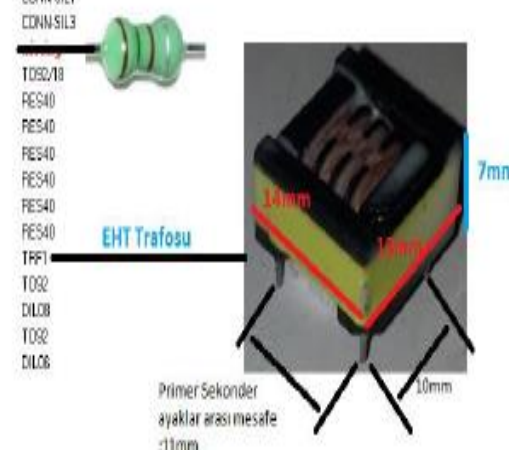
Kutu ve kafa' da kullanılacak plastik ve metal malzeme seçimleri ürünün nemli ve ozonlu ortamda çalışması gerekliliği göz önünde bulundurularak 304 kalite paslanmaz ve polyamid olarak seçilmiştir. Ayrıca yalıtım için Glowwire750 uyumlu PU511 seçilmiştir.

6. PROTOTİP ÜRETİLMESİ VE ANALİZİ

Elektronik bileşenleri aşağıdaki listeye göre tedarik edilmiştir.

Reference	Type	Value	Package
C1	CAP	0.22µF 40V	CAF10
C2	GENELECT2201N	220µF 25V	ELEC-PAD20M
C3	GENELECT100U16V	100µF 16V	ELEC-PAD10
C4	CAP	47µF 50V	CAF10
C5 LYD12KV101K	CAP	100µF 10KV	CAF10
D1	1N4748A	1N4748A	DO41
D2	1N4748A	1N4748A	DO41
D3	1N4148	1N4148	DO35
D4	1N4148	1N4148	DO35
D5	1N4148	1N4148	DO35
D6	1N4001	1N4001	DO41
D7 ZCL70	1N4001	170V 6000V	DO41
J1	CONN-H2	CONN-H2	CONN-SIL2
J2	CONN-SIL1	CONN-SIL1	CONN-SIL1
J3	CONN-SIL1	CONN-SIL1	CONN-SIL1
J4	CONN-SIL3	CONN-SIL3	CONN-SIL3
L1 DIFENC TIPİ	REALIND	1mH %10	TO32/19
Q2	BCS46BP	BCS46B	TO32/19
R1	RES	1M 1/4W %5	RES40
R2	RES	910 1/4W %5	RES40
R3	RES	1k 1/4W %5	RES40
R4	RES	10k 1/4W %5	RES40
R5	RES	51k 1/4W %5	RES40
R6	RES	20M 1/4W %5	RES40
TR1	TRANS25	225µH/1H	TRF1
U1	78L05	78L05	TO32
U2	PIC12F675	PIC12F675	DIL08
U3	THYRISTOR	MCR100-6-P96	TO32
U5	MOC3021	MOC3021	DIL06

1 Adet çift renkli led (Kırmızı/Yeşil)



Şekil 6.1 : Tedarik Edilen Malzemelerin Listesi

6.1 Ürün Özellikleri

Indesit firmasının teknik spesifikasyonun değeri 8-10 mg/h olarak tespit edilmişti. 8-10mg/h oksijen beslemesi durumundaki anma değeridir. Havada oksijen %21 oranında bulunduğundan bu anma değerindeki jeneratör açık havada 9 mg/h * %21 olmak üzere saatte 1.89 mg üretebilir.

Yüksek enerjili bir molekülden meydana gelen ozonun normal şartlar altında yarı ömür süresi 20 dakikadır. Bu süre sonunda atık bırakmadan oksijene tekrar dönüşebildiği

açıklanmıştır.

Gerek ozonun bu karakteristiği, gerekse jeneratörün ömrü gözetildiğinde jeneratörün 4 dk çalışıp, 26 dk durmak sureti ile bir çevrim yapması uygundur.

Böyle bir durumda bir saatte 8dk çalışacağından üreteceği ozon miktarı $1.89 \text{ mg/h} * 8/60 \text{ h}$ olmak üzere;

0.25 mg olacaktır.

Ortalama bir buzdolabı hacmi 500L'dir. Buna göre;

$500\text{L} = 0.5\text{m}^3$ dür.

Dolayısı ile dolap içerisindeki konsantrasyon $0.25 \text{ mg} / 0.5\text{m}^3$ olmak üzere 0.5 mg/m^3 ve 0.5 microgram/L veya 0.23 ppm olacaktır.

Barth ve arkadaşları (1995), böğürtlenlerin 0,3 ppm 2°C sıcaklıkta ozon gazı verilerek muhafaza edildiğinde küf gelişiminin engellendiği görülmüştür ve bu belirlenen değeri desteklemektedir.

Bu bilgilere göre ürün tasarım temel girdileri aşağıdaki şekilde belirlenmiştir.

Anma üretimi: 8-10 mg/h (oksijen beslemesi ile) NKA üretim: 1.7 –2.1 mg/h

Anlık konsantrasyon (1L/dkdebi için): 28-35 mg/m^3 veya 60-75 ppm

Çalışma çevrimi: 4dk on, 26dk off

Çalışma Sıcaklığı: $-10 / +50^\circ\text{C}$

6.2 Prototip Hazırlama

PCB üzerinde yer alan elektronik bileşenlerin tedarik edilmiş ve prototip imalatı için gerekli bileşenler seçilerek imalat sürecine geçilmiştir.Tedarik edilen elektronik bileşenler Şekil 6.2'de yer alan resimde gösterilmiştir.



Şekil 6.2 : Tedarik Edilen Malzemeler

Kutu ve Kafa plastikleri enjeksiyon kalıbı yapılarak baskı sonucu elde edilmiştir. Yine aynı şekilde kafa metalleri pres kalıbı tasarlanıp imal edilerek baskı sonucu elde edilmiştir (Şekil 6.3). Bu baskıların alınmasında kullanılan kalıpların resimleri sırasıyla şekil 6.4-6.5-6.6'de gösterilmektedir.



Şekil 6.3 : Kafa Plastik ve Metal Gövdeleri



Şekil 6.4 : Kafa plastik Kalıbı



Şekil 6.5: Kutu Kalıbı



Şekil 6.6 : Kafa Metal Kalıbı

PCB üzerine elektronik komponentler yerleştirilerek lehimleme ile montaj işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu şekilde yalıtılmamış PCB devre kartı elde edilmiştir.



Şekil 6.7 : PCB Devre Prototip

Enjeksiyon baskısı ile elde ettiğimiz plastik kutu içerisine PCB yerleştirilerek Epoxy reçine dolumu ile yalıtımı sağlanmıştır. Bu karışım iki ana bileşenin 1-4 oranında karıştırılması ile oluşturulmakta olup; bu iki bileşenin bir araya gelip bileşiği oluşturması ekzotermik bir reaksiyondur, yani dışarıya ısı açığa çıkmaktadır. Yaklaşık 1 saatte tamamlanan reaksiyon (kürleme) işlemi ile yalıtım sağlanmış olur.

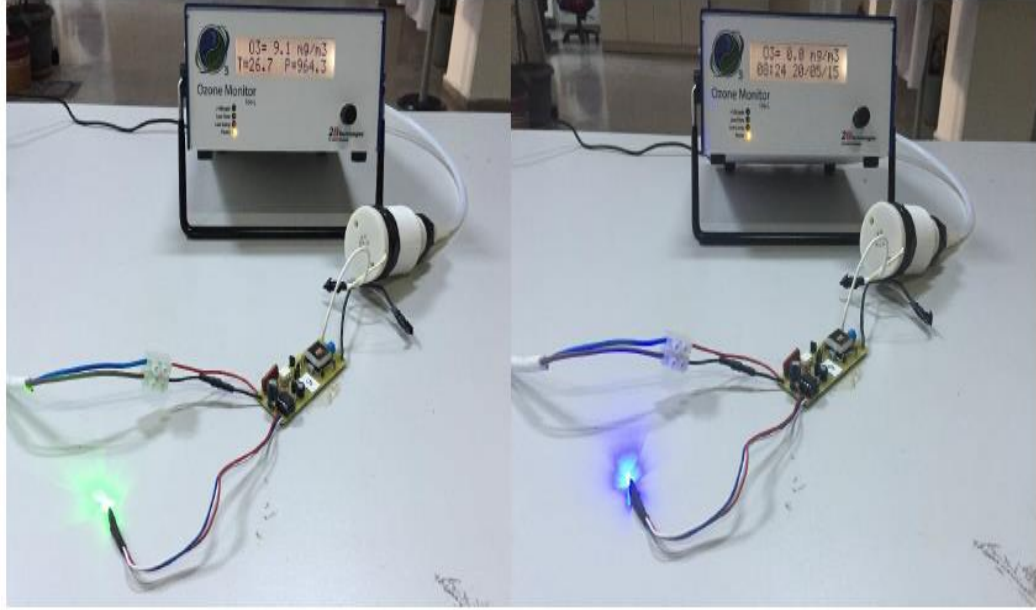


Şekil 6.8 : Yalıtılmış PCB Devre Prototip

PCB'nin tamamlanması ile çıkış uçlarına kafa plastik ve metal malzemeleri montaj edilmiştir.

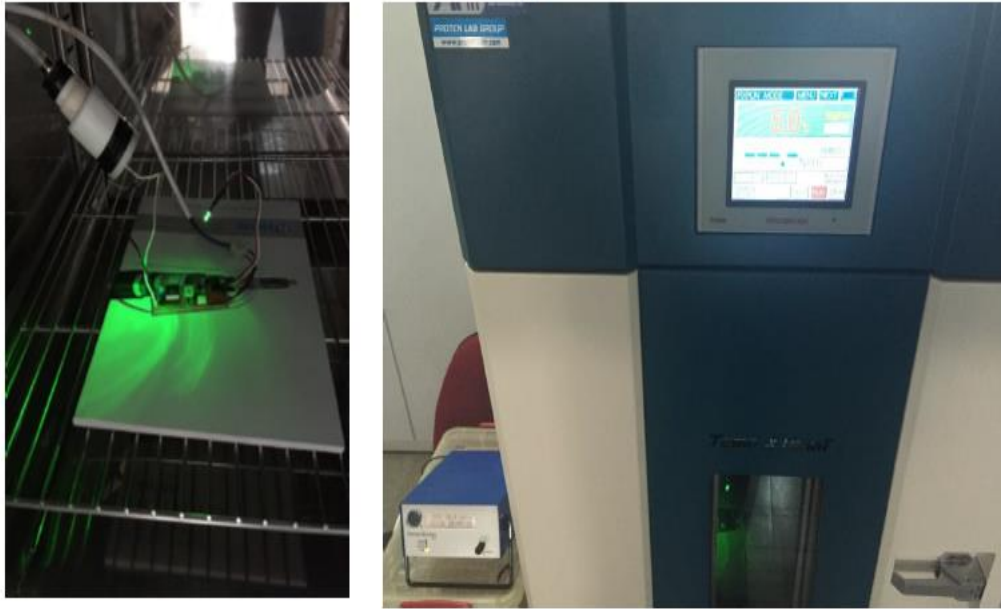
6.3 Prototip Doğrulama

Jeneratör 'ün ozon üretim miktarı doğrulamak için Ozon ölçüm cihazı kullanılmıştır. Cihazın vakum modülü Ozon jeneratörünün kafasına bağlanarak ölçüm sonuçları alınmıştır. Bu duruma göre jeneratör beklendiği gibi 4dk'lık ON konumda iken (yeşil ışık) 9.1 mg/m^3 , 26dk'lık OFF konumunda iken (mavi ışık) 0 mg/m^3 konsantrasyonunda ozon üretimi gerçekleştirmiştir.



Şekil 6.9 : Ozon Ölçüm Cihazı İle Yapılan Test

Jeneratör 'ün ozon üretimi, amacı olan ev tipi buzdolabının çalışma karakteristiği göz önüne alınarak +5°C şekil 6.9'da yer alan ozon ölçüm cihazı ile doğrulanmıştır. Bu koşullar altındaki ölçülen konsantrasyon değeri 10.4 mg/m³ olarak ölçülmüştür. Bu değer beklenen seviyededir.



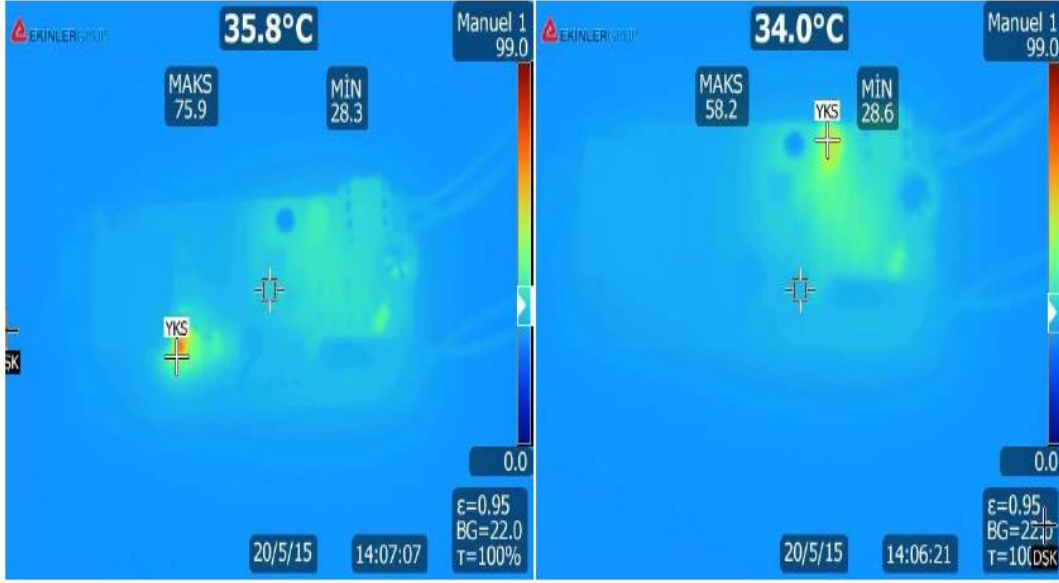
Şekil 6.10 : İklimlendirme Kabininde Yapılan Ozon Ölçümü

İklimlendirme kabininde soğutma sistemi şartlarına getirilen ozon jeneratör 15 gün süresince aralıksız çalıştırılmıştır. Bu süreçte herhangi bir arıza veya aşırı ısınma gibi

herhangi bir sorunla karşılaşılmamış ve sorunsuz bir şekilde çalıştığı doğrulanmıştır.

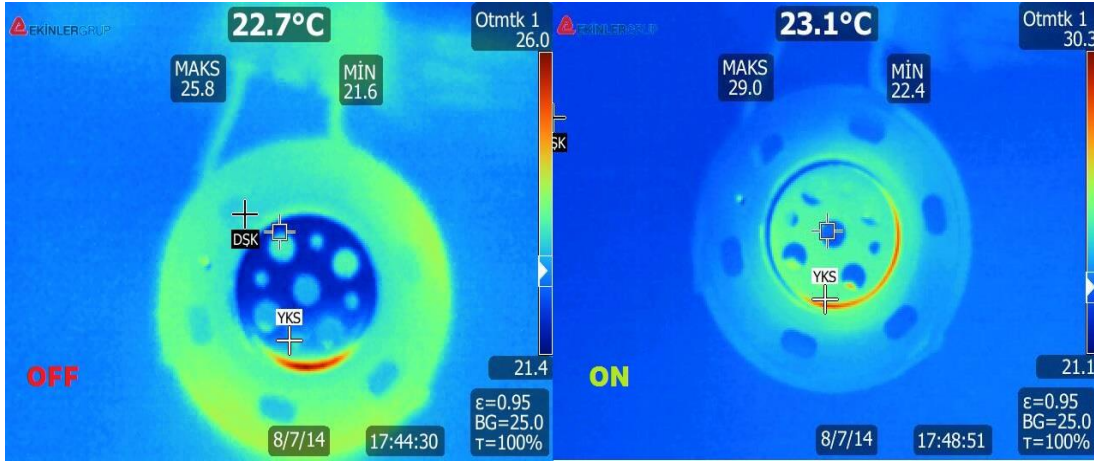
Sol: ON

Sağ: OFF



Şekil 6.11 : Termal Kamera İle Yapılan PCB Analizleri

Termal Kamera ile yapılan analizde Şekil 6.11’de görüldüğü gibi Ozon jeneratörü kapalı konumdayken sağdaki resimde ısınma değeri 58 °C olduğu görülür. Aynı resimde ozon jeneratörü yaklaşık 4 dakika çalıştırdıktan sonra sıcaklık değerinin 75 °C ye ulaştığı gözlemlenmiştir.



Şekil 6.12 : Termal Kamera İle Yapılan Deşarj Kafası Analizleri

Termal Kamera ile yapılan diğer analizde Şekil 6.12’de görüldüğü gibi Ozon jeneratörünün Ozon üretimini sağlayan metal plakalarının kapalı konumdayken soldaki resimde ısınma değeri 25 °C olduğu görülür. Aynı resimde yer alan sağdaki

karede Ozon üretimini sağlayan metal plakalarının yaklaşık 4 dakika çalıştırdıktan sonra sıcaklık değerinin 29°C ye ulaştığı gözlemlenmiştir.



Şekil 6.13 : Termal Kamera

Ozon jeneratörünün sıcaklık analizlerinde kullanılan Fluke marka termal kameranın resmi şekil 6.13 de eklenmiştir.

Jeneratör 'ün plastik bileşen malzemesinin alevlenme (glow wire) karakteristiği glow wire test cihazı ile test edilmiş ve GW 750 standardına uyumlu olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 6.14 : Glow Wire Testi

Jeneratör 'ün deşarj uçların arasındaki gerilimin karakteristiği görüntülenmiştir. Yapılan incelemede ozon üretimine de etken olan frekansın stabil olduğu görüldü.



Şekil 6.15 : Osiloskop Cihazı Çıkış Gerilim Ölçümü

Jeneratör 'ün şebekedeki gerilim dalgalanmalarındaki performansı ölçülmüştür. Cihaza 200-250V/AC giriş sağlanmış. Bu koşullar altında çıkış gerilim ve ozon konsantrasyonu ölçümlenmiştir.

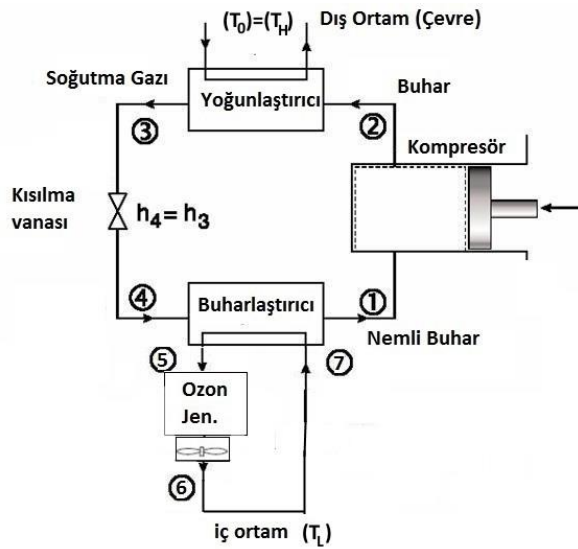


Şekil 6.16 : Ozon üretim anında deşarj kafası görünümü

6.4 Ozon Jeneratörlü Ev Tipi Buzdolabı Analizi

TS 87 EN ISO 7371 de ev tipi buzdolabı; enerji kullanan bir veya daha çok donanımla soğutulan ve gıda maddelerinin muhafazası için amaçlanmış bir veya daha çok bölmesi bulunan, bunlardan en az bir tanesi taze gıda depolamasına uygun olan evlerde kullanılmak için uygun hacimli, yalıtılmış bir dolap ve donanım olarak tanımlanır.

500L kapasiteli bir buhar sıkıştırımlı buzdolabı sisteminde çalışma sıvısı olarak soğutucu 134a kullanılıyor. Sistem çevrimi şekil 6.17 de gösterilmiştir. Termodinamik Tablo'dan bilenen değerler çizelge 6.1 de gösterilmiştir.



Şekil 6.17: Ozon Jeneratörlü Buzdolabı

Çizelge 6.1 Buzdolabı sistem çevrimi tablosu

Nokta	Yapı	p(bar)	T (°C)	h(kJ/kg)	s (kJ/kg·K)
1	R134a	1,75	-15	392,43	1,73
2	R134a	10,6	50	429	1,74
3	R134a	10	48	212	1,07
4	R134a	1,75	-10	212	1,08
5	Hava(N ₂ +O ₂)	1,013	5	278,12	1,63
6	Hava(N ₂ +O ₃)	1,013	5	567,7	2,19
7	Hava(N ₂ +O ₂)	1,013	8	281,13	1,64

R134a soğutucu akışkan gazının kütle debisi;

$$\dot{m}_{r134a} = 0,0014 \text{ kg/s}$$

Buzdolabı içinde fanlı sistemdeki havanın kütle debisi;

$$\dot{m}_{hava} = 0,084 \text{ kg/s}$$

Buzdolabı iç kabin sıcaklığı;

$$T_L = 5 \text{ °C}$$

Buzdolabı dış çevre sıcaklığı;

$$T_H = T_0 = 25 \text{ °C}$$

Buzdolabı kompresör gücü (W);

$$\dot{W}_{komp.} = (0,0014 \text{ kg/s})(429 \text{ kJ/kg} - 392,43 \text{ kJ/kg}) = 0,051 \text{ kJ/s}$$

Ozon Jeneratörü gücü (W);

$$\dot{W}_{ozon \text{ jen.}} = (0,084 \text{ kg/s})(567,7 \text{ kJ/kg} - 278,12 \text{ kJ/kg}) = 24,3 \text{ kJ/s}$$

Kompresör ekserji yıkımı hesabı denklem 4.17'e göre hesaplanır;

$$\dot{E}_{x,yıkım,1-2} = (0,0014 \text{ kg/s})[(298,15 \text{ K})(1,74 \text{ kJ/kgK} - 1,73 \text{ kJ/kgK})]$$

$$\dot{E}_{x,yıkım,1-2} = 0,004 \text{ kJ/s}$$

Kompresör ekserji verimi hesabı denklem 4.18'e göre hesaplanır;

$$\eta_{ex,Komp.} = 1 - \frac{0,004}{0,051} = 0,92$$

Yoğunlaştırıcı ekserji yıkımı hesabı denklem 4.22'e göre hesaplanır;

$$\dot{E}_{x,yıkım,2-3} = (0,0014 \text{ kg/s})[(429 \text{ kJ/kg}) - (212 \text{ kJ/kg}) - (298,15 \text{ K})(1,74 \text{ kJ/kgK} - 1,07 \text{ kJ/kgK})]$$

$$\dot{E}_{x,yıkım,2-3} = 0,028 \text{ kJ/s}$$

Yoğunlaştırıcı ekserji verimi hesabı denklem 4.25'e göre hesaplanır;

$$\dot{E}_{x,2} = (0,0014 \text{ kg/s})[(429 \text{ kJ/kg}) - (298,18 \text{ kJ/kg}) - (298,15 \text{ K})(1,74 \text{ kJ/kgK} - 1,65 \text{ kJ/kgK})]$$

$$\dot{E}_{x,2} = 0,145 \text{ kJ/s}$$

$$\dot{E}_{x,3} = (0,0014 \text{ kg/s})[(212\text{kJ/kg}) - (298,18\text{kJ/kg}) - (298,15\text{K})(1,07\text{kJ/kgK} - 1,65\text{kJ/kgK})]$$

$$\dot{E}_{x,3} = 0,117 \text{ kJ/s}$$

$$\eta_{ex,yog.} = \frac{0,117}{0,145} = 0,80$$

Kısma vanası ekserji yıkımı hesabı denklem 4.30'a göre hesaplanır;

$$\dot{E}_{x,yıkım,3-4} = (0,0014 \text{ kg/s})[(298,15\text{K})(1,08\text{kJ/kgK} - 1,07\text{kJ/kgK})]$$

$$\dot{E}_{x,yıkım,3-4} = 0,004\text{kJ/s}$$

Kısma vanası ekserji verimi hesabı denklem 4.32'a göre hesaplanır;

$$\dot{E}_{x,4} = (0,0014 \text{ kg/s})[(212\text{kJ/kg}) - (298,18\text{kJ/kg}) - (298,15\text{K})(1,08\text{kJ/kgK} - 1,65\text{kJ/kgK})]$$

$$\dot{E}_{x,4} = 0,117 \text{ kJ/s}$$

$$\eta_{ex,kıs.} = \frac{0,117 \text{ kJ/s}}{0,117 \text{ kJ/s}} = 1$$

Buharlaştırıcı (r134a,kuru hava) ekserji yıkımı hesabı denklem 4.38'e göre hesaplanır;

$$\dot{E}_{x,yıkım,4-1ve5-7} = (298,15\text{K})[(0,084 \text{ kg/s})(1,64\text{kJ/kgK} - 1,63\text{kJ/kgK}) - (0,0014 \text{ kg/s})(1,08\text{kJ/kgK} - 1,73\text{kJ/kgK})]$$

$$\dot{E}_{x,yıkım,4-1ve5-7} = 0,521\text{kJ/s}$$

Buharlaştırıcı (r134a,kuru hava) ekserji verimi hesabı denklem 4.39'e göre hesaplanır;

$$\eta_{ex,buh.} = \frac{(0,0014 \text{ kg/s})[212\text{kJ/kg} - 392,43\text{kJ/kg} - (298,15\text{K})(1,08\text{kJ/kgK} - 1,73\text{kJ/kgK})]}{(0,084 \text{ kg/s})[278,12\text{kJ/kg} - 281,13\text{kJ/kg} - (298,15\text{K})(1,63\text{kJ/kgK} - 1,64\text{kJ/kgK})]}$$

$$\eta_{ex,buh.} = 0,82$$

Ozon Jeneratörü ekserji yıkımı hesabı denklem 4.43'e göre hesaplanır;

$$\dot{E}_{x,yıkım,5-6} = (0,084 \text{ kg/s})[(278,15\text{K})(2,19\text{kJ/kgK} - 1,63\text{kJ/kgK})]$$

$$\dot{E}_{x,yıkım,5-6} = 13,08 \text{ kJ/s}$$

Ozon Jeneratörü ekserji verimi hesabı denklem 4.44'e göre hesaplanır;

$$\eta_{ex,ozon\ jen.} = 1 - \frac{13,08}{24,3} = 0,46$$

7. SONUÇ VE ÖNERİLER

Müşteri memnuniyetinin artırılması ve gıda depolanmasında oluşabilecek risklerin önceden belirlenerek giderilmesi, son yıllarda gıda endüstrisinin temel hedefleri arasına girmiştir.

Böylece, gıdaların depolanma süreçlerinde; özellikle mikrobiyal kökenli oluşabilecek tehlikelerin ortadan kaldırılması ve 100 % gıda güvenliğinin sağlanmasında ozon gazı geniş kullanım alanı bulmaya başlamıştır.

Günümüzde çeşitli gıda işletmelere göre yapılmış soğutma sistemleri bilindiği üzere +5°C ve -18°C olmak üzere iki farklı amaç için sağlanmaktadır.

Gıdalar,+5°C derecede daha kısa sürede depolabilirken,-18°C derecelerde aylarca depolanıp bozulmadan saklanıp depolanabilmektedir. Lakin yine de soğutma sistemi ortamında gıdaları bozacak hava kaynaklı mikroorganizmalar bulunmaktadır. Bu mikroorganizmaların en önemlisi de küflerdir. Üründen ürüne farklılık göstermesine rağmen küflerin hepsi gıdalarda bozulmalara neden olmaktadır. Küf dışında soğuk hava koşullarına dayanıklı bakteriler ve mantarlar da bozulmalara sebep olmaktadır. Bu amaçla soğutma sistemlerinde gıdaların raf ömürlerinin uzatılması için mikroorganizmalar ve küfleri yok edebilecek dezenfeksiyon işlemine ihtiyaç duyulmaktadır. Gerek maliyeti gerek kullanım kolaylığından dolayı ozon jeneratörü öne çıkmakla beraber avantaj sağlamaktadır. Ozon gazı depolanmadığı için kullanıldığı yerde üretilmesi gerekmektedir. Bu sebeple tasarlanan ve üretilen ozon sisteminin kullanım yerine uygun ve istenilen değerleri sağlaması gerekmektedir.

Proje sonucunda planlandığı üzere ev tipi buzdolaplarında faydalı ve güvenli olarak kullanılabilir ozon jeneratörü prototipi elde edilmiştir. Prototipte yapılan ozon ölçümü sonucunda 30 dakikada 9,1 mg/m³ ozon gazı üretildiği tespit edilmiştir. Yapılan deneylerde +5°C de ozon gazının cam şişedeki suyun 4 dakika muamele ile tat kokuyu düzelttiği tespit edilmiştir.+5°C de ozon gazı uygulanan çilek ve üzüm meyvelerinin ozon gazı uygulanmayan meyvelere göre raf ömrü 2 katına çıktığı tespit edilmiştir.

Prototip çalışma esnasında termal kamera ile incelenmiş 4 dakikalık süre çalışması sonucunda cihazda maksimum 4 °C derecelik bir artış gözlenmiştir. Bu sırada ozon üretim miktarının ısınmaya bağlı olarak azalmadığı gözlemlenmiştir. Yine yapılan 5°C 25°C 60°C sıcaklıklardaki ölçümler dede ozon miktarının etkilenmediği saptanmıştır.

Prototip farklı çıkış gerilimleri uygulanmış bu gerilimlerden farklı ozon miktarları ölçülmüştür.

3000 V çıkış gerilimi için 7.3 mg/m³ ozon gazı

4000 V çıkış gerilimi için 9.1 mg/m³ ozon gazı

5000 V çıkış gerilimi için 10,5 mg/m³ ozon gazı üretildiği saptanmıştır.

Prototip hammaddesinin üzerinde yapılan gw750 yanmazlık testinde 750 °C kızgın tel temas ettirildikten sonra alevin 2 saniyeden fazla sürmediği tespit edilip onaylanmıştır.

Ayrıca ozon jeneratörlü buzdolabı için yapılan ekserji analizinde sisteme enerji girişinin %100 olduğu kabul edildiğinde; kompresörde %8, yoğunlaştırıcıda %20, buharlaştırıcıda %18, ozon jeneratöründe %54 lık bir ekserji kaybı bulunmaktadır.

Sonuç olarak prototip istenilen özelliklere sahip olduğu ve kullanıma hazır bir şekilde sunulabileceği tespit edilmiştir. Buna bağlı olarak prototip Indesit firması yetkililer ile paylaşılmış ve onay sürecine girmek için numune çalışması aşamasına geçilmiştir. Bu sayede yakın birkaç ay içerisinde ithal edilen ozon üretim cihazların yerleştirilmesi planlanmaktadır. Diğer birçok yurtiçi ve yurtdışı beyaz eşya üreticileri de görüşmelere başlanmıştır.

Ayrıca taze gıdalarda ozon kullanımı konusunda çalışmaları olan akademik personel ile de proje esnasında temas kurulmuştur. Proje 'ye desteklerini sağlayan danışman hocalarımıza teşekkürlerimi sunarız.

KAYNAKLAR

- ÇINAR, Barış Can ve ÇAKIR, Cevat (2015)**, Eren Enerji Elektrik Üretim A.Ş. Termik Santralinin Enerji Ve Ekserji Analizi, Bitirme Tezi (Yalova Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü)
- KALETUNÇ, Gönül (2009)**, Gıda Endüstrisinde Alışılmamış Yöntemler, *Bilim ve Teknik*, 9(1), 63
- PERİNCEK, Seher Dereli (2006)**, Ozon, Uv, Ultrason Teknolojileri Ve Kombinasyonlarının Ön Terbiye İşlemlerinde Uygulanabilirliğinin Araştırılması, 26-40
- TUNAHAN, Erdem (2007)**, Ozonlu Su İle Yıkanan Kırmızı Pul Biberin Mikrodalga Enerjisi İle Kurutulması, Yüksek Lisans Tezi(Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü)
- YANGILAR, Filiz (2014)**, Ozon ve Gıda Endüstrisinde Kullanım Alanları, *BEÜ Fen Bilimleri Dergisi*, 3(1), 94-101
- YEĞİN, Zeynep (2013)**, Diş Hekimliğinde Ozon Ve Kullanım Alanları, *Atatürk Üniv. Diş Hek. Fak. Derg.* 23(1), 116-122
- YEŞİLATA, Bülent ve DEMİR, Feridun (2006)**, Fotovoltaik Ve Yakıt Pili Birleşik Sisteminin Analizi (Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü)
- YILDIRIM, Yılmaz (2011)**, Yakıt Pilleri, Ders Notları (Zonguldak Karaelmas Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü)
- YILANCI, Ahmet (2008)**, Güneş-Hidrojenli Bir Sisteminin Kurulması Ve Performansının Analizi (Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği Bölümü)

İnternet Kaynakları:

- URL-1** <<http://www.mkdgrup.com>>, alındığı tarih: 02.07.2015.
- URL-2** <<http://www.airozon.com/ozon-o3/ozonun-etkileri.htm>>, alındığı tarih: 02.07.2015.
- URL-3** <<http://www.airozon.com/ozon-o3/ozon-esik-seviyeleri.htm>>, alındığı tarih: 02.07.2015.
- URL-4** <http://www.mikronozon.com/ozon_uygulama_alanlari.html>, alındığı tarih: 02.07.2015.
- URL-5** <<http://teknozonegroup.com/kullanim.aspx>>, alındığı tarih: 02.07.2015.
- URL-6** <<http://gazi.edu.tr/posts/download?id=105163>>, alındığı tarih: 02.10.2015.

ÖZGEÇMİŞ

ALİ OKSAY CANLI

alioksay@hotmail.com

EĞİTİM

- 2013-... İstanbul Aydın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği
- 2007-2011 Namık Kemal Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Makine Mühendisliği
- 2002-2006 Bahçelievler Yenibosna Lisesi Fen Bölümü
- 1999-2002 Çapa İlköğretim Okulu Ortaöğretim

İŞ TECRÜBLERİ

- 05.2013-... Ekinler Endüstri San.Ve.Tic A.Ş. Proses Geliştirme Mühendisi
- 07.2012-04.2013 Ekin Makine Plastik Enj. San. Ltd. Ar-Ge Mühendisi

STAJLAR

- 07.2011-08.2011 Autoliv Cankor Otomotiv A.Ş. Stajyer Mühendis
- 06.2010-07.2010 Arçelik A.Ş. Stajyer Mühendis
- 06.2009-07.2009 Ayfar Otomotiv A.Ş. Stajyer Mühendis

YABANCI DİL

- İngilizce –İyi seviyede

SERTİFİKALAR VE EĞİTİMLER

- Yurtdışı İngilizce Kursu –Snt International College Bournemouth-U.K. 2011-2012
- Catia V5 Eğitim Sertifikası-Mimtek-2011
- Solidworks Eğitim Sertifikası – Mimtek – 2010
- Vda 6.3 Proses Denetçisi Eğitimi - Tuvnord - 2014
- 5s Eğitim Sertifikası Eğitimi – Inotec – 2014
- İş Güvenliği Uzmanlığı Eğitimi– İstanbul Aydın Üniversitesi – 2014