

**TERMİK SANTRAL SOĞUTMA SULARININ DENİZ SUYU
KALİTESİNE ETKİSİ**

Egemen ÖZMEN

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
ÇEVRE BİLİMLERİ**

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

EKİM 2012

ANKARA

Egemen ÖZMEN tarafından hazırlanan ‘TERMİK SANTRAL SOĞUTMA SULARININ DENİZ SUYU KALİTESİNE ETKİSİ’ adlı bu tezin Yüksek Lisans olarak uygun olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Beril SALMAN AKIN

.....

Tez Danışmanı, Çevre Bilimleri Anabilim Dalı

Bu çalışma, jürimiz tarafından oy birliği ile Çevre Bilimleri Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Tahir ATICI

.....

Biyoloji Anabilim Dalı, G.Ü.

Doç. Dr. Beril SALMAN AKIN

.....

Çevre Bilimleri Anabilim Dalı, G.Ü.

Yrd. Doç. Dr. Gamze Yücel İŞILDAR

.....

Çevre Bilimleri Anabilim Dalı, G.Ü.

Tarih: 5/10/2012

Bu tez ile G.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Yüksek Lisans derecesini onamıştır.

Prof. Dr. Şeref SAĞIROĞLU

.....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Egemen ÖZMEN

**TERMİK SANTRAL SOĞUTMA SULARININ DENİZ SUYU
KALİTESİNE ETKİSİ
(Yüksek Lisans Tezi)**

Egemen ÖZMEN

**GAZİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

Ekim 2012

ÖZET

Bu çalışmada Termik Santrallerin denizden aldığı soğutma suyunu kullandıktan sonra, türbinlenen buhar ısısını soğutma suyuna aktarıp tekrar denize deşarj etmesi sonucu; deniz suyu kalitesinin, fizikokimyasal ve biyolojik parametreler bakımından kalite değişimi incelenmeye çalışılmıştır. Bu amaçla Zonguldak ili sınırları içerisinde kalan ve sahilde inşa edilmiş olan ZETES Termik Santrali pilot alan olarak belirlenmiştir. Bu termik santralin soğutma suyu tesislerinde 16 aylık bir dönemde, yaklaşık 2 aylık periyotlarla deniz suyundan iki farklı istasyondan su numuneleri alınmıştır. Numunelerin alındığı 1. İstasyon soğutma suyu alım noktası, 2. İstasyon ise soğutma suyu deşarj noktası olarak belirlenmiştir. Genel olarak soğutma sistemi suyu alım noktası ve deşarj noktası arasında mevsimsel dönemlerde Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (SKKY) Tablo 4’de belirtilen parametrelerde önemli bir değişkenlik gözlenmemiştir. Bu parametreler içerisinde tek farklılık su sıcaklıkları arasında gerçekleşmiş olmasına rağmen, bu sıcaklık farklılıkları SKKY’e göre sınır değerler içerisinde kalmaktadır. Elde edilen deneysel bulgular, termik santrallerde kullanılan soğutma sularının özellikle soğutma suyu olarak kullanılan kaynakta su sıcaklıklarını etkilediğini göstermektedir. Bu durum termik santrallerdeki soğutma suyu sistemlerinin dizaynında en

önemli unsurun hidrotermal modelleme olması gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Bilim Kodu : 903.1.038

Anahtar Kelimeler : Termik Santral, SKKY, Soğutma Suyu

Sayfa Adedi : 76

Tez Yöneticisi : Doç. Dr. Beril SALMAN AKIN

**THE IMPACT OF COOLING WATER OF THERMAL POWER PLANTS
TO THE SEA WATER QUALITY**

(M.Sc. Thesis)

Egemen ÖZMEN

**GAZİ UNIVERSITY
INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY**

October 2011

ABSTRACT

In this study, alterations in sea water quality after the thermal power plants cooling water discharge to seas in terms of physico-chemical and biological water quality parameters are investigated. The cooling water is taken from the sea and the turbinized steam transfers its heat to the cooling water. In this reason, ZETES Thermal Power Plant, which is constructed in coastal region of Zonguldak Province, was selected as the pilot area. In the cooling water facilities' of this thermal power plant, water sampling was done in 2 different stations for 2 month periods during 16 months. The sampling points were determined as the water intake point, the 1st station and the water discharge point, the 2nd station. For seasonal periods, variations were not observed between water intake point and water discharge point for the parameters stated in Table 4 of Water Pollution Control Regulation (WPCR). It was realized that the major variation over these parameters was in water temperature. This variation in water temperature was in the limits of the Water Pollution Control Regulation. The experimental results achieved shows that the cooling water systems of the thermal power plants mostly effects water temperature in the cooling water source. This shows that during the design of a thermal power plant cooling water systems, the most important element is thermal modelling.

Science Code : 903.1.038
Key Words : Thermal Power Plant, WPCR, Cooling Water
Page Number : 76
Adviser : Assoc. Prof. Dr. Beril SALMAN AKIN

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans eğitimim boyunca bana yol gösteren, tez konumu öneren, bilgi birikimi ile çalışmalarına yardımcı olan değerli danışman hocam Doç. Dr. Beril SALMAN AKIN'a, hayatım boyunca maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen başta annem olmak üzere tüm aileme, tez süresince manevi desteklerinden, hoşgörüsünden, anlayışından ve tüm fedakarlıklarından dolayı eşime, tez çalışmalarım sırasında sağladıkları olanaklar ve kolaylıklar için Çınar Mühendislik Müşavirlik A.Ş. Yönetim Kuruluna, laboratuvar çalışmalarındaki yardımlarından dolayı Sn. Salim Sercan MERCAN'a sonsuz minnetlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
TEŞEKKÜR.....	viii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ÇİZELGELERİN LİSTESİ.....	xi
ŞEKİLLERİN LİSTESİ.....	xii
RESİMLERİN LİSTESİ.....	xiv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xv
1. GİRİŞ.....	1
2. TEORİK BİLGİLER.....	6
2.1. Termik Santral.....	6
2.2. Termik Santrallerde Su Kullanımı.....	7
2.2.1. Su-Buhar çevrim suyu.....	7
2.2.2. Soğutma suyu.....	8
2.2.3. Kazan suyunun hazırlanması.....	9
2.2.4. Sistemin çalışma durumu.....	11
2.2.5. Soğutma suyu yolu.....	11
2.2.6. Soğutma suyu deşarj hattının tasarımı.....	19
2.3. Termik Santrallerde Denizden Soğutma Suyu Kullanımı ile İlgili Yasal Yapı.....	23
3. Literatür Araştırması.....	30
4. Materyal ve Metot	34

Sayfa

4.1. Çalışma Alanı.....	34
4.1.1. Zonguldak ili genel çevresel özellikleri.....	34
4.1.2. Zonguldak eren termik santrali.....	39
4.1.3. Karadeniz suyunun genel özellikleri.....	47
4.2. Numune İstasyonları.....	49
4.3. Örnek Alma.....	50
4.4. Deneysel Çalışmalar.....	52
4.4.1. Analizlerin Yapılışı	54
5. Deneysel Bulgular ve Tartışma.....	59
5.1. Anlık Ölçüm Sonuçları.....	59
5.1.1. Sıcaklık Değişimleri.....	60
5.1.2. ÇO Değişimleri.....	62
5.1.3. pH değişimleri.....	64
5.1.4. Işık geçirgenliği değişimleri.....	65
5.1.5. Bulanıklık değişimleri.....	67
5.2. Laboratuvar ölçüm sonuçları.....	68
6. Sonuç ve Öneriler.....	72
KAYNAKLAR.....	74
ÖZGEÇMİŞ.....	76

ÇİZELGELERİN LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1.	SKKY Tablo 4 Deniz Suyunun Genel Kalite Kriterleri.....24
Çizelge 2.2.	SKKY Tablo 9.6 Sektör: Kömür Hazırlama, İşleme ve Enerji Üretim Tesisleri (Soğutma Suyu ve Benzerleri).....25
Çizelge 2.3.	SKKY Tablo 23 Derin Deniz Deşarjları İçin Uygulanacak Kriterler.....25
Çizelge 2.4.	ÇKAGY Ek 1 Çevreye Kirletici Etkisi Yüksek Olan Faaliyet Veya Tesisler.....27
Çizelge 2.5.	ÇKAGY Ek 2 Çevreye Kirletici Etkisi Olan Faaliyet Veya Tesisler.....28
Çizelge 4.1.	Kazanın İşletme Verileri.....40
Çizelge 4.2.	Buhar Türbini İçin İşletme Verileri.....43
Çizelge 4.3.	Çalışma İstasyonlarının Koordinatları.....50
Çizelge 4.4	Araştırma Kapsamında Yapılan analizler.....52
Çizelge 4.5	Analizler İçin kullanılan Metotlar.....53
Çizelge 5.1.	Soğutma Sistemi Giriş Suyu'ndan Alınan Anlık Numune Analizi Ortalama Değerleri.....59
Çizelge 5.2.	Soğutma Sistemi Deşarj Suyu'ndan Alınan Anlık Numune Analizi Ortalama Değerleri.....60
Çizelge 5.3.	Soğutma Sistemi Giriş Suyu'ndan Alınan Numune Laboratuar Analizi Ortalama Değerleri.....69
Çizelge 5.4.	Soğutma Sistemi Deşarj Suyu'ndan Alınan Numune Laboratuar Analizi Ortalama Değerleri.....70

ŞEKİLLERİN LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2.1.	Bir buhar kazanı devresinde ki üniteler10
Şekil 2.2.	Açık devre ile soğutma12
Şekil 2.3.	Kapalı devre ile soğutma13
Şekil 2.4.	Denizsuıu Kullanımlı Mekanik Akımlı Islak Tıp Soğutma Sistemi Şeması.....14
Şekil 2.5.	Denizsuıu Kullanımlı Mekanik Akımlı Islak Tıp Soğutma Sistemi Isı ve Kütle Denge Şeması.....15
Şekil 2.6.	Denizsuıu Kullanımlı Mekanik Akımlı Islak Tıp Soğutma Sisteminden Görünüm-I.....16
Şekil 2.7.	Denizsuıu Kullanımlı Mekanik Akımlı Islak Tıp Soğutma Sisteminden Görünümler-II.....16
Şekil 2.8.	Denizsuıu Kullanımlı Mekanik Akımlı Islak Tıp Soğutma Sistemi Çevresel Önlemler17
Şekil 2.9.	Denizsuıu Kullanımlı Mekanik Akımlı Islak Tıp Soğutma Sistemi Çevresel Önlemler.....18
Şekil 2.10.	Denizsuıu Kullanımlı Mekanik Akımlı Islak Tıp Soğutma Sistemi Çevresel Önlemler.....19
Şekil 2.11.	Örnek numerik model ağ (mesh) yapısı.....21
Şekil 2.12.	Örnek sıcaklık dağılım haritası.....22
Şekil 4.1.	Çalışma alanı yerbulduru haritası.....37
Şekil 4.2.	Çalışma alanı uydu görüntüsü.....38
Şekil 4.3.	Numune istasyonları.....50
Şekil 4.4.	Sension 156 Hach Lange Probe ve Seki Diski.....51
Şekil 5.1.	Deniz suıu sıcaklığının mevsimsel değışimi (Giriş Suıu).....61

Şekil	Sayfa
Şekil 5.2. Deniz suyu sıcaklığının mevsimsel değişimi (Çıkış Suyu).....	62
Şekil 5.3. Deniz suyu ÇO değişimi (Giriş Suyu).....	63
Şekil 5.4. Deniz suyu ÇO değişimi (Çıkış Suyu).....	63
Şekil 5.5. Deniz suyu pH değişimi (Giriş Suyu).....	64
Şekil 5.6. Deniz suyu pH değişimi (Çıkış Suyu).....	65
Şekil 5.7. Deniz suyu pH değişimi (Giriş Suyu).....	66
Şekil 5.8. Deniz suyu pH değişimi (Çıkış Suyu).....	66
Şekil 5.9. Deniz suyu bulanıklık değerlerinin gözlem periyodundaki ortalama hız değişimi.....	67
Şekil 5.10. Deniz suyu bulanıklık değerlerinin gözlem periyodundaki ortalama hız değişimi.....	68

RESİMLERİN LİSTESİ

Resim		Sayfa
Resim 4.1.	Soğutma Sistemi görünümü-1.....	44
Resim 4.2.	Soğutma Sistemi görünümü-2.....	45

SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
Cd	Kadmiyum
Zn	Çinko
Cr	Krom
Pb	Kurşun
Cu	Bakır
Ni	Nikel
Co	Kobalt
mg	Miligram
kg	Kilogram
DSİ	Devlet Su İşleri
ÇKAGY	Çevre Kanununca Alınması Gereken İzin Ve Lisanslar Hakkında Yönetmelik
SKKY	Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği
IPPC	Endüstriyel Kirlilik Önleme ve Kontrol Direktifi

1.GİRİŞ

Çevre; dünya üzerinde yaşamını sürdüren canlıların hayatları boyunca ilişkilerini sürdürdüğü dış ortamdır. Diğer bir deyişle ekosistem olarak tanımlanabilir. Hava, su ve toprak bu çevrenin fiziksel unsurlarını, insan, hayvan, bitki ve diğer mikroorganizmalar ise biyolojik unsurlarını teşkil etmektedir.

Doğanın temel fiziksel unsurları olan, hava, su ve toprak üzerinde olumsuz etkilerin oluşması ile ortaya çıkan, canlı öğelerin hayati aktivitelerini olumsuz yönde etkileyen, cansız çevre öğeleri üzerinde yapısal zararlar meydana getiren ve niteliklerini bozan yabancı maddelerin hava, su ve toprağa yoğun bir şekilde karışmasına çevre kirliliği adı verilmektedir.

Gelişen teknolojinin yaşamımıza getirdiği konfor yanında, bu gelişmenin doğaya ve çevreye verdiği kirliliğin boyutu her geçen gün hızla artmaktadır. Çeşitli kaynaklardan çıkan radyoaktif, katı, sıvı ve gaz halindeki kirlletici maddelerin hava, su ve toprakta yüksek oranda birikmesi çevre kirliliği oluşmasına neden olmaktadır.

Çevre kirliliğinin önemli bir bölümünü su kirliliği teşkil etmektedir. Su, bütün canlıların yaşamsal faaliyetlerini sürdürebilmeleri için gerekli olan en önemli kaynaklardan biridir. Bu nedenle su kirliliği en önemli çevre sorunlarındanır. Yeryüzünü saran ve okyanuslarda, denizlerde, göllerde, akarsularda, yer altı sularında bulunan sularla atmosferdeki su buharının tümüne hidrosfer (su küre) adı verilir. Yeryüzündeki sular, güneş enerjisi etkisi ile sürekli bir dolaşım içinde bulunur. Yeryüzünden buharlaşarak atmosfere çıkan sular yoğunlaşarak tekrar yeryüzüne dönerler. Bu dolaşıma “Hidrolojik Devre” denir. İnsanlar yaşamlarını sürdürebilmek ve ekonomik ihtiyaçlarını giderebilmek için bu dolaşımdan aldıkları suyu kullandıktan sonra yine aynı dolaşıma iade ederler. Bu olaylar sırasında suya karışan maddeler suların fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak özelliklerinin değişmelerine neden olurlar. Su kirliliği olarak adlandırılan bu özellik değişimleri, aynı zamanda sularda yaşayan çeşitli canlı varlıkları da etkiler. Böylece su kirlenmesi suya bağlı ekosistemlerin etkilenmesine, dengelerin bozulmasına ve

giderek doğadaki tüm suların sahip oldukları kendi kendini temizleme kapasitesinin azalmasına veya yok olmasına yol açabilir.

Günümüzde çevre kirliliği etkilerinin artması ve bu etkilerin doğrudan insan sağlığı üzerinde yarattığı olumsuz sonuçlar nedeni ile çevre kirliliğinin önlenmesi ve bu yönde yapılması gereken çalışmalara verilen önem artmıştır. Çevre, özellikle çevre kirliliğinin artmasına neden olan sanayileşmiş ülkelerin gündemlerinde ilk sıralarda yer almakta, alternatif enerjiler ve enerji verimliliği konularında yapılan çalışmalar artmaktadır. Çevreye zarar vermeyen üretim teknolojilerinin geliştirilmesi, planlı şehirleşme ve mevcut en iyi teknolojilerin seçimi çevre kirliliği konusunda alınabilecek önlemlerden bazılarıdır.

İnsanlar gün geçtikçe çevre kirliliğine karşı daha duyarlı hale gelmektedirler. Bu nedenle hemen hemen her sektörde çevre kirliliğinin minimize edildiği üretim teknolojileri, sadece kontrol mekanizmalarınca değil, halk tarafından da yakından takip edilmektedir. Son yıllarda ülkemizde halk ve sivil toplum kuruluşları tarafından gerçekleştirilen koruyucu çevresel hareketlere baktığımızda, enerji sektörüne karşı sosyal birleşmenin diğer sektörlerle kıyasla daha ön plana çıktığını, özellikle de termik santrallere karşı büyük bir sosyal dayanışmanın olduğunu söyleyebiliriz. Bu sebeptendir ki ülkemizde termik santrallerle ilgili halkı yönlendirecek bilimsel çalışmalar yapılmalıdır. Dolayısıyla termik santraller ile ilgili yapılacak çalışmalardan önce enerjiyi, ülkemizde ve dünyadaki enerji durumunu irdelemek gerekmektedir.

Enerji tüketimi, ekonomik ve sosyal kalkınmanın en önemli göstergelerinden biridir. Nüfus artışı, sanayileşme, teknolojinin yaygınlaşması ve refah seviyesinin yükselmesi ile doğru orantılı olarak enerji tüketiminde de artış olması kaçınılmazdır. Türkiye gibi gelişmekte olan ülkeler daha fazla enerjiye ihtiyaç duymaktadır. 1990 yılında 348,5 katrilyon btu düzeyinde olan enerji tüketimi, 2001 yılında 403,9 katrilyon btu olmuş ve birincil enerji tüketiminin 2010 yılında 470 katrilyon btu'ya erişeceği, 2025 yılında da 600 katrilyon btu'yu aşacağı hesaplanmıştır (ETKB, 2007). Dolayısıyla artan enerji ihtiyacının karşılanması zorunlu hale gelmiştir.

Bugünün enerji kaynakları yenilenemeyen enerji kaynakları (kömür, petrol, doğalgaz ve nükleer enerji) ve yenilenebilen enerji kaynakları (odun, bitki atıkları, tezek, jeotermal enerji, güneş, rüzgar, hidrojen, hidrolik, gelgit ve dalga enerjisi) şeklinde sınıflandırılmaktadır. Dünyada büyük ölçüde yenilenemeyen enerji kaynakları kullanılmaktadır; ticari talebin % 90'ı fosil yakıtlardan, % 10'u ise hidrolik ve nükleer enerjiden sağlanmaktadır.

Dünyada, fosil yakıtlar olarak bilinen kömür, petrol ve doğal gaz gibi birincil enerji kaynakları enerji üretiminde yaygın olarak kullanılmakta ve konvansiyonel enerji kaynakları olarak da nitelenen bu kaynaklar kullanıldıklarında tükenmektedir. Enerji kaynakları açısından incelendiğinde, birincil enerji arzında, petrol, doğal gaz ve kömürden oluşan fosil kaynaklı yakıtların ağırlıklı konumunun önümüzdeki yıllarda da devam etmesi beklenmekte ve enerji talebindeki artışın (2008-2035 dönemi) yüzde 75,7'lik bölümünün bu kaynaklardan karşılanması öngörülmektedir. Biyokütle ve çöp için bu oran %8,5, diğer yenilenebilirler için % 6,6, nükleer için % 6,4, hidrolik için ise % 2,8'dir (EÜAŞ 2010). Son yıllarda ise enerji üretiminde nükleer enerji kaynaklarının kullanımı artmaktadır. Ancak nükleer enerji, ortaya çıkan atık ve güvenlik sorunları nedeniyle günümüzde halen büyük bir risk taşımaktadır. Diğer taraftan tüm dünyada nükleer santrallerden üretilen enerjinin zaman içinde azaltılması hedeflenmiştir. Türkiye'nin genel enerji talebi, 90.000.000 ton petrol eşdeğeridir. Bu talebin % 38'i petrol, % 27'si kömür, % 23'ü doğalgaz ve kalan % 12'lik kısmı başta hidrolik olmak üzere yenilenebilir enerji kaynaklarıdır. Ülkemizde faaliyet gösteren termik santraller 2011 yılı itibarıyla üretimlerinin % 62'sini doğalgazdan, % 34'ünü kömürden ve % 4'ünü de akaryakıttan sağlamışlardır (DSİ, 2011).

Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de gelişen sanayinin ihtiyaçlarına paralel olarak enerji ihtiyacı da artmakta ve bu açığın kapatılması için enerji üretim kapasitesinin artırılması zorunlu hale gelmektedir. Türkiye'de elektrik enerjisi üretiminde kullanılan temel yerel kaynaklar hidroelektrik santraller ve fosil yakıtlardır. Türkiye, hidroelektrik güç bakımından belirli bir potansiyele sahip

olmakla birlikte, yağış rejiminde meteorolojik koşullara bağlı olarak yaşanan düzensizlikler nedeniyle hidroelektrik santralleri enerji arzı güvenilirliği açısından riskli gruba sokmaktadır. Türkiye, dünya potansiyel hidroelektrik gücünün yaklaşık %1'ine sahiptir (ETKB, 2007). Buna karşılık, hidroelektrik santrallerden elde edilen enerji, toplam enerji tüketiminin 1/3'ünü oluşturmaktadır. Tüketilen elektriğin yaklaşık 2/3'ü ise, termik santrallerden karşılanmaktadır. Dünya genelinin aksine Türkiye'de elektrik üretiminde birincil enerji kaynağı olarak petrol değil, kömür en büyük paya sahiptir. Dünya üzerinde mevcut fosil yakıt rezervleri incelendiğinde kömürün doğal gaz ve petrol gibi diğer fosil yakıtlardan daha büyük bir rezerve sahip olduğu öngörülmektedir. Dolayısıyla elektrik enerjisi üretimi için kömür oldukça önemli bir yere sahiptir ve günümüzde elektrik enerjisi elde etmek amacıyla termik santrallerde en sık kullanılan fosil yakıttır. Dünyada enerji ihtiyacının 1/4'ünden fazlası ve dünya elektrik üretiminin ise yaklaşık % 40'ı, kömür ile karşılanmaktadır. Almanya elektrik enerjisinin % 50'sini, ABD % 60'mı, Polonya % 96'sını, Güney Afrika % 90'mı kömürden karşılamaktadır (Bunun haricinde termik santrallerde kömür ve petrol dışında, doğal gaz, nafta, sıvılaştırılmış gaz (LPG) gibi enerji kaynakları da kullanılabilir).

Kömür, dünyada en yaygın şekilde bulunan ve düşük maliyetlerle elde edilen bir fosil yakıttır ve dünyada 50'den fazla ülkede üretilmektedir. Kömür rezervleri, diğer fosil yakıtlar gibi (petrol ve doğalgaz) dünyanın belli bir bölümünde değil, tüm dünyada yaygın bir şekilde bulunmaktadır. Ayrıca kömür kullanımı, depolanması ve nakliyesi açısından da kolaylıklar sağladığı için enerji eldesinde en fazla tercih edilen fosil yakıttır (Anaç S., 2003)

Kömür kullanılarak elektrik enerjisi üretilmesi için inşa edilen termik santrallerin yapısına kabaca bakıldığında; Termik santraller, kapalı devre halinde dolaşan suyu buharlaştıran bir kazan ve bir türboalternatör (bir türbinle harekete geçirilen alternatör) grubu içine girer. Bu tür klasik santrallerde buhar, kömür yakılarak üretilir. Bir termik santralde yanma, bir kazan ya da buhar üreticinde gerçekleştirilir ve suyun buhara dönüştürülmesini, daha sonra bunun yüksek basınç altında ve yüksek sıcaklıkta çok ısıtılmasını sağlar. Buhar önce türbinin yüksek basınçlı

bölümünde, yeniden çok ısıtıldıktan sonra da orta ve alçak basınçlı bölümlerinde genişler. Birbirini izleyen bu genişlemeler sırasında ısı enerjisi mekanik enerjiye dönüşür. Buhar ve su bir kapalı devre halinde dolaştıkları için, bu çevrim sonsuza kadar yenilenir.

Termik santrallerin enerji eldesinde yaşanan açığı kapatmadaki rolü yadsınamaz derecede önemli olup, özellikle kömür yakımı ile oluşacak zehirli gazların ve sıcak deşarj suyunun çevre ve ortamdaki canlılar için büyük bir risk oluşturması da oldukça iyi bilinen bir konudur. Ancak bu tip santrallerin planlanmasında ve işletilmesinde yapılan hatalar nedeniyle sucul, karasal yaşam ve hatta insan sağlığı üzerinde olumsuz etkileri olduğu kabul edilmektedir. Gelişmekte olan ülkelerin enerji ihtiyacı göz önüne alındığında, bu tip enerji santrallerine tamamen karşı çıkılması da gerçekçi bir yaklaşım değildir. Dolayısıyla bu tip santrallerin gerek inşaatı ve gerekse de işletilmesi sırasında yörede yaşayan canlıların ve bunların gereksinimlerinin belirlenmesi, mevcut ekolojik dengenin korunmasına yönelik plan oluşturulması büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışma ile termik santrallerin denizden aldığı soğutma suyunu kullandıktan sonra tekrar denize deşarj etmesi sonucu; deniz suyu kalitesinin, su parametreleri özellikleri bakımından değerlendirilerek su kalitesinde değişiklik olup olmadığı belirlenmiştir. Seçilen konu ulusal ve uluslararası öneme sahip olması, bu konuda daha önce yapılan çalışmaların sınırlı kalması nedeni ile denizlerimizin korunması için önemli bir çalışma özelliği taşımaktadır.

2. TEORİK BİLGİLER

2.1. Termik Santral

Termik santraller katı, sıvı ve gaz halindeki yakıtlarda var olan kimyasal enerjiyi ısı enerjisine, ısı enerjisini hareket (kinetik) enerjisine, hareket enerjisini de elektrik enerjisine dönüştüren tesislerdir.

Termik santrallerin içinde en karmaşık yapıya sahip olanları Katı Yakıtlı Buhar Santralleridir. Daha basit yapılardaki Gaz Türbinleri diğer bir termik santral örneğidir. Bu iki termik santralin bir araya getirilmiş haline de Kombine Çevrim Santralleri adı verilmektedir (A.Topuz, 2007).

Bir santralin temel elemanları şunlardır;

- 1) Kazan
- 2) Buhar türbini
- 3) Jeneratör

Yakıtın kimyasal enerjisinin ısı enerjisi şeklinde açığa çıkması için kimyasal bir olay olan yakıtın yanma prosesi gerçekleşmelidir. Bu prosesin termik santrallerde gerçekleştiği yere kazan denir. Kazanda açığa çıkan bu enerji, kazanın içerisindeki borularda dolaşan suya verilir ve su buhar fazına geçer. Buhar fazına geçen bu suya ısı enerjisi verilmeye devam edilir. Enerji yüklü bu buhar, buhar türbini rotoruna verilir ve buhar türbin rotorunu harekete geçirerek buhardaki ısı enerjisini hareket (kinetik) enerjisine dönüştürülmüş olur. Bu hareket enerjisi bir döner alternatif makinesi olan senkron jeneratöründe elektrik enerjisine dönüşür. Böylece prosesten istenilen nihai hedef gerçekleşmiş olur.

Yanma, bir kazan ya da buhar üretecinde gerçekleştirilir ve suyun buhara dönüştürülmesini, daha sonra da bunun yüksek basınç altında, yüksek sıcaklıkta çok ısıtılmasını sağlar. Buhar önce türbinin yüksek basınçlı bölümünde ve daha sonra yeniden çok ısıldıktan sonra orta ve alçak basınçlı bölümlerde genişler. Birbirini izleyen bu genişlemeler sırasında ısı enerjisi mekanik enerjiye dönüşür. Kondenserde soğutulan buhar tekrar su haline döner; türbinden çektiği buharla çalışan yeniden ısıtma bölümüyse suyun ısını yükseltip kazana gönderir. Buhar ve su bir kapalı devre halinde dolaştıkları için bu çevrim sonsuza kadar yenilenir (Topuz A., 2007).

Duman kazan çıkışında büyük oranda ısı yitirir ve elektro filtreden sonra havaya verilir, böylece yanma olayı gerçekleşir. Kömürle çalışan santrallerde dumanın daha sonra elektrostatik düzenekler yardımıyla tozu alınır ve bacadan dışarı atılır. Bu arada türbinde yaratılan mekanik enerji bir alternatöre iletilir ve burada elektrik enerjisine dönüştürülür.

Termik santrallerde kömür kullanımı için gerekli olan tesisler gaz ya da mazota oranla çok daha önemli ve büyüktür. Burada özellikle kömürün demiryolu, akarsu ya da deniz yoluyla santrale getirilmesi, boşaltılması, depolanması, santral alanı içinde dolaştırılması ve kazana verilmesi için gerekli tesisler yapılmalıdır. Termik santralleri büyük debili akarsu yakınında veya deniz kıyısına kurmak gerekmektedir; böylece santralde üretilen ısının yarısını boşaltan kondanserin suyla beslenmesi sağlanır.

2.2. Termik Santrallerde Su Kullanımı

Termik santrallerde su, “*Su-Buhar Çevrimi Suyu*” ve “*Soğutma Suyu*” olmak üzere iki ayrı bölümde incelenmektedir.

2.2.1. Su-buhar çevrimi suyu

Su-buhar çevrimindeki su, yüksek basınçlı santrallerde çok yüksek aralıktaki suya sahiptir. Bu su, santral karakteristiğine doğal suların göre çeşitli işlemlerden geçmesi ile elde edilir.

Doğal sular genellikle ham su olarak adlandırılmaktadır. Ham suyun arı su haline geçmesine de suyun arıtılması denilmektedir. Arıtıldıktan sonra elde edilen su katma suyu adı altında su- buhar çevrimine karıştırılır. Su-buhar çevriminde çeşitli yerlerde sular farklı isimler alırlar. Bu suları beş bölüme ayırmak mümkündür (Ünver Ü. ve Kılıç M., 2005)

a) Kondenser suyu: Türbinde iş gören buhar kondenserde yoğunlaşarak kondenser suyu adını alır. Bu su yakıt alıcıya kadar kondenser suyu olarak kalır.

b) Besleme suyu: Yakıt alıcıdan sonra aynı su besleme suyu adını alır.

c) Kazan suyu: Kazana giren su artık kazan suyu olmuştur.

d) Doymuş buhar: Kazanda buharlaşan yaşı buhara doymuş buhar denilir.

e) Kızgın buhar: Doymuş buhar kızdırıcılarda kızgın buhar haline gelerek türbine girer.

2.2.2. Soğutma suyu

Santralin çeşitli yerlerinde soğutma suları kullanılır. Bunlar da başlıca iki bölümde incelenebilir. (Lee JB, et. al, 2006)

a) Kondenser besleme suyu: Türbinde iş görmüş olan buharı soğutmak için kullanılır.

b) Donanım soğutma suyu: Bu su, santralin çeşitli yerlerinde (yağ soğutucuları, pompa vb.) kullanılan soğutma suyudur. Genellikle bu iş için arıtılmış su kullanılır. Sistem tümüyle kapalıdır. Soğutma işlemini tamamlayan donanım soğutma suyu, özel ısı değiştirgeçlerinde kondenser soğutma suyuyla soğutularak tekrar iş görebilir hale getirilir. Santral için arı suyun elde edilmesi çeşitli basamaklarda olur. Su

hazırlama sisteminin, santralin basınç ve sıcaklığına uygun olarak seçilmesi ve güvenle çalışması iyi bir santral işletmeciliği için ilk koşuldur. Üretilen su ne kadar izlenir iyi kalite olursa, doğabilecek problemlerinde o kadar çok önüne geçilmiş olur.

2.2.3. Kazan suyunun hazırlanması

Termik Santrallerde kullanılan suyun içinde yabancı maddeler bulunması istenmez. Sularda bulunan kalsiyum, magnezyum ve silisyum gibi maddeler kazanda ve borularda taşlaşma oluşturarak boruları daraltır. Bu durum kazan veriminin azalmasına neden olur (Haywood RW,1986).

Kazan taşı, ocak ile su arasında bir izole oluşturduğundan, ocaktaki ısının kazan suyuna geçişini engeller. Bunun için suların sertlik derecelerinin azaltılması veya sıfıra düşürülmesi gerekir. Bunu gerçekleştirmek için birkaç metot geliştirilmiştir.

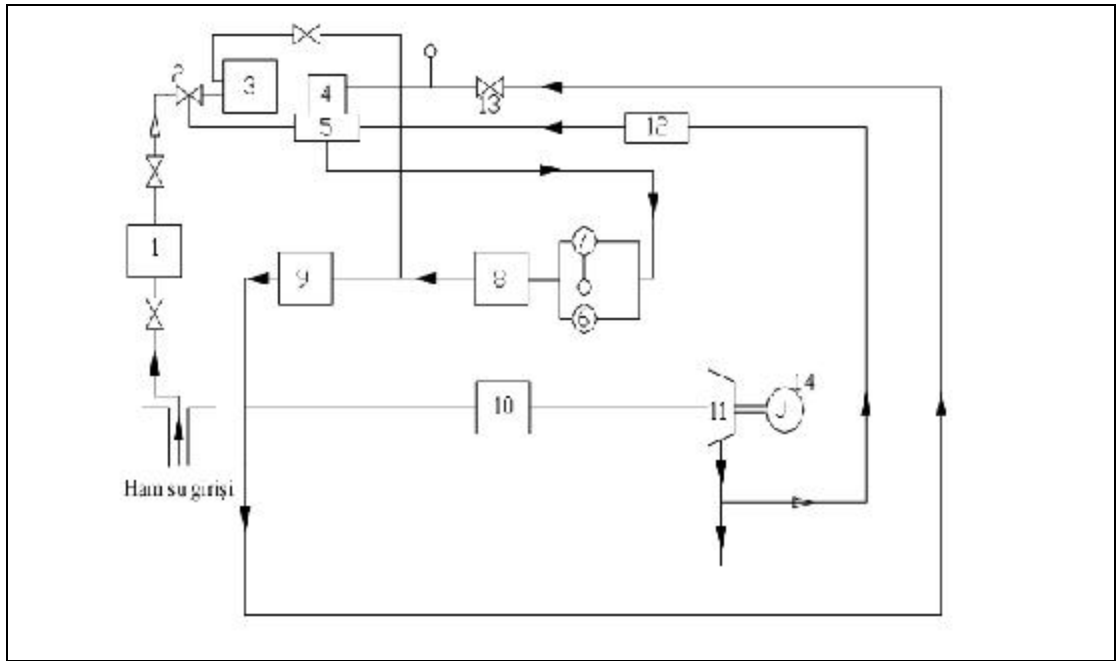
Bunlar;

- 1) Sodyum-Zeolit metodu
- 2) Hidrojen-Zeolit metodu
- 3) Kireç-Soda metodu
- 4) Sıcak metot veya fosfatlı metot
- 5) Demineralizasyon metodu gibi metotlardır.

Bu metotların ortak özelliği, sularda bulunan ve kazan yüzeyi veya hacmi, boru çaplarını daraltan bileşikler etkisiz duruma getirmektedir. Sertliği giderilen su, bir gaz alıcıdan geçirilerek içindeki gazlar alınır (Şekil 2.1). Suda bulunan gazlar, örneğin oksijen oksitlenmeye sebep olacağı için zararlıdır. Bazı kimyasal maddeler ise korozyona neden olarak, parçaları kısa zamanda kullanılamaz duruma getirir.

Kazan besleme suyunun arıtılmasında bu durum için de gerekenler yapılmalıdır. Ayrıca iç kristalleşme ve biriken yabancı maddelerin de düşünülerek arıtmanın buna göre düzenlenmesi gerekir (Topuz A., 2006).

Şekil 2.1’de Termik Santrallerdeki buhar devrelerinde yer alan üniteler gösterilmiştir.



Şekil 2.1. Bir buhar kazanı devresinde ki üniteler (Topuz A., 2006)

Rakamların belirttiği ünitelerin adları şöyledir;

- 1-Su sertliğini giderme ünitesi
- 2-Düzenleyici valf
- 3-Toplayıcı
- 4-Hava ayırıcı
- 5-Kazan besleme suyu deposu
- 6-Buharla çalışan besleme suyu pompası
- 7-Elektrikle çalışan besleme suyu pompası
- 8-Ön ısıtıcı (Ekonomizör)
- 9-Kazan
- 10-Su ayırıcı
- 11-Buhar makinesi

12-Kondenser

13-Valf

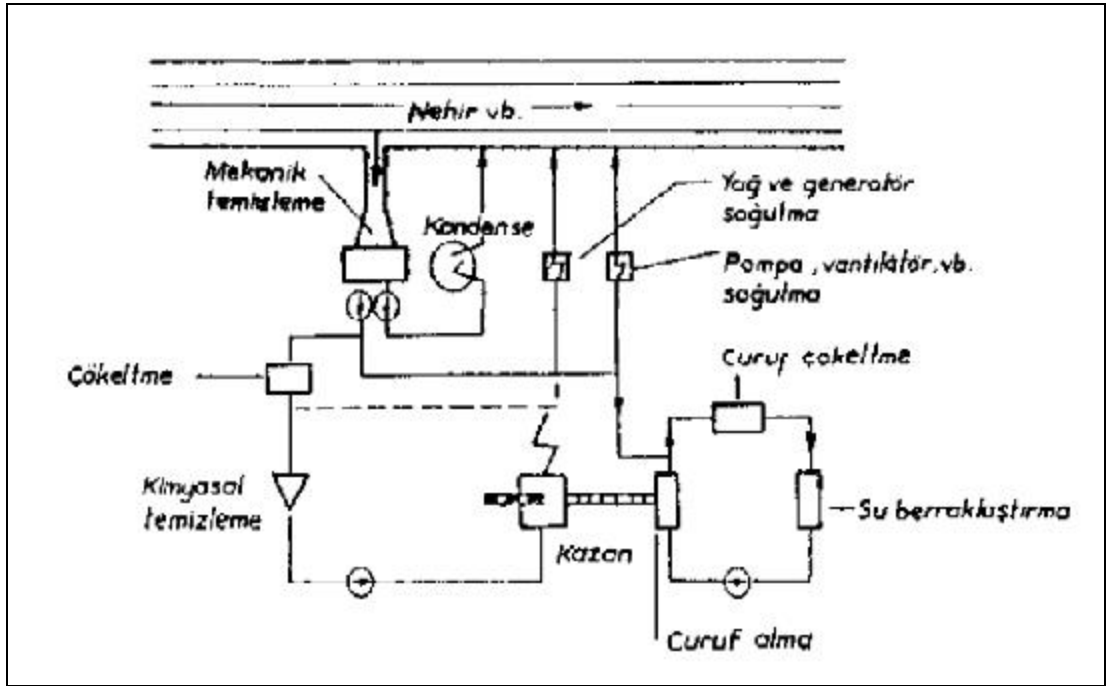
14-Jeneratör

2.2.4. Sistemin çalışma durumu

Ham su bir pompa ile bir su kaynağından alınır. Alınan su, sertlik giderme ünitesinde yumuşatılır. Valf, kollektör ve hava ayırıcıdan geçen su, kazan besleme suyu deposuna boşaltılır. Bu depodan pompalarla alınan su, ön ısıtıcı yani ekonomizöre gönderilir. Ön ısıtıcıda ısınan su kazana verilir. Kazandan yüksek sıcaklık ve basınçta çıkan buhar, su ayırıcıdan geçer ve buhar makinesine gelir. Buhar makinesi de jeneratörü döndürerek elektrik enerjisi elde edilir. Buhar makinesinden çıkan çürük buhar, kondenserde sıvılaşır ve yeniden kazan suyu besleme devresine katılır (Sengupta S ve Datta A., 2007).

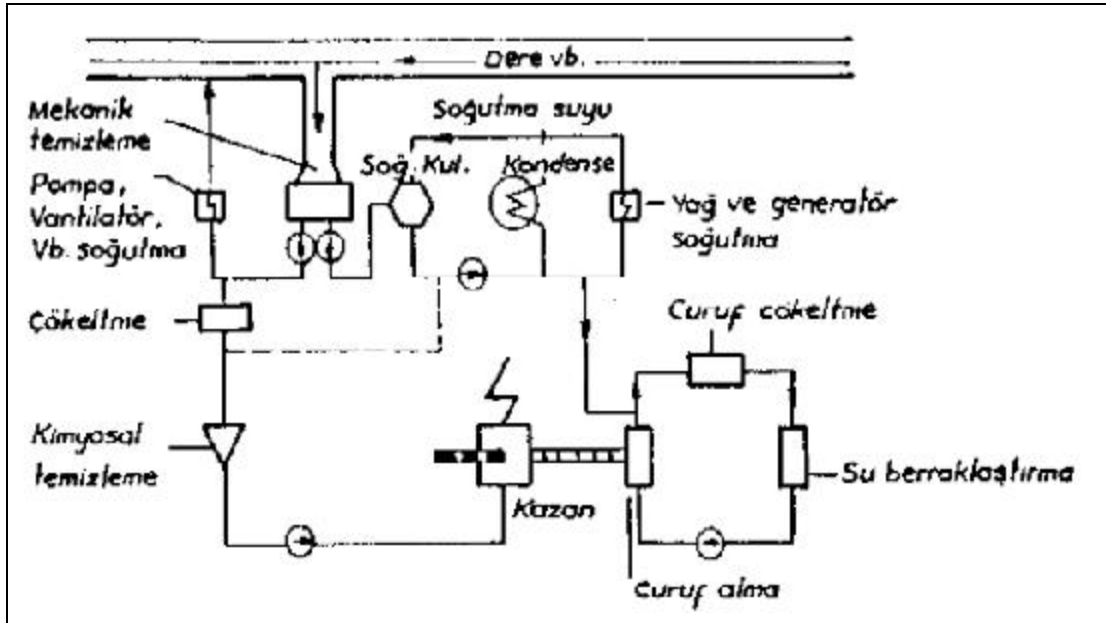
2.2.5. Soğutma suyu yolu

Buharın kondenserde yoğunlaştırulabilmesi için büyük miktarda soğutma suyuna ihtiyaç vardır. Soğutma suyunun tamamı nehir, göl ya da denizden alınıyorsa buna “açık devre ile soğutma” denir (Şekil 2.2). Bu halde su, açılan bir kanala dolarak taraklara ve süzgeçlere gelir. Taraklarda iri pislikler ayrılır. Süzgeçlerde ise su mekaniksel olarak temizlenir. Soğutma sıcaklığının yıllık ortalaması ideal şartlarda 10-15 °C olmalıdır. Bu değerlerin karşılığı olan kondenser basıncı 0,029- 0,039 bar’dır. Soğutma suyu pompaları, soğutma suyunu kondensere basarlar. Kondensere basılan soğutma suyu, burada türbinden gelen buharı yoğunlaştırırken 8-10 ° C ısınır. Isınmış olan soğutma suyu alındığı nehir, göl ya da denize geri verilir. Soğutma suyu miktarı, yoğunlaştırulan buharın ortalama 50-70 katıdır.



Şekil 2.2. Açık devre ile soğutma (Topuz A., 2006).

Suyun bol miktarda bulunmadığı yörelerde, kondenserde ısınmış olan soğutma suyu Soğutma Kulelerinde soğutulur. Kulelerde suyun yukarıdan aşağıya doğru dökülmesi sırasında meydana gelen buharlaşma kayıplarını karşılayabilecek kadar da su yoksa havalı soğutma donanımları kullanılır. Soğutma kulelerinde soğutulmuş olan suyun sıcaklığı $22-27^{\circ}\text{C}$ arasında değişir. Bu değerlerin karşılığı olan kondenser basıncı (vakumu) $0.05-0.06$ atü'dür. Soğutma kulelerinde soğutulan su, soğutma suyu olarak kullanılmak üzere tekrar kondensere gönderilir. Buna "kapalı devre ile soğutma" denir (Flynn D, 2003). Şekil 2.3'de kapalı devre ile soğutma sisteminin diyagramı verilmiştir.



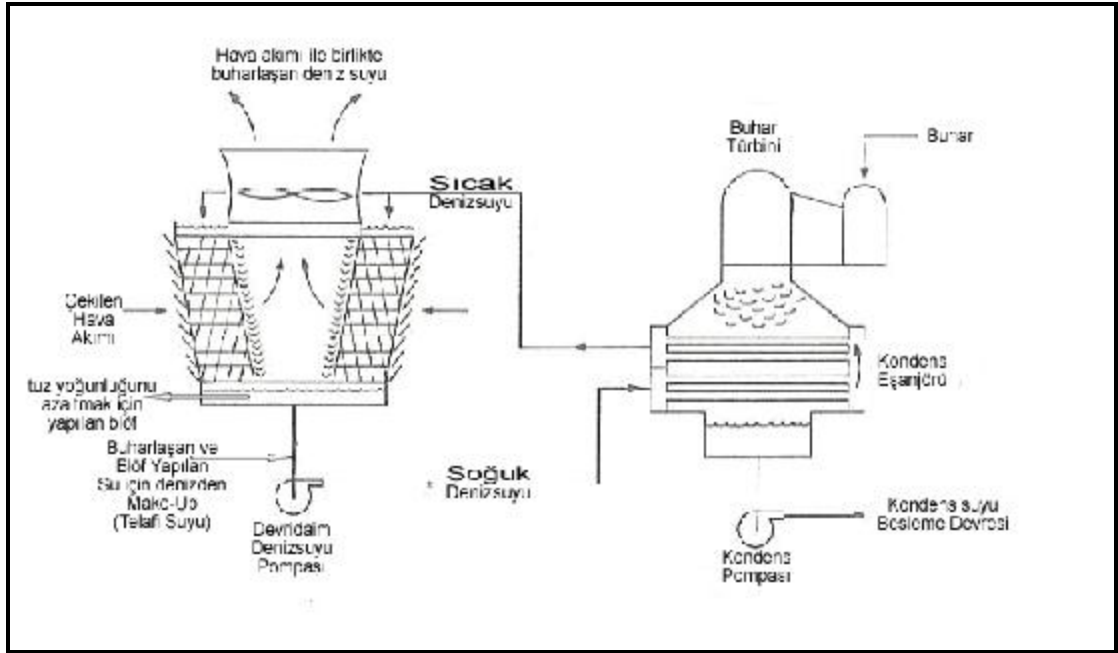
Şekil 2.3. Kapalı devre ile soğutma (Topuz A., 2006)

Termik Santrallerde deniz suyu kullanılarak yapılacak “açık veya kapalı devre soğutma” sistemleri tasarlanırken bir dizi mühendislik çalışmaları yapılmaktadır. Bu çalışmalardan en önemlilerini bölgenin batimetrik ve oşinografik özelliklerinin ortaya konulduğu “Batimetrik ve Oşinografik Çalışmalar ve Raporu” ile “Hidrotermal Model” oluşturmaktadır. Bu çalışmalar ile soğutma suyu olarak kullanılacak deniz suyunun denizden alınacağı nokta ve tekrar denize deşarj edileceği nokta belirlenmektedir. Bu çalışmalar kapsamında;

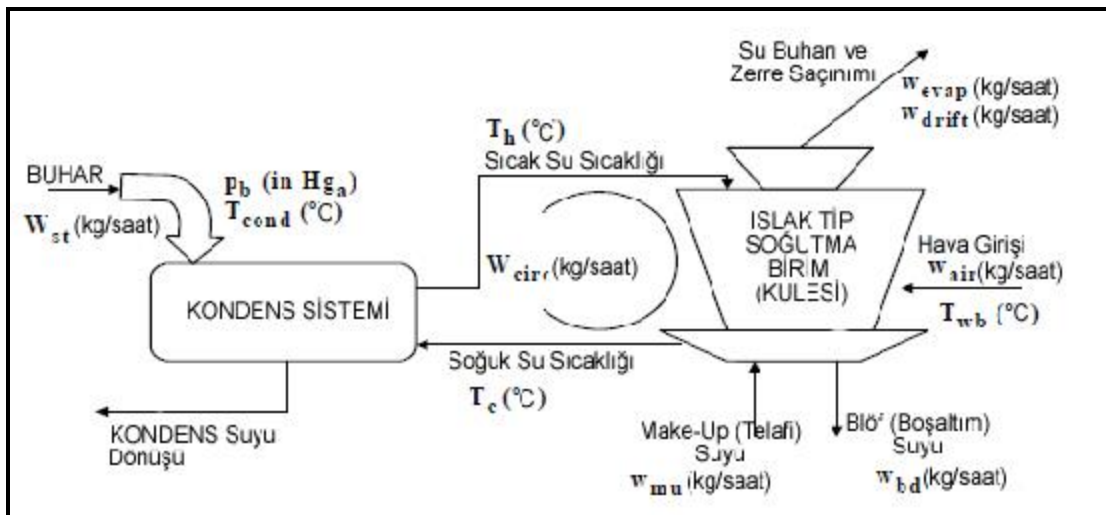
- Denizden su alma ve deniz deşarj yapıları için proje sınırları içerisinde uygun yerlerin belirlenmesi,
- Batimetrik ve oşinografik şartları göz önüne alarak bir sıcaklık dağılımı sayısal modeli kurulması,
- Kurulan model sonuçlarının değerlendirilmesi ve bu sonuçlara göre ortaya çıkması muhtemel sonuçların ele alınması.

Soğutma, mekanik tahrikle elde edilmiş hava akımına maruz kalan deniz suyunun buharlaştırılması yoluyla sağlanmaktadır. Buharlaşma yoluyla sürekli eksilen deniz suyu, yine denizden sağlanan taze doğal deniz suyu ile tamamlanmaktadır. Sürekli buharlaşma sonucu soğutma biriminde dolaşan deniz suyunun tuz yoğunluğu

artacağından bu yoğunluğu düşürmek için sürekli blöf yapılan su, yine denizden takviye edilen doğal deniz suyu ile tamamlanmaktadır. Sistem çalışma şeması Şekil 2.4. ve Şekil 2.5’de görülebilir.



Şekil 2.4. Denizsuyu Kullanımlı Mekanik Akımlı Islak Tıp Soğutma Sistemi Şeması (Topuz A., 2006)



Şekil 2.5. Denizsuyu Kullanımlı Mekanik Akımlı Islak Tıp Soğutma Sistemi Isı ve Kütle Denge Şeması (Topuz A., 2006)

Denizden yapılacak su takviyesi sadece buharlaşan miktar için olmamaktadır. Deniz suyunun sürekli buharlaşması sonucunda tuzluluk oranı artacak olan soğutma biriminin suyunun tuzluluk oranı en fazla binde 70 seviyesinde olmalıdır ki şiddetli korozyona sebep olmasın. Bu değerin aşılmaması için soğutma birimi suyundan blöf yapılarak, blöf suyunun yerine yine denizden buharlaşan su takviyesine ilave takviye su alınmaktadır. Blöf yapılacak olan deniz suyu tekrar denize derin deşarj ile boşaltılmaktadır ve boşaltılacak olan suyun tuzluluk oranı deniz suyunun en fazla 2,5 katı kadar olmaktadır.

Bir yandan sürekli buharlaşma, diğer yandan yükselen tuzluluk oranının 2,5 katını geçmemesini sağlamaya çalışmak, sürekli yapılan blöf sonucu eksilen suyun telafisi için bütün borular yardımıyla denizden make-up deniz suyu soğutma birimlerine alınmaktadır. Blöf yapılan tuzluluk oranı yükselmiş soğuk deniz suyu da yine borular ile denize derin deşarj yoluyla geri boşaltılmaktadır (Matsumoto H.,1989).

Şekil 2.6 ve 2.7’de deniz suyu kullanımlı mekanik akımlı ıslak tip soğutma sistemlerine ait fotoğraf görüntüleri verilmektedir.



Şekil 2.6. Denizsuyu Kullanımlı Mekanik Akımlı Islak Tip Soğutma Sisteminde Görünüm-I (İzdemir Termik Santrali).



Şekil 2.7. Denizsuyu Kullanımlı Mekanik Akımlı Islak Tıp Soğutma Sisteminden Görünümler-II (İzdemir Termik Santrali).

Denizsuyu Kullanımlı Mekanik Akımlı Islak Tıp Soğutma Sistemleri atmosfere tuz salınımı yapabilirler. Hava akımı ile birlikte atmosfere Şekil 2.8’de görüldüğü gibi tuzlu su saçınımı olabilir. Şekil 2.8’de görüleceği üzere çok etkili saçınım önleyiciler kullanılarak sistemin tepesinden deniz suyu saçınımı önlenebilmektedir. (Teichert H., et-al, 2003)

Yine aynı şekilde rüzgarın kuvvetli olduğu günlerde sistemin tabanından da deniz suyu saçınımı ve kayıpları olabilmektedir. Buna ilaveten sistemin durma anında, sistemin tabanından püskürmeler de görülebilmektedir. Bu tip saçınım ve püskürmeler de Şekil 2.9 ve 2.10’da görülen saçınım önleyiciler ve rüzgar duvarı yapıları ile önlenebilmektedir.



Şekil 2.8. Denizsuyu Kullanımlı Mekanik Akımlı Islak Tıp Soğutma Sistemi
Çevresel Önlemler (İzdemir Termik Santrali).



Şekil 2.9. Denizsuyu Kullanımlı Mekanik Akımlı Islak Tıp Soğutma Sistemi
Çevresel Önlemler (İzdemir Termik Santrali).



Şekil 2.10. Denizsuyu Kullanımlı Mekanik Akımlı Islak Tip Soğutma Sistemi Çevresel Önlemler (İzdemir Termik Santrali)

2.2.6. Soğutma suyu deşarj hattının tasarımı

Deşarj hattının öngörülen seyrelmeyi sağlayabilmesi için debi değişimlerine rağmen tüm deliklerden çıkan debilerin mümkün olduğunca eşit olması gerekmektedir. Bu aynı zamanda deşarj deliklerinden içeriye tuzlu su girişinin önlenmesi için de gereklidir. Deşarj hattındaki yük kayıplarının en aza indirilmesi ve her delikten mümkün olduğunca eşit debi çıkışının sağlanması için difüzör boru çapında ve gerekirse delik çaplarında gerekli değişiklikler yapılmalıdır. Tüm bu kriterlerin kontrolü için Rawn v.d. (1961) ile Brooks (1970) tarafından geliştirilen yöntem kullanılmaktadır. Tasarımda, karmaşık hesaplamalar zincirini gerçekleştiren

bilgisayar programlarından faydalanılmaktadır. Programın ürettiği sonuçlara göre deşarj boru çapları ve delik çapları belirlenerek hidrolik açıdan en uygun deşarj tasarımı gerçekleştirilebilmektedir (Liu CH.,et.al, 2010).

Çalışma koşullarında deniz suyunun difüzör deliğinden boru içerisine girmesinin engellenebilmesi için densimetrik Froude sayısının $Fd \geq 1$ olması gereklidir.

Sıcak suyun deşarjı esnasında suyun daha iyi soğuması için mümkün olduğunca derinde ve geniş bir alana verilmesi yararlı olmaktadır. Hidromekanik nümerik modelleme yaklaşımları temel olarak iki grupta incelenebilir:

- a) Yüzey hidrolik modelleri
- b) Taşınım (transport) modelleri

Yüzey hidrolik modelleri için kullanılan ana denklemler ile bu denklemleri sonlu elemanlar yöntemine adapte edecek olan denklemler de kendi içlerinde iki şekilde incelenebilir.

- Süreklilik ilkesi denklemleri
- Momentum ilkesi denklemleri

Bu denklemler sırasıyla her boyutta kütle korunumunu ve momentum dengesini belirler. Kütle korunumu süreklilik denklemiyle ifade edilir. Süreklilik denkleminin açıklanması için ilk önce permanan akım ve sıkıştırılmaz akışkan (ρ sabit) kabulü yapılır. Buna göre akımın herhangi bir kesiti için sabit hacim kabulü de yapılmalıdır. Tek boyut durumunda, y yönündeki hız dağılımı ihmal edilir, dolayısıyla tüm noktalarda V sabit bir kesitsel ortalama hız değerini alır (Güney, 1995).

Eğer model permanan olmayan (zamanla değişebilecek) koşullar için çalıştırılıyorsa, tanımlanan çok küçük bir Δt zaman aralığı (timestep) üzerinden iterasyon yapılarak her hücre için her bir iterasyonda tekrar tekrar hesap yapılır. Önceden tanımlanan hesap süresi bittiğinde ise program durur. Gerekirse elde edilen veriler bir sonraki hesaplama için başlangıç değerleri kabul edilebilir.

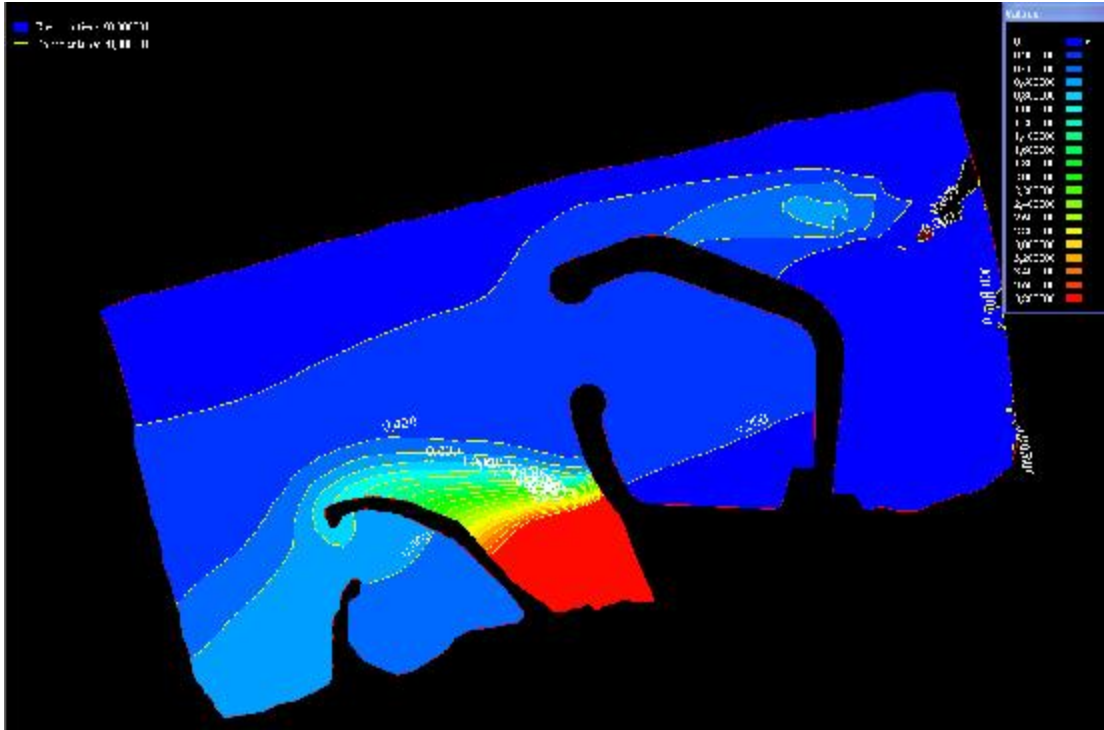
Kurulan Akıntı ve Sıcaklık Dağılımı (Taşınımı) Modeli ile bir ağ sistemi (mesh) oluşturulmaktadır (Şekil 2.11). Ağ sistemi, belirlenen referans noktalarının (nodes) bağlantı elemanları (link) kullanılarak birbirine bağlanmasıyla oluşan üçgen elemanlardan oluşmaktadır (Matsumoto H., 1994).

Burada önemli noktalar ağ sisteminin inceleme bölgesini kapsamaları ve noktaların inceleme bölgesi üzerinde gerektiği sıklıkta düzgün olarak dağıtılmış olmasıdır. Hesap açısından inceliğe gerek olmayan bölgelerde kolaylık açısından geniş tutulabilecek nokta aralığı, hesap inceliği içeren yerlerde daha kısa olmalıdır. Sonuç olarak bu aralıklar sonlu elemanların (triangles) kenarlarını oluşturacağından azami bir uzunluk limiti getirilmelidir.



Şekil 2.11. Örnek numerik model ağ (mesh) yapısı (Balas L., 2009)

Model 60-80 saat süre ile çalıştırılarak sıcaklık dağılımları elde edilmektedir. Bu sıcaklık değerleri derinlik boyunca ortalama sıcaklıkları göstermektedir. Difüzörlerin üzerinde okunan maksimum sıcaklık değeri derinlik boyunca ortalama gösterdiğinden gerçekte yüzeyde daha düşük bir sıcaklık okunacaktır (Şekil 2.12).



Şekil 2.12. Örnek sıcaklık dağılım haritası (Balas L., 2009)

Yapılan tüm bu model çalışmaları sonucunda, soğutma suyunun kıydan ne kadar açıkta, kaç metre derinlikte, hangi tip ve çapta borular ile alınacağı, deşarj edileceği belirlenmektedir.

2.3. Termik Santrallerde Denizden Soğutma Suyu Kullanımı ile İlgili Yasal Yapı

Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği (SKKY, 31.12.2004 Resmi Gazete Sayısı: 25687)

Bu Yönetmeliğin amacı, Ülkenin yeraltı ve yerüstü su kaynakları potansiyelinin korunması ve en iyi bir biçimde kullanımının sağlanması için, su kirlenmesinin önlenmesini sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle uyumlu bir şekilde gerçekleştirmek üzere gerekli olan hukuki ve teknik esasları belirlemektir.

Bu Yönetmelik su ortamlarının kalite sınıflandırmaları ve kullanım amaçlarını, su kalitesinin korunmasına ilişkin planlama esasları ve yasaklarını, atıksuların boşaltım ilkelerini ve boşaltım izni esaslarını, atıksu altyapı tesisleri ile ilgili esasları ve su

kiriliğinin önlenmesi amacıyla yapılacak izleme ve denetleme usul ve esaslarını kapsamaktadır.

SKKY; Deniz ve Kıyı Sularının Kalite Kriterleri

Herhangi bir amaçla kullanım açısından sınıflamaya alınmış olsun ya da olmasın tüm kıyı ve deniz sularının sağlıklı bir ortam hâlinde muhafazası için, deniz sularının genel kalite kriterlerine uymak esastır. Bu kriterler SKKY ekinde yer alan Tablo 4’te verilmiştir. Su ürünleri üretimi yapılan deniz ve kıyı sularının alıcı ortam standartları Mülga Tarım ve Köyişleri Bakanlığı’nca belirlenen standartlara uygun olmalıdır.

Deniz ve kıyı sularının kalite kriterleri ve kiriliğin izlenmesi Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’nca gerekli görülen alanlarda yapılır ve/veya yaptırılır.

Su ürünleri üretimi alanları alıcı ortam standartları ile bu Yönetmeliğin ekinde yer alan Tablo 4 ve Yüzme Suyu Kalitesi Yönetmeliği Yüzme ve Rekreasyon Amacıyla Kullanılan Suların Sağlaması Gereken Kalite Kriterleri Tablosu’nda yer alan değerlerin bozulmasına neden olan faaliyetlere Çevre Kanununun ilgili maddeleri gereğince yaptırım uygulanır.

Deniz’den soğutma suyu kullanan enerji tesisleri için SKKY’de verilen 3 tablo deşarj standartlarını belirlemektedir. Bu tablolar; Tablo 4 “Deniz Suyunun Genel Kalite Kriterleri”, Tablo 9.6 Sektör: “Kömür Hazırlama, İşleme ve Enerji Üretme Tesisleri (Soğutma Suyu ve Benzerleri)”, Tablo 23 “Derin Deniz Deşarjları İçin Uygulanacak Kriterler”’dir. İlgili tablolar Çizelge 2.1-2.3’de verilmiştir.

Çizelge 2.1. Tablo 4 Deniz Suyunun Genel Kalite Kriterleri (SKKY)

Parametre	Kriter	Düşünceler
pH	6.0-9.0	-
Renk ve bulanıklık	Doğal	Doğal su içi yaşam için gerekli fotosentez aktivitesinin, ölçüm derinliğindeki normal değerini % 90'dan fazla etkilemeyecek kadar olmalıdır.
Yüzer madde	-	Yüzer halde yağ, katran vb. sıvılarla çöp vb. sıvılara çöp vb. katı maddeler bulunamaz.
Askıda katı madde (mg/L)	30	-
Çözünmüş oksijen (mg/L)	Doygunluğun % 90'ından fazla	Çözünmüş oksijen değerleri derinlik boyunca izlenmelidir.
Parçalanabilir organik kirleticiler	-	Seyreldikten sonra çözünmüş oksijen varlığını yukarıda öngörülen değerden daha fazla tehlikeye düşürecek miktarda olmamalıdır.
Ham petrol ve petrol türevleri (mg/L)	0.003	Su, biyota ve sedimanda ayrı değerlendirilmeli ve tercihan hiç bulunmamalıdır.
Radyoaktivite	-	Sözkonusu deniz ortamına ait doğal radyoaktivite tür ve seviyeleri aşılmayacaktır. Yapay radyoaktivite ölçülmeyecek düzeyde bulunacaktır.
Üretkenlik	-	Söz konusu deniz ortamına ait mevsimsel üretkenlik seviyeleri korunacaktır.
Zehirlilik	Bulunmayacak	
Fenoller (mg/L)	0.001	
Çeşitli ağır metaller		
Bakır, (mg/L)	0.01	
Kadmiyum, (mg/L)	0.01	
Krom, (mg/L)	0.1	
Kurşun, (mg/L)	0.1	
Nikel, (mg/L)	0.1	
Çinko, (mg/L)	0.1	
Civa, (mg/L)	0.004	
Arsenik, (mg/L)	0.1	
Amonyak, (mg/L)	0.02	

Çizelge 2.2. Kömür Hazırlama, İşleme ve Enerji Üretme Tesisleri
(Soğutma Suyu ve Benzerleri) (SKKY, Tablo 9.6, 2004)

PARAMETRE	BİRİM	KOMPOZİT NUMUNE 2 SAATLİK	KOMPOZİT NUMUNE 24 SAATLİK
YAĞ VE GRES	(mg/L)	20	10
ASKIDA KATIMADDE(AKM)	(mg/L)	150	100
SICAKLIK*	(°C)	35	30
pH	-	6-9	6-9

(*) Soğutma amaçlı olarak deniz suyu kullanılması durumunda Tablo 23 deki sıcaklık kriteri dikkate alınır.

Çizelge 2.3. Derin Deniz Deşarjları İçin Uygulanacak Kriterler
(SKKY, Tablo 23, 2004).

PARAMETRE	LIMIT
Sıcaklık	Deniz ortamının seyreltme kapasitesi ne olursa olsun, denize deşarj edilecek suların sıcaklığı 35 °C yi aşamaz. Sıcak su deşarjları difüzörün fiziksel olarak sağladığı birinci seyrelme (S ₁) sonucunda karıştığı deniz suyunun sıcaklığını Haziran-Eylül aylarını kapsayan yaz döneminde 1 °C'den, diğer aylarda ise 2 °C den fazla arttırmaz. Ancak, deniz suyu sıcaklığının 28 °C'nin üzerinde olduğu durumlarda, soğutma amaçlı olarak kullanılan deniz suyunun deşarj sıcaklığına herhangi bir sınırlama getirilmeksizin alıcı ortam sıcaklığını 3 °C'den fazla arttırmayacak şekilde deşarjına izin verilebilir.
En muhtemel sayı (EMS) olarak toplam ve fekal koliformlar	Derin deniz deşarjıyla sağlanacak olan toplam seyrelme sonucunda insan teması olan koruma bölgesinde, zamanın % 90'ında, EMS olarak toplam koliform seviyesi 1000 TC/100 ml ve fekal koliform seviyesi 200 FC/100 ml'den az olmalıdır.
Katı ve yüzen maddeler	Difüzör çıkışı üzerinde, toplam genişliği o noktadaki deniz suyu derinliğine eşit olan bir şerit dışında gözle izlenebilecek katı ve yüzer maddeler bulunmayacaktır.
Diğer parametreler	Tablo 4 te verilen limitlere uyulacaktır.

Çevre Kanununca Alınması Gereken İzin Ve Lisanslar Hakkında Yönetmelik
(29.04.2009 Resmi Gazete Sayısı: 27214)

Bu Yönetmeliğin amacı, aynı yönetmeliğin Ek-1 ve Ek-2 listesinde yer alan faaliyet ve tesisler tarafından 2872 sayılı Çevre Kanununa göre alınması gereken izin ve lisanslara ilişkin tüm iş ve işlemler ile bu iş ve işlemlere ilişkin yetkili mercilerin, çevre yönetim birimlerinin ve çevre görevlilerinin görev ve sorumlulukları ile Bakanlıkça yetkilendirilmiş çevre danışmanlık firmalarının, işletmelerin ve işletmecilerin yükümlülüklerini belirlemektir.

Bu Yönetmelik kapsamında çevre iznine veya çevre izin ve lisansına tabi işletmeler, çevresel etkilerine göre aşağıdaki biçimde sınıflandırılmıştır.

- a) Çevreye kirletici etkisi yüksek düzeyde olan işletmeler (Ek-1 Listesi)
- b) Çevreye kirletici etkisi olan işletmeler (Ek-2 Listesi)

Ek-1 ve Ek-2 listelerinde yer alan işletmelerin, çevre izni veya çevre izin ve lisansı alması zorunludur. Ek-1 ve Ek 2 listesi Çizelge 2.4 ve Çizelge 2.5’de sunulmuştur.

Çizelge 2.4 Çevreye Kirletici Etkisi Yüksek Olan Faaliyet Veya Tesisler
(ÇKAGY, Ek 1, 2009)

1.Enerji Endüstrisi
1.1 Termik ve ısı santralleri. 1.1.1 Katı ve sıvı yakıtlı tesislerden toplam yakma sistemi ısı gücü 100 MW veya daha fazla olan tesisler. 1.1.2 Gaz yakıtlı tesislerden toplam yakma sistemi ısı gücü 100 MW veya daha fazla olan tesisler. 1.2 Aşağıdaki yakıtları yakan tesisler. * 1.2.1 Katı (Kömür, kok, kömür briketi, turba, odun, plastik veya kimyasal maddelerle kaplanmamış ve muameleye tabi tutulmamış odun artıkları, petrol koku) ve sıvı (fuel-oil, nafta, motorin, biyodizel ve benzeri) yakıtlı tesislerden toplam yakma sistemi ısı gücü 100 MW veya daha fazla olan tesisler.

Çizelge 2.4 (Devamı) Çevreye Kirletici Etkisi Yüksek Olan Faaliyet Veya Tesisler

1.2.2 Gaz yakıt (doğalgaz, sıvılaştırılmış petrol gazı, kokgazı, yüksek fırın gazı, fuel gaz) yakan ve toplam yakma sistemi ısı gücü 100 MW veya daha fazla olan tesisler.
1.2.3 Biyokütlenin (Pirina, ayçiçeği, pamuk çigiti ve benzeri) yakıt olarak kullanıldığı toplam yakma ısı gücü 100 MW veya daha fazla olan tesisler.
1.2.4 Yukarıda belirtilen yakıtlar dışındaki, yakıt tanımına girmeyen katı ve sıvı yanıcı maddelerle çalışan, toplam yakma ısı gücü 50 MW veya üzerinde olan yakma tesisleri.
1.3 Yakma ısı gücü 100 MW veya üzeri kombine çevrim, birleşik ısı güç santralleri, içten yanmalı motorlar ve gaz türbinleri (Mobil santrallerde kullanılan içten yanmalı motorlar ve gaz türbinleri dahil).
1.4 Yakma ısı gücü 100 MW veya üzerinde olan jeneratör ve iş makineleri tahrikinde kullanılan gaz türbinleri (Kapalı çevrim gaz türbinleri, sondaj tesisleri ve acil durumlarda kullanılan jeneratörler hariç).
1.5 Katran, katran ürünleri, katran suyu veya gazı damıtma ve işlenmesiyle ilgili tesisler.*
1.6 Parçalama yoluyla hidrokarbonlardan gaz yakıt elde edilen tesisler.*
1.7 Kömür, odun, turba, koyu katran ve benzeri maddelerin gazlaştırma ve sıvılaştırma işlemlerinin yapıldığı tesisler (Odun kömürü üretimi hariç).*
1.8 Kok fırınları.
1.9 Ham petrol ve doğal gaz üretim faaliyetleri.
1.9.1 500 ton/gün ve üzeri ham petrol üretim faaliyetleri.

Çizelge 2.5 Çevreye Kirletici Etkisi Olan Faaliyet Veya Tesisler
(ÇKAGY, Ek 2, 2009)

1.Enerji Endüstrisi
1.1 Termik ve ısı santralleri.
1.1.1 Katı ve sıvı yakıtlı tesislerden toplam yakma sistemi ısı gücü 1 MW ve daha büyük 100 MW'tan küçük olan tesisler.
1.1.2 Gaz yakıtlı tesislerden toplam yakma sistemi ısı gücü 2 MW ve daha büyük 100 MW'tan küçük olan tesisler.
1.2 Aşağıdaki yakıtları yakan tesisler.*
1.2.1 Katı (Kömür, kok, kömür briketi, turba, odun, plastik veya kimyasal maddelerle kaplanmamış ve muameleye tabi tutulmamış odun artıkları, petrol koku) ve sıvı (fuel-oil, nafta, motorin, biyodizel ve benzeri) yakıtlı tesislerden toplam yakma sistemi ısı gücü 1 MW ve daha büyük 100 MW'tan küçük olan tesisler.
1.2.2 Gaz yakıt (doğalgaz, sıvılaştırılmış petrol gazı, kokgazı, yüksek fırın gazı, fuel gaz) yakan ve toplam yakma sistemi ısı gücü 2 MW ve daha büyük 100

Çizelge 2.5 (Devamı) Çevreye Kirletici Etkisi Olan Faaliyet Veya Tesisler

MW'tan küçük olan tesisler.
1.2.3 Biyokütlenin (Pirina, ayçiçeği, pamuk çığı vb) yakıt olarak kullanıldığı toplam yakma ısı gücü 500 kW ve daha büyük 100 MW'tan küçük olan tesisler.
1.2.4 Yukarıda belirtilen yakıtlar dışındaki, yakıt tanımına girmeyen katı ve sıvı yanıcı maddelerle çalışan, toplam yakma ısı gücü 1 MW ve daha büyük 50 MW'tan küçük olan tesisler.
1.3 Yakma ısı gücü 1 MW ve daha büyük 100 MW'tan küçük kombine çevrim, birleşik ısı güç santralleri, içten yanmalı motorlar ve gaz türbinleri. (Mobil santrallerde kullanılan içten yanmalı motorlar ve gaz türbinleri dahil).
1.4 Yakma ısı gücü 1 MW ve daha büyük 100 MW'tan küçük olan jeneratör ve iş makineleri tahrikinde kullanılan gaz türbinleri. Kapalı çevrim gaz türbinleri, sondaj tesisleri ve acil durumlarda kullanılan jeneratörler hariç.
1.5 Kapasitesi 1 ton/saat veya daha büyük olan kömür öğütme ve kurutma tesisleri.
1.6 10 ton/gün ve üzeri kapasitede linyit veya taş kömürü briketleme tesisleri.
1.7 Katı yakıtlardan jeneratör ve su gazı üretim tesisleri.*
1.8 Ham petrol ve doğal gaz üretim faaliyetleri.
1.8.1 50 ton/gün ve üzeri, 500 ton/günden küçük kapasiteli ham petrol üretim faaliyetleri.
1.8.2 5.000 m ³ /gün ve üzeri, 500.000 m ³ /günden küçük kapasiteli doğalgaz üretim faaliyetleri.

Çizelge 2.4 ve 2.5'den görüldüğü gibi Termik Santraller Ek 1 ve Ek 2 listelerinde de Enerji Endüstrileri başlığı altında yer almaktadır. Ayrıca bu listelerde madde 10.12'de de "Soğutma Suyu" ifadesi geçmekte olduğundan bu madde çerçevesinde de Termik Santraller söz konusu yönetmelik kapsamında Çevre İzni alması zorunlu tesisler içerisinde yer almaktadırlar.

2872 Sayılı Çevre Kanun (5491 sayılı Kanunla değişiklik)

2872 sayılı Çevre Kanunu'nda "her türlü faaliyet sırasında doğal kaynakların ve enerjinin verimli bir şekilde kullanılması amacıyla atık oluşumunu kaynağında azaltan ve atıkların geri kazanılmasını sağlayan çevre ile uyumlu teknolojilerin kullanılması esastır" ifadesi yer almaktadır. Ayrıca, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, Çevre Kanununca Alınması Gereken İzin ve Lisanslar Hakkında ki Yönetmelik ve tüm diğer Çevre Mevzuatında yer alan yönetmelikler Çevre Kanunu esas alınarak hazırlanmıştır.

3. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Gaye Tuncer, Turan Karakaş vd. (1998); Türkiye'nin Karadeniz kıyıları boyunca karasal kaynaklı kirliliklerin konsantrasyonlarını ve Karadeniz üzerindeki yıllık yüklerini araştırmışlardır. Araştırmalarında 1993 yılı üç mevsim boyunca Karadeniz kıyısında 42 nehir de dahil olmak üzere akarsu kaynakları, evsel ve endüstriyel deşarj noktalarında inorganik kirleticiler, pestisitler ve PCB konsantrasyonlarını değerlendirmişlerdir. Karadenize kirletici taşıyan akarsularda ölçülen konsantrasyonları deşarj verileri ile bir araya getirilerek, Türkiye'de yürürlükte olan su kalitesi mevzuatlarında öngörülen değerlerle karşılaştırmışlardır. Evsel ve endüstriyel deşarjlarda kirlilik konsantrasyonları beklenenden daha yüksek çıkmıştır. Evsel ve endüstriyel arıtılmamış atık suların deşarjı sebebiyle, ölçüm yapılan akarsularda organik madde, azot ve fosfor parametreleri kirlilik seviyesine ulaşmıştır. Ölçülen metal konsantrasyonlarının oldukça düşük olmasının nedeni akarsuların drenaj alanlarında sanayileşmenin olmamasıdır.

Neyren, Kilimli, Tabakhane ve Zafir gibi küçük akışlı derelerden bazıları ağır kirli ve kıyı boyunca sıcak noktalar oluşturabilen kaynaklar olarak belirlenmiştir. Araştırmada her yıl Türkiye'de bulunan kaynaklardan yıllık 39.700 ton azot, 3.700 ton fosfor, 15 ton kadmiyum, 340 ton bakır, 60 ton kurşun, 1.200 ton çinko, 12 ton heptaklor, 11 ton aldrin, 31 ton dieldrin, 180 ton endrin ve 500 ton DDT'nin Karadenize taşındığı tespit edilmiştir. Karadenize deşarj edilen yıllık metal konsantrasyonlarının önemli bir kısmının arıtılmadan doğrudan deşarjın yapıldığı büyük sanayi kentlerinden olduğu anlaşılmıştır.

Aynı çalışmada, tarımda yasadışı kullanılan pestisitler ve DDT'nin Karadenize taşınmasında en önemli kaynağın Sakarya nehri olduğu belirlenmiştir.

Levent Atlas ve Hanife Büyükgüngör (2007); Karadenizin Türkiye'deki kıyılarındaki ağır metal kirliliğini araştırmışlardır. Araştırmada Orta Karadeniz Bölgesinde yer alan Samsun, Ordu ve Sinop şehirlerinde denizcilik faaliyetlerine etkisini belirlemek

üzere belirlenen 32 istasyonda Mayıs 2000 ve Haziran 2001 yılları arasında ağır metal kirliliği izlenmiştir. Ölçülen konsantrasyon değerleri “Genel Denizcilik ve Avrupa Su Kaynakları Kalite Kriterleri” ile karşılaştırılmıştır. Bu ölçüde genel itibariyle ağır metal konsantrasyonlarının yüksek olduğu belirlenmiştir.

Altın, A.; Özölçer, I. H.; Yıldırım, Y. (2009), Karadeniz güney kıyılarında özellikle Zonguldak bölgesindeki su kirliliğini araştırmışlardır. Bu çalışmada atık suların yüzey suları üzerindeki fiziksel, kimyasal ve bakteriyolojik kirlilik ölçülmüştür. Çalışma kapsamında önemli 7 adet yüzeysel suya yapılan evsel ve endüstriyel atık su deşarjları ve bu deşarjların Karadeniz üzerine etkisi incelenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre Zonguldak ve çevresinde bulunan çelik fabrikaları, kömür madenleri ve kömür ile çalışan enerji santralleri sebebiyle yüzeysel suların ve Karadeniz’in kirlendiği tespit edilmiştir.

Sedat Avcı (2005), Türkiye’de Termik Santraller ve Çevresel Etkileri; Bu çalışmada termik santrallerin çevre üzerinde yarattığı olumsuzlukların coğrafi ortam üzerindeki etkileri, Türkiye’deki enerji politikalarının dünü bugünü ve geleceği açısından belirlenmiştir. Çalışmada termik santrallerin atık gazları sebebiyle oluşan atmosfer kirliliğine dikkat çekilmiştir. Ayrıca, termik santrallerde kullanılan soğutma suyunun santralde kullanılan makine ve ekipmanlarda korozyona sebep olmaması için artırılarak kullanıldığı, bu arıtma işleminde de suyun demiriksülfat yönünden zenginleştiği belirtilmiştir. Çalışma sonucuna göre genel itibariyle fosil kaynaklı enerji kaynaklarının azalacağı dolayısıyla termik santrallerin çevreye olan olumsuz etkisinin azalacağı belirtilmiştir.

Atilla Akkoyunlu (2006) Türkiye’de Enerji Kaynakları ve Çevreye Etkileri; Araştırmada genel olarak Türkiye’nin enerji alanındaki durumu, enerji kaynaklarının mevcut durumu, enerji üretiminde çevresel etkiler değerlendirilmiştir. Çalışmada termik santrallerin soğutma sularını deşarj ettikleri su ortamındaki normal sıcaklık derecesinin zamanla yükselerek, termik santral kurulmadan önceki doğal halinden farklı yeni bir sıcaklık dengesi oluşturduğu belirtilmiştir. Sıcaklığın, sulardaki canlılar ve canlı metabolizması hızlandırıcı, katalizleyici, kısıtlayıcı ve öldürücü gibi

çeşitli etkilerde bulunduğu, aynı zamanda sudaki çözünmüş oksijen konsantrasyonunun azalmasına neden olduğu açıklanmıştır. Çalışma sonucunda, termik santrallerin soğutma suları ile ilgili Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nde (2004) belirtilen sınır değerlere uygun olarak deşarj edilmesi gerektiği belirtilmiştir.

Choban, I. Winkler (2010); Ukrayna'daki Ladyzhyn Termik Santrali atık su deşarjının yerel su kaynakları üzerine olan etkilerini araştırmışlardır. Araştırmaların sonucuna göre söz konusu Termik Santral'in bölgeye birçok negatif etkisi olduğu ortaya konulmuştur. Genel olarak deşarj sonrası AKM, toplam koliform, fekal koliform, KOİ, BOİ, pH, bulanıklık parametrelerinin alıcı ortamda büyük oranda değiştiği gözlenmiştir. Negatif etkilerin çoğu yetersiz verimlilikteki su bioartım ekipmanlarından kaynaklanmaktadır. Araştırmanın sonucunda teknik hususlarda yapılacak iyileştirmeler sonrasında bahsi geçen negatif etkilerin azaltılacağı öngörülmektedir. Bu işlemin maliyetinin 3 yıl içerisinde geri dönüşünün sağlanabileceği düşünülmektedir.

Abdulaziz Güneroglu "Karadeniz Oşinografisinin Yerinde Ölçüm ve Uzaktan Algılama Teknikleri ile Araştırılması (2007)" konulu tez çalışmasında Karadeniz'in Akdeniz su havzasının bir parçası olarak görülse de batıda Tuna, Don, Dinyeper, Dinyester ile doğuda, Çoruh ve diğer birçok irili ufaklı tatlı su girdisi ile beslendiği için Akdeniz'in aksine haliç tipi su karakteristiğinde olduğunu belirtmiştir. Düşük tuzluluğa sahip yüzey suları, Akdeniz orjinli daha tuzlu suların üzerinde bir tabaka oluşturmaktadır. Bu sebeple 100-150 m seviyelerinde oluşan pknoklin tabakası meydana gelerek dikey karışımı engellemektedir. 500 m'den daha derin sular karışım etkisi altında olmayan durağan sulardır. Karadeniz'de suboksik zondan aşağıya doğru Thiobacillus bakterisinin oksidasyonundan ortaya çıkan, H_2S konsantrasyonunda artış gözlemlenmiştir. İki su kütlesi arasında oluşan redoks arayüzünün ilk 10 metresinde her iki gazın yoğun konsantrasyonlarına rastlamak mümkün olup redoks arayüzünün üstünde kalan su kütlelerinde yazın termoklin tabakası meydana gelmektedir. Oksik bölgede nitrat dikkate değer bir dağılım karakteristiği göstermekte ve redoks arayüzünde nitrojen döngüsü son derece aktif olup nitrat, nitrit ve amonyum kaybı bu bölgede maksimumdur. Diğer benzer

alanlardan farklı olarak nitriklin tabakası yerine ara bölgede maksimum nitrat konsantrasyonu bulunmaktadır.

Yine aynı çalışma sonuçlarına göre, Karadeniz'in Anadolu kıyısı boyunca Kasım-2005 periyodunda gerçekleştirilen yerinde ölçümler sonucunda, çalışma süresince taranan zonun genel olarak yüzey maksimum Chl-a ve AKM karakteristiğinde olduğu saptanmıştır. Yüzey sularında, AKM değerleri $4,76 \pm 3,56$ gr/m³ ve Chl-a değerleri $1,39 \pm 1,31$ mg/m³ civarında değişim göstermiştir. Yapılan ölçümler sonucunda, özellikle 0-25 m'lik kolonun yoğun AKM etkisi altında olduğu saptanmıştır. Yıllık birim alandaki karbon üretimi 2002-2005 ortalamaları dikkate alındığında kıyı alanları için 125 gr/Cm-2 iken açık alanlar için 77 gr/Cm-2 civarında bulunmuştur. Karadeniz'in toplam yüzölçümü ve tüm alanlar için potansiyel üretim ~46 milyon ton karbon olarak tahmin edilmiştir.

Yeşim Çoban ve arkadaşları (2003), "Karadeniz Işıklı Tabakasında Azot Döngüsü" ile ilgili çalışmalarında özellikle Tuna, Dinyeper ve Dinyester nehirleri ile, 160 milyondan fazla insanın neden olduğu evsel, endüstriyel ve tarımsal kirliliğin Karadeniz'e taşınmakta olduğunu belirtmişlerdir. Dolayısıyla bu nehirlerin kalitesi endüstriyel gelişme ile paralel olarak, 1970'lerden sonra hızla düşmüştür. Nehirlerden Karadeniz'e taşınan azotlu ve fosforlu besin elementi miktarındaki artış özellikle kuzey-batı kıta sahanlığında ötrofikasyonu tetiklemiş, ve ötrofikasyon etkileri zamanla Karadeniz'e yayılmıştır.

Karadeniz'de karasal kaynaklı girdilerin, özellikle Tuna Nehri'nin taşıdığı kirleticilerin ekosistemdeki olumsuz etkileri üzerine bu güne kadar pek çok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalardan önemli bir bölümünü kuzey-batı kıta sahanlığına giren besin elementlerinin miktarı, bu bölgede neden olduğu ötrofikasyon ve ekosistemdeki ötrofikasyona bağlı değişimler oluşturur (Humborg et al. 1997; Cociasu et al. 1996; Bologa, 1985/1986) Ne var ki, besin elementi girdisindeki değişikliklerin kıta sahanlığının dışındaki derin baseni nasıl etkilediğini belirlemek daha zordur. Çünkü Karadeniz'in hakim su döngüsü olan kıyasal akıntı sistemi (Rim Current), kıyılara olan madde girdisinin Karadeniz'in iç bölgelerine taşınımını

kısmen engellemektedir ve kıta sahanlığı ile açık deniz arasındaki madde alışverişinin boyutlarını belirlemek güçtür.

Çalışmalarda elde edilen günlük azot kullanım hızlarından, farklı yaklaşımlar uygulanarak yıllık azot kullanım hızları belirlenmiştir. Buna göre, yıllık toplam TÇN (Toplam Çözülmüş İnorganik Azot) kullanım hızı 10.5×10^6 ton ile 13.5×10^6 ton arasında iken, yıllık $\text{NO}_3\text{-N}$ kullanım hızı 4.4×10^6 ve 4.9×10^6 ton arasında değişmektedir.

Filiz Küçüksezgin ve İdil Pazı Batı Karadeniz'in Kimyasal Özelliklerinin Düşey Yapısı (2002) ile ilgili çalışmalarında Batı Karadeniz'de spesifik yoğunluklu yüzeylerde nütrient, oksijen ve sülfid dağılımı gibi kimyasal özelliklerin değişimlerini incelemişlerdir. Nütrient, oksijen ve hidrojen sülfid konsantrasyonlarının düşey profillerdeki varyasyonların muhtemel sebepleri ve aralıkları araştırılmıştır. Yüzeyde inorganik nütrient konsantrasyonları $\text{PO}_4\text{-P}$ için 0,02 ile 0,3 μM arasında ve $\text{TNO}_x\text{-N}$ için 0,1 ile 0,5 μM arasında değiştiği belirtilmiştir.

Topçuoğlu ve arkadaşları (2001), "Karadeniz'in Türk Kıyılarındaki Alglerde Ağır Metal Konsantrasyonları" ile ilgili çalışmalarında Karadeniz'in Türk kıyılarından toplanan makroalg örneklerindeki Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn konsantrasyonlarını incelemişlerdir. 1998 ile 2000 yılları arasında Şile ve Sinoptaki örnekleme noktalarında yeşil, kahverengi ve kırmızı alg türlerinden seçilmiş belirli alg türleri ile çalışılmıştır. Genel olarak örnekleme noktalarının toplam metal birikmesine etkisine gelince Sinop'un Şile'ye göre daha kirli olduğu belirlenmiştir. *Cystoseira barbata* algindeki ağır metal konsantrasyonları aynı örnekleme noktalarında yapılmış olan önceki çalışmalar ile kıyaslanmıştır. Sonuçlar tüm ağır metal konsantrasyonlarının geçen yıllar boyunca gitgide azaldığını göstermiştir. Aynı zamanda, mevcut çalışmada Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ni ve Pb seviyeleri Boğaz ve Marmara Denizindeki alglerinkinden daha düşüktür. Sonuç olarak çalışmaların yapıldığı yıllar boyunca ağır metal kirliliğinin giderek azaldığı görülmüştür. Bu çalışmada algler üzerinde biriken ağır metal konsantrasyonları değerlendirilmiş olup, 2 yıllık periyotta konsantrasyonların giderek düştüğü belirlenmiştir. Söz konusu

Çalışma deniz suyu üzerinde yapılsaydı, suda ağır metal kirliliğinin yayılımı alglerde birikime göre daha düşük olacaktır.

Karadeniz Kıyısında ve Açıklarında Ağır Metal Kirliliği (2006) ile ilgili olarak Levent Atlas ve Hanife Büyükgüngör'ün yaptıkları çalışmada 2000 yılı Mayıs ayı ile 2001 yılı Ekim ayı arasında Orta Karadeniz Bölgesinde Sinop, Samsun, ve Ordu'daki çeşitli istasyonlardan alınan örnekler denizcilik aktivitelerinin ağır metal kirliliği üzerindeki etkisinin belirlenmesi için incelenmiştir. Sonuçlar, Çevre Mevzuatındaki (SKKY) deniz suyunun genel kalite kriterlerine ait tabloya göre kıyaslanmış ve Ni^{+2} konsantrasyonu yönetmelikte belirtilen seviyede olmasına rağmen; Cd^{+2} ve Cu^{+2} konsantrasyonları çoğunlukla, Pb^{+2} ve Zn^{+2} konsantrasyonları ise bazen yönetmelikte belirtilen seviyelerin üzerinde olduğu görülmüştür.

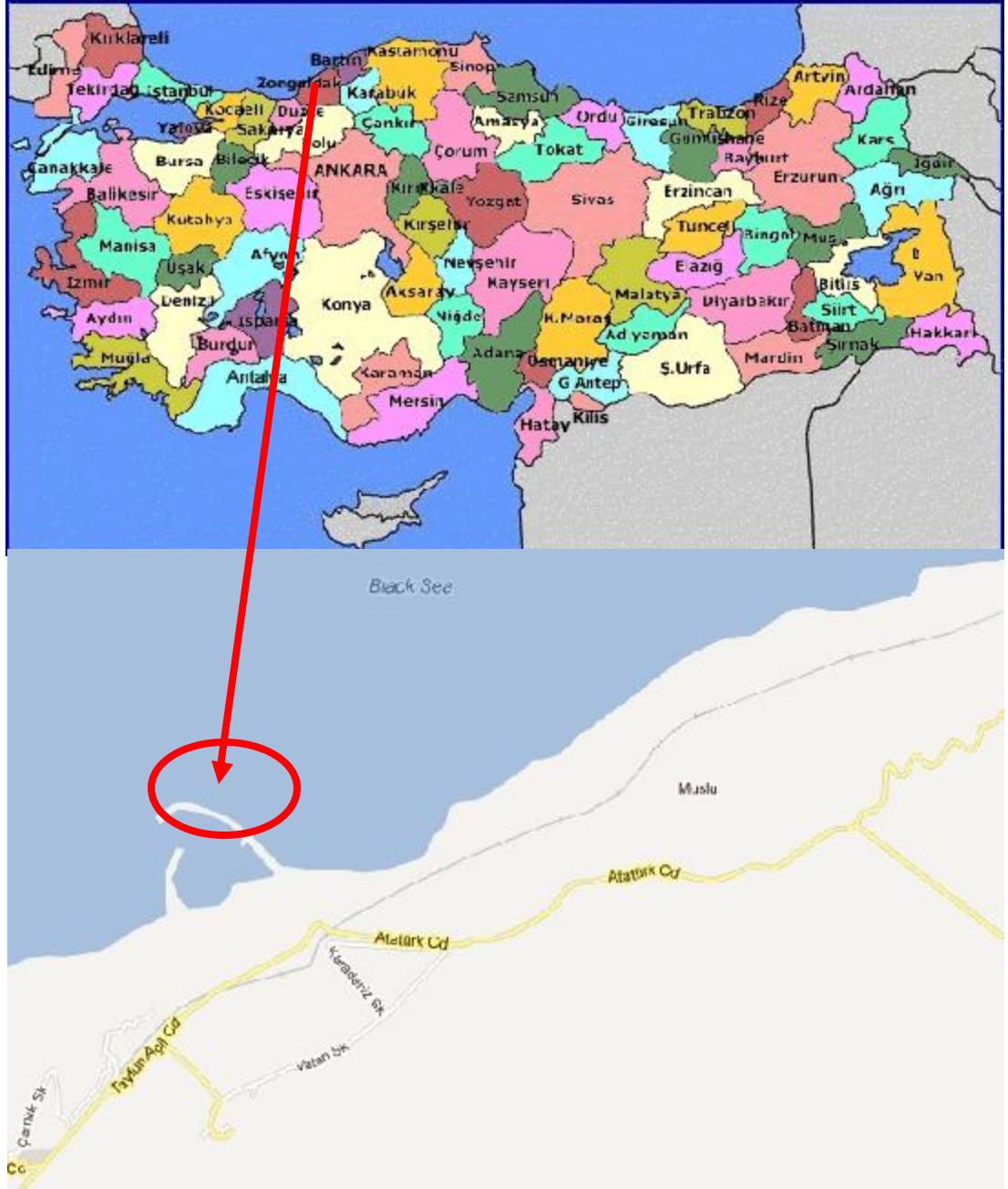
Özgür Zeydan ve Yılmaz Yıldırım'ın (2004) yapmış olduğu "Zonguldak Bölgesinde Çevre Sorunlarının Nedenleri ve Çözüm Önerileri" konulu bildiride Zonguldak bölgesinin mevcut çevre sorunları incelenmiş ve çözüm önerileri sunulmuştur. Bu alışmada Zonguldak ili Karadeniz Bölgesi genelinde sanayileşmenin en yoğun olduğu Batı Karadeniz Bölümü'nde olduğu, Zonguldak ve çevresinde demir elik, termik santraller ve çoğunlukla taşkömürü madenciliğine dayalı farklı endüstriyel sektörler bulunmakta olduğu, evsel nitelikli atıksulardan kaynaklı 8.632 ton KOİ ve 2.066 ton AKM'nin Karadeniz'e deşarj edilmekte olduğu ortaya konulmuştur.

4. MATERYAL VE METOT

4.1. Çalışma Alanı

4.1.1 Zonguldak ili genel çevresel özellikleri

Çalışma alanı ZETES (Zonguldak Eren Termik Santrali) Zonguldak ili, Çatalağzı beldesi sınırları içerisinde yer almaktadır. Çalışma alanı Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Çalışma alanı yerbulduru haritası



Şekil 4.2. Çalışma alanı uydu görüntüsü

Zonguldak, Batı Karadeniz Bölgesi'nde, Karadeniz'e batı ve kuzeyden kıyısı olan bir ildir. 3.309 km² yüzölçümüyle Türkiye topraklarının binde altısını kaplar. Karadeniz kıyılarından başlayan il toprakları, kuzeyden Karadeniz, kuzeydoğudan Bartın, doğudan Karabük, güneyden Bolu, batıdan Düzce illeriyle çevrilidir. Zonguldak yönetsel anlamda Merkez İlçe, Alaplı, Çaycuma, Devrek, Gökçebey ve Karadeniz Ereğli ilçelerinden oluşmuştur (Zonguldak, İl Çevre Durum Raporu, 2010).

Zonguldak ili çok engebeli bir arazi yapısına sahip olup; il alanının % 56'sı dağlarla, % 31'i platolarla ve % 13'ü ovalarla kaplıdır. Akarsu vadileriyle yer yer derin bir biçimde parçalanmış olan il toprakları orta yükseklikteki dağlık alanlardan oluşur. Bol yağışlı bir iklime sahip olan Zonguldak, yerüstü su kaynakları bakımından oldukça zengindir. İlde Filyos Çayı dışında büyük akarsu olmamakla birlikte, çok sayıda akarsu vardır. Bu akarsular, il alanını sık bir vadi ağıyla parçalamıştır.

Ağırlıklı yeryüzü şekillerini oluşturan dağlar; kuzey kesimlerinde 1.000 metreyi bulmazken, orta kesimlerde 1.200 metreyi aşmakta, güneyde ise yer yer 2.000 metreye kadar ulaşmaktadır. Dağlar kıyıya koşut üç sıra oluşturduğundan kıyı ile iç

kesimler arasında ulaşım güçleşir. Kıyıya yakın yükseltilerin oluşturduğu dağ sırasının altında zengin taşkömürü yatakları vardır.

Zonguldak il toprakları sıkı bir vadi ağıyla parçalanmıştır. Bu vadiler kimi kesimlerde genişleyerek düzlükler oluşturmaya karşın, ilde büyük denebilecek bir ova yoktur.

Karadeniz boyunca uzanan kıyı şeridinin tek önemli girintisi Ereğli yakınlarındaki Baba Burnu'dur. Doğuda Sazköy'den batıda Alaplı ilçe sınırına uzanan 80 kilometrelik kıyı bandında yer alan pek çok doğal plaj (koy) ve kumsal alanlar yöre halkının yaz aylarında günübirlik kullandığı belli başlı mekanlardır.

Filyos ve Güllüç Çayı; Devrek, Alaplı ırmakları; Üzülmüş, Kozlu dereleri yörenin bilinen akarsu kaynaklarıdır. Ayrıca her biri akarsuların denize döküldüğü yer anlamına gelen Küçükağzı, Ömerağzı, Çatalağzı (Çatalağzı: Bir coğrafya terimi olup, ırmağın denize kavuştuğu yerde lıgların birikmesiyle oluşan delta) İnağzı, Değirmenağzı, Çavuşağzı, Alacağzı, Köseağzı, Mevrekeağzı ve İncivezağzı gibi ağızlara irili ufaklı pek çok dere akmasına karşın, yaz mevsiminde bu derelerin oluşturduğu kanyonların suyu azalmaktadır. En önemli akarsuyu Filyos Çayı olup 228 km. uzunluğundadır (Zonguldak İl Çevre Durum Raporu, 2010).

İl sınırları içinde doğal göl bulunmamaktadır. Merkezde Ulutan, Karadeniz Ereğli'de Kızılcapınar ve Güllüç baraj gölleri; Çatalağzı'nda Dereköy ve Karapınar'da Çobanoğlu göletleri ilin bilinen yapay gölleridir.

İl topraklarının % 52'si ormanlık alan (348.612 ha) olup, bunun % 88'i koru, % 12'si baltalık orman niteliğindedir. Ülkemiz ormanları içerisinde zengin bir tür çeşitliliği ile doğal arboretum konumunda olan yöre ormanlarında kayın, meşe, gürgen, kestane, çınar, ıhlamur ve kızılğaç başta olmak üzere % 70'i yapraklı; gürgen, karaçam, sarıçam, kızılçam ve sahil çamı türleriyle % 30'u ibrelili ormanlardır. Her mevsimi yağışlı geçen yörenin yükseklikleri iğne yapraklı (köknar, çam), daha

aşağıları yayvan yapraklı (kayın, meşe, kestane, karaağaç, ıhlamur, kavak), akarsu kenarları da kavak, söğüt ağaçlarıyla kaplıdır.

Bu ana yeşil dokuyu orman gülü, pırnal meşesi, çobanpüskülü, defne, kocayemiş, kızcık, kiraz, funda, ayı üzümü, kuşburnu, böğürtlen, dağ çileği, eğreli otu gibi orman altı bitki örtüsü tamamlamaktadır. Zonguldak yöresi endemik bitki varlığı açısından da oldukça zengin bir potansiyele sahiptir (Zonguldak İl Çevre Durum Raporu, 2010).

Ana toprağı Zonguldak olan bu bitkilerin bir bölümü yörenin antik adları ile (phrygia, paphlagonica, galaticus, bihhynicum, pontica vb.), bir bölümü de mitolojik kaynaklardaki adları ile (delphinium, olympica, heracleum vb.) bilinmektedir.

Zonguldak ili ılıman Karadeniz ikliminin etkisi altındadır. Her mevsimi yağışlı ve ılık olan Zonguldak'ta kurak mevsime rastlanılmamaktadır. En fazla yağış sonbahar ve kış mevsimlerinde görülür.

İlde mevsimler ve gece-gündüz arasında önemli bir sıcaklık farkı bulunmamaktadır. Denizden iç kesimlere doğru gidildikçe, iklim biraz daha sertleşir. Yıllık ortalama sıcaklıklarda il genelinde önemli bir farklılaşma yoktur. Haziran, Temmuz ve Ağustos ayları ilin en fazla güneşli günlerinin yaşandığı aylardır. Yine bu aylar arasında deniz sıcaklığı ortalama 20 °C düzeyindedir.

Yıllık yağış ortalamasının 1.199 Kg/m² olduğu Zonguldak'ta, en yağışlı aylar 148,65 mm ile Aralık ve 141,72 mm ile Ocak aylarıdır. Yağışlar kıyılardan iç kesimlere doğru gidildikçe hem azalmakta hem de yağmurdan kara dönüşme özelliği göstermektedir (Zonguldak İl Çevre Durum Raporu,2010).

4.1.2. Zonguldak Eren termik santrali

Zonguldak Eren Termik Santralindeki prosesi kısaca tanımlamak gerekirse; maksimum % 1 S içerikli ithal kömürün pulvarize kazanda yakılması sonucu elde edilecek yüksek ısı ile denizden elde edilecek ve bir takım arıtma işlemleri sonrası saflaştırılan su, kritik basınçta yüksek sıcaklığa çıkarılmaktadır. Kritik basınçta, sudan elde edilen yüksek basınç ve sıcaklıktaki buhar, türbinde mekanik enerjiye, jeneratörde de elektrik enerjisine dönüştürülmektedir.

ZETES santrali 2x600 MW kurulu elektriksel güç ve 3.248 MW yakıt ısıl gücüne sahiptir. Enerji santrali;

- Süperkritik Pulvarize Kömür Kazanı
- Buhar Türbini Jeneratörü
- Kondenser ve Soğutma Sistemi
- Kömür Hazırlama ve Besleme Sistemi
- Kireçtaşı Hazırlama ve Besleme Sistemi
- Su Hazırlama ve Arıtma Sistemi
- Toz Tutma Sistemi
- Baca Gazı Desülfürizasyon (BGD) Sistemi
- Baca Gazı Azot Oksit Giderme (DeNOx) Sistemi (Opsiyonel)
- Kül Uzaklaştırma Sistemi ve Kül Depolama Alanı
- Otomasyon Sistemi
- Elektrik Sistemi ünitelerinden oluşmaktadır.

Santralde kullanılan super kritik kazanlar tek geçişli ve bir adet tekrar kızdırıcılı, dış ortama açık ve tepeden asılacak şekilde tamamen çelik konstrüksiyon ve üstü kapalı olarak kurulmuştur. Pulverize edilmiş kömürün brülörler vasıtasıyla yakılarak ısınn su duvarlarına aktarıldığı ve süperkritik koşullarda buhar elde edildiği kazanın işletme verileri Çizelge 4.1’de verilmiştir:

Çizelge 4.1. Kazanın İşletme Verileri,

	BİRİM	MAKSİMUM YÜK	NORMAL YÜK
Kızdırıcı çıkışında debi	t/st	1.827	1.685
Kızdırıcı çıkışında basınç	MPa (g)	25,4	25,26
Kızdırıcı çıkışında sıcaklık	°C	571	571
Tekrar kızdırıcı çıkışında debi	t/h	1.515	1.404
Tekrar kızdırıcı çıkışında sıcaklık	°C	569	569
Tekrar kızdırıcı çıkışında basınç	MPa (a)	4,22	3,97
Tekrar kızdırıcı girişinde sıcaklık	°C	313	306
Tekrar kızdırıcı girişinde basınç	MPa (a)	4,41	4,15
Besi suyu sıcaklığı	°C	283	279
Hava sıcaklığı (birincil/ikincil)	°C	327/335	323/331
Hava giriş sıcaklığı	°C	23	23
Baca gazı sıcaklığı	°C	130,0	128,3
Kazan verimliliği (Alt Isıl Değere göre)	%	93,45	93,45

Kazan yardımcı ekipmanları

Kömür Değirmenleri;

Kömür öğütme sistemi için mutlak basınçta direkt kömür enjeksiyonu yapacak orta hızlı öğütücülerdir.

- Hava Fanları

Basma Fanları: Kazanda 2 adet, her biri tam yükteki ihtiyacın % 50 kapasitesinde, sabit hızlı, elektrik motoruyla sürülen aksiyel basma fanları bulunmaktadır.

Emiş Fanları: Kazanda 2 adet, her biri tam yükteki ihtiyacın % 50 kapasitesinde, sabit hızlı, elektrik motoruyla sürülen aksiyel emiş fanı bulunmaktadır.

Birincil Hava Fanları: Kazanda 2 adet, her biri tam yükteki ihtiyacın % 50 kapasitesinde, sabit hızlı, elektrik motoruyla sürülen aksiyel birincil hava fanı bulunmaktadır.

Sızdırmazlık Havası Fanları: Kazanda 2 adet, her biri tam yükteki ihtiyacın %100 kapasitesinde, sabit hızlı, elektrik motoruyla sürülen santrifüjlü sızdırmazlık havası fanı bulunmaktadır.

Soğutma Havası Fanları: Kazanda 2 adet, her biri tam yükteki ihtiyacın % 100 kapasitesinde, sabit hızlı, elektrik motoruyla sürülen santrifüjlü soğutma havası fanı bulunmaktadır.

Kömür Bunkerleri: Kazana beslenecek olan kömürün depolandığı kömür bunkerleri, iç yüzeyleri düzgün ve aşınmaya karşı dayanıklı çelikten üretilmiştir. Kömür bunkerleri, kazanın maksimum sürekli yükte 8 saatlik kömür tüketimini depolayacak kapasitededir.

Kömür Besleyicileri: Kömür bunkerlerinde depolanan kömürü öğütücülere besleyen kömür besleyicilerinin sayısı kömür değirmenlerinin sayısı ile aynıdır. Kömür besleyicileri süreklilik açısından güvenli, hava kaçağı düşük ve akış kontrolü kolay yapılabilir şekildedir.

Baca Gazı Sistemi: Baca gazı sisteminin fonksiyonu kazandan çıkan gaz ve tozun temizlenmesi ve kazandaki çekiş koşullarının dengelenmesidir. Sistem elektrostatik filtreler (ESP), cebri çekiş fanları, bir baca gazı azotoksit arıtma (denitrifikasyon) sistemi, bir baca gazı kükürtdioksit arıtma (desülfürizasyon) sistemin ve bacayı içermektedir. Cebri çekiş fanları eksenel akış tipinde, değişken statik kanatlı, giriş damper kontrollüdür. Baca gazı sisteminde her birinin kapasitesi % 55 (kazan

maksimum sürekli kapasitesi) olan 2 adet cebri çekiş fanı bulunmaktadır. Fan çıkış basıncı maksimum sürekli kapasitede çalışan kazan basıncının % 120'sidir.

Buhar türbini jeneratörü (BTJ)

Termik santrallerde enerji döngü ünitesi, buharın ısı enerjisinin mekanik enerjiye, mekanik enerjinin ise elektrik enerjisine dönüştürüldüğü buhar türbini jeneratörleridir.

Zonguldak Eren Termik Santralinde 600 MW elektrik gücü üreten jeneratörü çeviren buhar türbini, süper kritik basınçta çalışarak, tek kademe tekrar kızdırıcılı, tümleşik yüksek basınç ve alçak basınç türbinden oluşan, kondenserli bir türbindir.

3.000 devir/dakika hızda çalışan türbindeki ısı tüketimi 7.560 kJ/kWh olup, bu değer ve tesisle ilgili diğer tasarım verileri kullanılarak, santralin genel (elektrik üretimi/yakıt girdisi) çevrim verimliliğinin % 43,84 olduğu belirlenmiştir.

Buhar türbini üzerinde kondens suyu, besi suyu ve degazörde kullanılan buhar için ara kademe çekişleri bulunmaktadır. Bu çekişlerdeki buhar debisi, kazan giren besi suyu sıcaklığını tutturmak üzere belirlenmiştir. Buhar türbini direkt olarak 50 Hz, 3 fazlı alternatif akım jeneratörüne bağlıdır.

Buhar türbini üzerinde, acil durum kesme vanaları, türbin kontrol vanaları, geri dönüşsüz vanalar ve ara çekiş hatları bulunmaktadır. Türbin kontrol sistemi için sayısal elektro-hidrolik kontrol kullanılmaktadır. Bu sistem, türbinin aşırı hıza çıkmasını önlemek için otomatik türbin hız kontrolü özelliğine sahiptir. Buhar türbini için işletme verileri Çizelge 4.2'de verilmiştir:

Çizelge 4.2. Buhar Türbini İçin İşletme Verileri

Üretilen güç	600 MW
Ana buhar basıncı	24,2 MPa
Ana buhar sıcaklığı	566 °C
Ana buhar debisi	1.685,5 ton/saat
Tekrar kızdırma buhar basıncı	3,839 MPa
Tekrar kızdırma buhar sıcaklığı	566 °C
Tekrar kızdırma buhar sıcaklığı	1422,51 ton/saat
Soğutma suyu sıcaklığı	20 °C
Çıkış basıncı	4,9 kPa

Kondenser ve soğutma sistemi

Kondenser: Çapraz yerleşimle kurulan kondenser, çift ceketli, bölünmüş su hazneli, iki geçişli ve yüzey tiptedir. Kondenser tüpleri ve plakaların malzemesi, soğutma suyu olarak kullanılacak olan deniz suyuna karşı dayanımlıdır.

Kondens Pompaları: 2 adet % 100 kapasiteli kondens pompası kurularak, kondenserde türbin çıkış buharının yoğunlaştırılması sonucu oluşan suyun, düşük basınç besleme suyu ısıtıcıları ve degazöre beslenmesi sağlanmaktadır.

Kapalı Devre Soğutma Suyu Sistemi: Kondenser ve santralin diğer yardımcı sistemlerinde gereksinim duyulan soğutma suyunun tamamı, kapalı devre olarak tasarlanan soğutma suyu sisteminden sağlanmaktadır. Sistem, kapalı devre soğutma suyu pompaları, eşanjörler ve genişleme tankından oluşmaktadır. Sistemde demineralize su kullanılmakta olup, başlangıç dolumu ve kayıpları gidermek üzere su ilavesi, kondens suyu sisteminden gerçekleştirilmektedir.

Çalışma kapsamında mevsimlik dönemlerde gerçekleştirilen arazi çalışmalarında belirlenen 2 istasyondan su örnekleri alınmıştır. Su örneklerinin alındığı soğutma sistemi Resim 4.1 ve Resim 4.2’de sunulmuştur.



Resim 4.1. Soğutma Sistemi görünümü -1.



Resim 4.2. Soğutma Sistemi görünümü -2.

Jeneratör soğutma sistemleri

Jeneratörlerin soğutmasını yapmak üzere bir adet hidrojen üretim ünitesi, jeneratörlerin boşaltılmasını gerektiren bakım/onarım çalışmaları sonrasında jeneratörün tekrar doldurulması için gerekli hidrojen sağlanmaktadır.

Hidrojen gazı suyun hidrojen ve oksijen gazlarına ayrıştırılmasıyla elde edilmektedir. Bu gazlar tanklarda saklanmakta ve hidrojen gazı boru hatlarıyla jeneratörlere taşınmaktadır.

Jeneratör hidrojen soğutma sistemi “kapalı loop çevrimi” şeklindedir. Saf Hidrojen gazı jeneratör sargılarından dolaştırılarak ve aldığı ısıyı “shell-tüp tipi” “hidrojen-su” ısı değiştirici ile suya terk etmektedir. Kapalı devre soğutma suyu olarak tasarlanan sistemden çıkan su tekrar sisteme geri verilmektedir.

Yağ soğutma sistemleri

Gerek buhar türbini gerekse jeneratör ve dişli kutusu yağlama yağları kendi kapalı çevriminde shell-tüp tipi eşanjörlerle su ile soğutulmaktadır.

Diğer (Yardımcı) Soğutmalar

Soğutma çevrimine giremeyen yağ ile bulaşık olabilecek sular ayrı bir tankta toplanacak ve yağ ayırıcılardan geçtikten sonra durumuna göre diğer çevrimlere katılacak veya arıtma sistemine sevk edilecektir. Ayrıca bu tip sular, yağdan ayrıldıktan sonra (yeterince ayrılmış ise) külün nemlendirilmesinde kullanılabilir.

Su arıtma ve hazırlama sistemi

Zonguldak Eren Termik Santralinde yer alan çeşitli işlem ve fonksiyonların yürütülebilmesi için su kullanımı söz konusudur. Bu işlem ve fonksiyonlar; kazan make-up (besleme) suyu, soğutma suyu ve BGD üniteleri olup; kazan make-up (besleme) suyu için 200-250 m³/saat, soğutma suyu için 128.250 m³/saat ve BGD ünitesinde ise toplam 200-250 m³/saat olmak üzere toplam 132.250 m³/saat kullanılmaktadır.

Gerekli 132.250 m³/saat'lık suyun tamamı Zonguldak Eren Limanı'nın hemen yanında Küpburnu Mevkii'nde inşa edilen su alma yapısı ile denizden sağlanmakta ve 131.750 m³/saat'lık soğutma suyu dışındaki toplam 500 m³/saat'lık proses suyu artıldıktan ve belirli kriterlere getirildikten sonra kullanılmaktadır. Bu 500 m³/saat'lık proses suyunun; 250 m³/saat'lık kısmı kazan make-up (kazanın buhar kaybindan ve blöflerden kaynaklanan su eksisinin tamamlanması, kazan dışındaki yan sistemler ve tesis içi kullanma) suyu, 250 m³/saat'lık kısmı ise BGD ünitelerinde kireçtaşı solüsyonunun hazırlanması için gerekli sudur.

Deniz suyunun artırılması maliyetli bir işlem olmasına rağmen deniz suyunun kullanılarak sınırsız bir kaynak yaratılması planlanmış olup, denizden alınan proses suyu ultrafiltrasyon ve reverse osmosis sistemi ile istenilen kalitedeki su temin edilmektedir.

4.1.3. Karadeniz suyunun genel özellikleri

Karadeniz, 8 bin 350 kilometre kıyı şeridine sahip, 461.000 km² alan kaplayan (Azak Denizi dahil, Marmara Denizi hariç), en geniş yeri doğudan batıya 1.175 km, en derin noktası 2.210 m olan, Marmara Denizi vasıtasıyla Ege Denizi'ne bağlanan, batıdan doğuya böbrek formunda bir denizdir. Karadeniz üzerinde bulunan önemli liman kentleri Köstence (kent nüfusu 401,613), Mangalia, Burgaz, Varna (kent nüfusu 357,752), Odessa, Sivastopol, Yalta, Kerç, Novorosiysk (kent nüfusu 281,400), Soçi, Suhumi, Poti, Batum, Trabzon, Samsun, Ordu (kent nüfusu 435,000), Giresun (Kent Nüfusu 100,000) ve Zonguldak'tır. (Zonguldak İl Çevre Durum Raporu, 2010)

Tuzluluk oranı % 1,8 dolayındadır. M.Ö. 6'ncı bin yıla dek bir tatlı su gölü olan Karadeniz, bu tarihten sonra tuzlu bir denize dönüşmüştür. Amerikalı deniz jeologları William Ryan ve Walter Pitman Buz Çağı'nın ertesinde Akdeniz'in sularının 150 metre daha alçak olan Karadeniz'e boğaziçi setini yıkararak birden bire dolarak Karadeniz Tufanı adı verilen sel baskınına sebep olduğunu bu olayın Nuh Tufanı efsanesinde kaynağı olduğunu iddia etmiştir. Okyanus bilimci Robert Ballard'ın Sinop açıklarında yaptığı çalışmalarda bulunanlar bu tezi doğrulamışlarsa da çeşitli bilim adamları alternatif görüşler öne sürmüştür. Karadeniz sürekli bir su buharı ve ısı kaynağıdır, suları fazla donmaz. Karadeniz kıyılarının uzunluğu 1.600 km civarındadır. Dağlar kıyıya paralel uzandığından fazla girintili çıkıntılı değildir.

Büyük beş ırmak Karadeniz'e dökülür. Bu ırmaklar; Dinyeper, Dinyester, Don Irmağı, Kuban Irmağı, bütün doğu ve orta Avrupa'yı kapsayan Tuna Irmağıdır. Tuna Irmağı tek başına her yıl 203 kilometre küp tatlı suyu Karadeniz'e taşır. Bu miktar

Kuzey Denizi'ne akan bütün tatlı sulardan daha fazladır. Türkiye'den ise belli başlı dört ırmak Karadeniz'de sonlanır, bunlar; Sakarya, Kızılırmak, Yeşilırmak ve Çoruh nehirleridir (sonuncusunun büyük bölümü Türkiye'de olmasına karşın Gürcistan'da Batum'dan denize dökülür). Bu denize dökülen Avrupa ve Asya akarsularıyla birlikte Karadeniz havzasının alanı denizin kendisinden 5 kat daha geniştir ve yaklaşık 2.2 milyon km²'dir. Karadeniz ve Çevre tuzluluk oranı oldukça fazladır (Zonguldak İl Çevre Durum Raporu, 2010).

Karadeniz'in flora ve faunası evsel ve endüstriyel kirlenme nedeniyle her geçen gün fakirleşmektedir. Irmaklardan gelen organik madde miktarı deniz suyundaki bakterilerin normalde ayrışabileceğinden daha fazla olduğundan, bakteriler deniz suyunda normalde bulunan çözünmüş oksijen yerine deniz suyunun bir bileşeni olan sülfür iyonlarından oksijeni temin ederler. Bu işlemin sonucunda ortaya son derece zehirli hidrojen sülfür (H₂S) gazı çıkar ve 200 metrenin altında yaşamı engeller. Karadeniz dünyanın en büyük hidrojen sülfür rezervidir. 150-200 metre arasında değişen derinliklerin altında yaşam yoktur. Suda oksijen bulunmaz ve H₂S yüklüdür. Hidrojen Sülfür bulunduğu yerdeki tüm ekosistemi öldürür, sahil balıkçılığını yok eder ve eğer yüzeye çıkarsa gemilerin altını yarattığı kimyasal bileşimle siyah renge boyar. Özellikle Tuna Nehri tüm Orta ve Doğu Avrupa ile Balkanlar'ın endüstri ve evsel atık sularının boşaltıldığı bir yüzeysel su olup, doğal yaşam için ölümcül miktarda organik ve inorganik maddeyi Karadeniz'e getirmekte, kirlilik oradan Boğazlar yoluyla da Marmara Denizi'ne taşınmaktadır. 1980'lerin ortasında bir geminin balast suyu ile Karadeniz'e gelen ve orijini Doğu Amerika kıyıları olan *Mnemiopsis leidy* (Taraklı deniz anası) adlı canlı türünün doğal düşmanı olmadığı için Karadeniz'i istila etmiş, balık larvalarının temel besinleri olan zooplanktonları ve bizzat balık larvalarını yiyerek balık sayısında önemli oranda düşme yaşanmasına sebep olmuştur (Zonguldak İl Çevre Durum Raporu, 2010).

Samsun-Sarp Sınır Kapısı arasında 542 kilometrelik mesafede inşa edilen ve Türkiye Cumhuriyeti tarihinin en büyük yatırımlarından birisi olarak gösterilen Karadeniz Sahil Yolu inşası sırasında sahil boyunca yapılan dolguların deniz canlılarına zarar

verdiği çok sayıda bilim adamınca iddia edilmiş ve yolun yapımı bitmiş olmasına karşın, inşası ve sonuçları kamuoyunda hararetli tartışmalara sebep olmuştur.

Karadeniz suyu sıcaklığı temmuz ile ağustos aylarında 20 ile 26 derece arasındadır. Enlem etkisinden dolayı Karadeniz'in anadolu kıyıları, kuzeye oranla daha sıcaktır. Kışın kuzeyde sular 2-3 dereceye kadar iner. Ama yaz kış arasında görülen sıcaklık farkları sadece yüzey sularına aittir. 2.000 metre derinlikteki suların sıcaklığı yılın her mevsimi 9 derecedir.

4.2. Numune İstasyonları

Bu çalışmada; Termik Santrallerde denizden kullanılan soğutma suyunun deniz suyu kalitesi üzerine etkisi araştırıldığından, numune istasyonları olarak termik santralin soğutma suyunu denizden aldığı nokta ve suyu kullandıktan sonra denize deşarj ettiği nokta seçilmiştir. Bu numune noktalarından soğutma suyunun alındığı nokta numune istasyonu S_1 olarak, soğutma suyunun deşarj edildiği nokta numune istasyonu S_2 olarak belirlenmiştir. Proje kapsamında belirlenen analiz istasyonlarının yerleri uydu görüntüsü üzerinde Şekil 4.3'de ve istasyonların koordinatları Çizelge 4.3'de verilmektedir.



Şekil 4.3. Numune istasyonları.

Çizelge 4.3. Çalışma istasyonlarının koordinatları.

İstasyon Adları	Koordinatlar	Deniz Seviyesinden Yükseklik (m)	Kıyıya Olan Mesafesi (m)
S1	41° 31' 58N; 31° 54' 35E	0	900
S2	41° 32' 37N; 31° 54' 49E	0	1.800

4.3. Örnek Alma

Arazi çalışmaları 16 aylık dönemde (2010-2012) yaklaşık 2 aylık periyotlar halinde ve mevsimsel dönemlerde (ilkbahar, yaz, sonbahar, kış) olarak gerçekleştirilmiştir.

Numuneler her bir istasyonda derinlik boyunca (yüzey, orta, dip) su alma pompası yardımıyla alınmıştır.

Anlık (In-Situ) Ölçümler:

Deniz suyunun kalitesini belirlemek için yapılan örnekleme sırasında, pH, ÇO (çözülmüş oksijen) ve sıcaklık, anlık olarak Sension 156 Hach Lange Probe yardımıyla, ışık geçirgenliği seki diski yardımıyla ölçülmüştür. Yüzer madde ise yerinde görsel olarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Sension 156 Hach Lange Probe ve Seki Diski

4.4. Deneysel Çalışmalar

Araştırma kapsamında yapılan deneysel çalışmalar 2 basamakta gerçekleştirilmiştir. Deneysel çalışmaların bir bölümü arazide anında (in situ) bir bölümü de laboratuvar şartlarında gerçekleştirilmiştir. Analizlerin yapımı sırasında uluslararası standart (EPA, SM, ISO, DMS) metotlar kullanılmıştır. Çalışma kapsamında yapılan analizler Çizelge 4.4.'de, yapılan analizlerde izlenen metotlar ve kullanılan cihazlar Çizelge 4.5'de verilmektedir.

Arazide anlık olarak yapılan ölçümlerin dışındaki diğer analizler Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yetkilendirilmiş ve TÜRKAK tarafından akredite edilmiş özel bir çevre laboratuvarında yapılmıştır.

Çizelge 4.4. Araştırma kapsamında yapılan analizler.

Anlık Ölçümler	pH, sıcaklık (°C), çözülmüş oksijen (ÇO, mg/l), ışık geçirgenliği, yüzer madde
SKKY TABLO 4 Analizleri	Bulanıklık, Askıda Katı Madde, Toplam Krom, Amonyak, Fekal Koliform, toplam koliform, fenoller, arsenik, bakır, civa, çinko, kadmiyum, Kurşun, Nikel, Mineral Yağ ve Türevleri, Renk

Çizelge 4.5. Analizler için kullanılan metotlar

<i>Analiz</i>	<i>Analog Standart</i>	<i>Yöntem</i>
pH	SM 4500-H:2005	Sension 156 Hach Lange Probe
ÇO (Çözülmüş Oksijen, mg/l)	TS 5677 EN 25814:1996	Sension 156 Hach Lange Probe
Sıcaklık (oC)	SM 2550 B:2005	Sension 156 Hach Lange Probe
Işık Geçirgenliği (m)	EPA -Volunteer-Stream Seki Diski 155:1997 TS 5091 EN ISO 7027:2004	
Bulanıklık (NTU)	SM 2540 D	Hach Lange Bulanıklık Ölçer
AKM (mg/L)	SM 3113 A	Vakumlu Filtrasyon Cihazı
Toplam Krom (mg/L)	SM 3113 B:2005	Atomik Absorpsiyon
Amonyak (mg/L)	SM 4500 NH3 B, SM 4500 C:2005	Distilasyon Cihazı
Fekal Koliform (KOB/100 ml)	SM 9222 D:2005	Dijital Büret
Toplam Koliform (KOB/100 ml)	TS EN ISO 9308-1:2004	İnkübatör-Sartorius Besi Kabı
Fenoller (mg/L)	SM 5530-B ve C:2005	İnkübatör Sartorius Besi Kabı

Çizelge 4.5. (Devam) Analizler için kullanılan metotlar

<i>Analiz</i>	<i>Analog Standart</i>	<i>Yöntem</i>
Arsenik (µg/L)	SM 3114: B,C:2005	Distilasyon Cihazı
Bakır (mg/L)	SM 3113 A SM 3113 B:2005	Ekstrasyon için Ayırma Balonları-DR3900 Spectrofotometre
Civa (mg/L)	TS EN 1483:2008	Atomik Absorpsiyon
Çinko (mg/L)	SM 3111 B:2005	Hidrür Sistem+Atomik Absorpsiyon
Kadmiyum (mg/L)	SM 3113 A SM 3113 B:2005	Atomik Absorpsiyon
Kurşun (mg/L)	SM 3113 A SM 3113 B:2005	Atomik Absorpsiyon
Nikel (mg/L)	SM 3113 A SM 3113 B:2005	Atomik Absorpsiyon
Mineral Yağ ve Türevleri (mg/L)	DMS 30458(Kurum İçi)	GC-FID

4.4.1. Analizlerin yapılışı

pH (SM 4500-H:2005)

Elektrot ile numune arasında dengenin oluşması amacıyla, numune karıştırılıp, homojen olması sağlanmıştır. CO₂ kaynaklı köpürmeyi önleme amaçlı numune yavaşça karıştırılmıştır.

Aşağıdaki yol izlenmiştir;

1. Başarılı bir kalibrasyondan sonra, elektrot saf suyla yıkanmıştır.
2. Elektrot numune içine daldırılmış, READ'e basılmıştır. Sıcaklık ve pH değeri sabitlenene kadar beklenmiştir.
3. pH ve sıcaklık değeri sabitlendiği cihazımız işaretini vermiş, sıcaklık ve pH değerleri kaydedilmiştir.
4. Elektrot numuneden uzaklaştırılıp saf suyla temizlenmiştir ve elektrot diğer numuneye daldırılmıştır. Her bir numune için 2-3. stepler tekrar edilmiştir.
5. Ölçüm bitince cihaz kapatılmıştır, elektrot saf suyla yıkanmış ve kurulanmıştır. Elektrotun koruma kabı takılmış ve elektrot tutucunun içine yerleştirilmiştir.

ÇO (TS 5677 EN 25814:1996)

Arazide ölçümü probu ile gerçekleştirilmiştir. % ve mg/L cinsinden sonuç alınmıştır.

Işık geçirgenliği (EPA -Volunteer-Stream 155:1997)

Arazide secci diski cihazı kullanarak görsel olarak ışık geçirgenliği ölçülmüştür.

Bulanıklık (TS 5091 EN ISO 7027:2004)

Bulanıklık ölçümünde numuneden 20 ml alınmıştır ve hach lange marka bulanıklık ölçen cihazla ölçülmüştür. Ölçüm yapılmadan önce 2 dakika çalkalanmış ve 5 dakika bekledikten sonra ölçülmüştür.

AKM (SM 2540 D)

Numune bir dakika boyunca şiddetli şekilde içerisinde 100 ml numune alınmıştır. Vakumlu filtrasyon cihazından 105 derecede sabit tartıma getirilmiş 0,45 um lik filtre kağıdından geçirilerek süzümüştür ve 105 derece yine sabit tartıma getirilerek mg/l cinsinden sonuç verilmiştir.

Amonyak (SM 4500 NH3 B, SM 4500 C:2005)

Numuneler sülfirik asitle koruma altına alınmış ve analizlemek için borat tamponla muamele edilerek distile edilmiş olup borik asitte tutturulmuştur. Ardından 0,02 N sülfirik asitle titre edilip, mg/L olarak sonuç elde edilmiştir.

F.koliform (SM 9222 D:2005)

Uygun koyu steril cam şişede numune alınmış 24 saat içinde laboratuvara getirilmiş ve sartaryus 0,45 um lik filtreden 100 ml süzümüştür ve filtre uygun hazır besi kaplarına yerleştirilmiştir. 44 derecede 24 saat inkübatörde inkibe edilmiş ve üreyen bakteriler sayılarak sonuç verilmiştir.

T.koliform(TSEN ISO 9308-1:2004)

Uygun koyu steril cam şişede numune alınmış 24 saat içinde laboratuvara getirilmiş ve sartaryus 0,45 um lik filtreden 100 ml süzümüştür ve filtre uygun hazır besi kaplarına yerleştirilmiş, 36 derecede 24 saat inkübatörde inkibe edilmiş ve üreyen bakteriler sayılarak sonuç verilmiştir.

Fenoller (SM 5530–B ve C:2005)

Numune fosforik asitle koruma altına alınmış ve analiz için önce distile edilmiş ardından 400 ml numune alınmış ve kloroformla ekstraksiyon gerçekleştirerek DR 3900 marka UV spektroda kons belirlenmiştir.

Ağır Metaller (Toplam Cr, Arsenik, Bakır, Civa, Çinko, Kadmiyum, Kurşun, Nikel)

Numune araziden alınırken nitrik asit ile koruma altına alınmıştır. Soğuk ortamda laboratuvara ulaştırılmıştır. Analizleri yapmadan önce bulanıkları 1 NTU üzerinde olan numunelerde SM 3030 göre ön işlemler uygulanmıştır (deriştirme nitrik asitle parçalama gibi) genel itibariyle numuneler bulanıklıkları 1 NTU altında ve ön işleme tabi tutulmadan analizleri yapılmıştır.

AAS de iki kısım olarak analizler gerçekleştirilmiştir. Atomik absorpsiyonda analize başlamadan önce kalibrasyon eğrisi çizilerek Lambert Beer yasasından yararlanarak numunelerin sonuçlarına gidilmiştir. Örneğin Krom analizi için kalibrasyon eğrisi çizmek amacı ile MERCK marka stok çözeltiden hazırlanmış 0,1 ppm 0,2 ppm, 0,4 ppm 0,8 ppm 1,5 ppm şeklinde 5 noktalı kalibrasyon eğrisi çizilmiş olup $k=0,999$ genel itibariyle olmaktadır.

Numuneler okumaya başlamadan önce era marka sertifikalı referans meteryalden hazırlanmış değeri bilinen konsantrasyon okutularak kalite kontrol grafiklerinin belirlemiş olduğu sınır değerlerin içinde kalıp kalmadığı kontrol edilmiş ve kalite kontrol grafiklerinin sınır değerleri içinde kaldığı tespit edilmiştir (kalite kontrol grafikleri validasyon raporlarında tekrarlanabilirlikten gelmektedir) ve numuneler 3 defa tekrarlı okutularak sonuçların ortalaması alınmıştır.

Min yağ ve türevleri(ISO 9377-2)

GC FID cihazında yapılan bir analizdir. Bu analizde numune organik faz olarak 1/10 hekzanla seyreltilmiş heptan kullanılarak özütlenmiş ve c10 ile c40 arasında hidrokarbonlar tespit edilerek mineral yağ ve türevleri hesaplanmıştır.

Renk(SM 2120:B)

Numune soğutmalı olarak laboratuvarında görsel olarak deneyi gerçekleştirilmiştir. Yüzer madde Arazide görsel olarak bakılıp yüzer madde tespiti yapılmıştır.

5. DENEYSEL BULGULAR ve TARTIŞMA

5.1. Anlık Ölçüm Sonuçları

Araştırma kapsamında 2010 –2012 yılları arasında yaklaşık 16 aylık periyotta dönemsel olarak 2 istasyondan alınan su örneklerinin Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği’nde deniz suyu kalitesini belirleyen Tablo 4’e göre analizleri yapılmıştır. Soğutma sisteminde soğutma amaçlı kullanılmak üzere denizden alınan suyun çekildiği noktadan (giriş suyu) ve soğutma sisteminde kullanıldıktan sonra tekrar denize deşarj edilen suyun deşarj edildiği noktadan (çıkış suyu) alınan anlık numunelerin analiz sonuçlarının ortalama değerleri çizelge 5.1. ve çizelge 5.2’de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Soğutma Sistemi Giriş Suyu’ndan Alınan Anlık Numune Analizi Ortalama Değerleri

<u>Parametre</u> Parameter	Yüzey (0,5 m)	Orta (12,5 m)	Dip (17,5 m)	SKKY Sınır Değerler (Tablo 4)
pH	8,27	8,19	8,20	6,0-9,0
ÇO (mg/L)	6,77	6,61	6,42	Doygunluğun % 90’nından fazla
Sıcaklık (°C)	13,47	12,25	11,3	-
Işık Geçirgenliği (m)	5,14	-	-	-
Bulanıklık (NTU)	0,97	1,01	1,04	Doğal

Çizge 5.2. Soğutma Sistemi Çıkış Suyu'ndan Alınan Anlık Numune Analizi Ortalama Değerleri

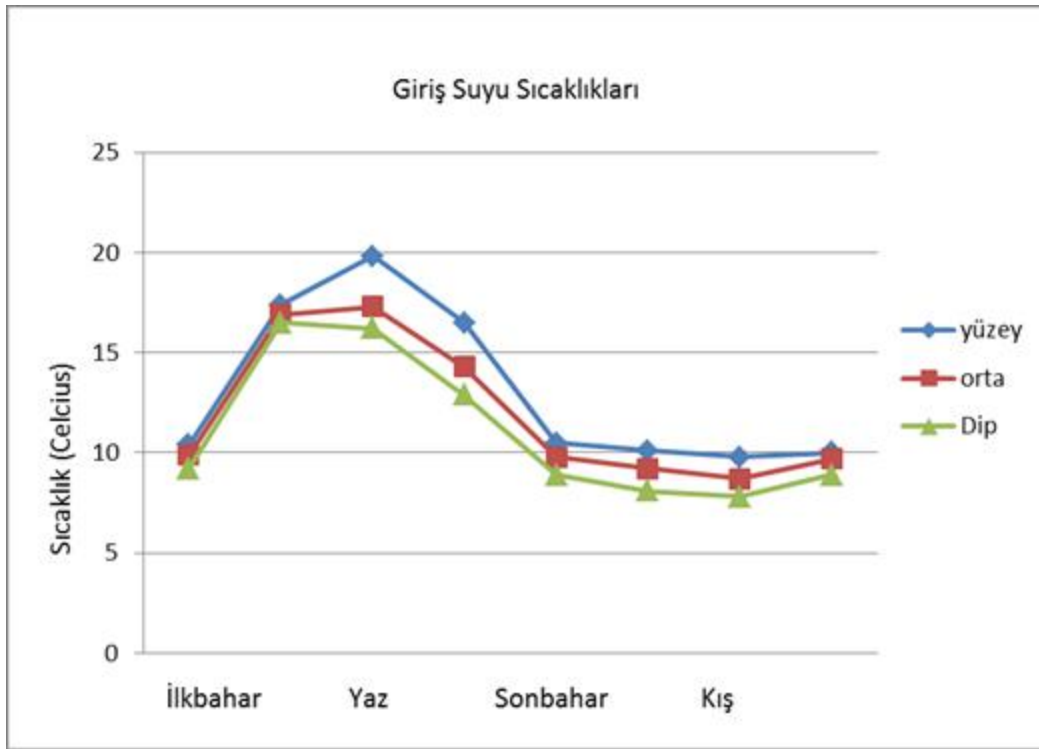
<u>Parametre</u> Parameter	Yüzey	Orta (12,5 m)	Dip (17,5 m)	SKKY
				Sınır Değerler (Tablo 4)
pH	8,21	8,17	8,22	6,0-9,0
DO (mg/L)	6,79	6,55	7,42	Doygunluğun % 90'ından fazla
Sıcaklık (°C)	12,9	11,95	11,28	-
Işık Geçirgenliği (m)	5,2	-	-	-
Bulanıklık (NTU)	0,97	1,03	1,10	Doğal

Soğutma sistemi giriş suyundan alınan anlık numune analiz sonuçları ortalama değerleri ile soğutma sistemi deşarj suyundan alınan anlık numune analiz sonuçları ortalama değerlerini karşılaştırdığımızda; Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nde (2004) pH, ÇO, sıcaklık, ışık geçirgenliği ve bulanıklık parametreleri için verilen sınır değerler dahilinde kaldığı anlaşılmaktadır.

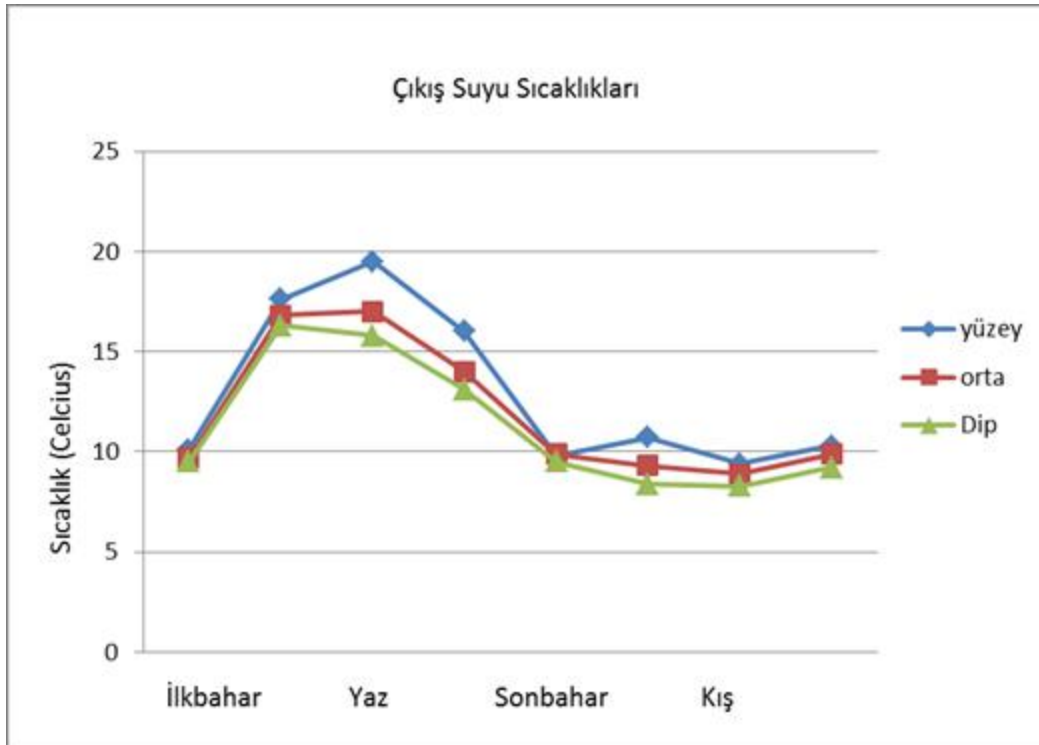
5.1.1. Sıcaklık değişimleri

Denizde su kalitesinin izlendiği 16 ay boyunca, yüzey, orta ve dip su sıcaklığı 7,8-19,8 °C arasında değişim göstermiştir (Şekil 5.1 ve Şekil 5.2). Denizin o bölgedeki su derinliği ortalama 20 m'yi aşmamaktadır. Bu nedenle mevsimsel dönemlerde su sıcaklığında önemli miktarda farklılıklar oluşmamaktadır. Deşarj noktasında alınan numunelerde yapılan ölçümlere göre mevcut durumdaki sıcaklık değerlerinde 0,5 ile 1,5 derece arasında değişim olduğu gözlenmektedir. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Tablo 23'de belirtilen "Deniz ortamının seyreltme kapasitesi ne olursa olsun, denize deşarj edilecek suların sıcaklığı 35 °C yi aşamaz. Sıcak su deşarjları difüzörün

fiziksel olarak sağladığı birinci seyrelme (S1) sonucun da karıştığı deniz suyunun sıcaklığını Haziran-Eylül aylarını kapsayan yaz döneminde 1 °C'den, diğer aylarda ise 2 °C den fazla arttıramaz. Ancak, deniz suyu sıcaklığının 28 °C'nin üzerinde olduğu durumlarda, soğutma amaçlı olarak kullanılan deniz suyunun deşarj sıcaklığına herhangi bir sınırlama getirilmeksizin alıcı ortam sıcaklığını 3 °C'den fazla arttırmayacak şekilde deşarjına izin verilebilir” maddesi gereği denizden soğutma amaçlı su kullanan enerji tesisler için sağlanmalıdır. Yaptığımız analiz sonuçlarına göre denizden soğutma amaçlı çekilen su, 0,5 ile 1,5 °C değişimle tekrar denize deşarj edilmektedir. Dolayısıyla, bu sonuçlara göre SKKY Tablo 23'de gereği değerleri sağlandığı görülmüştür.



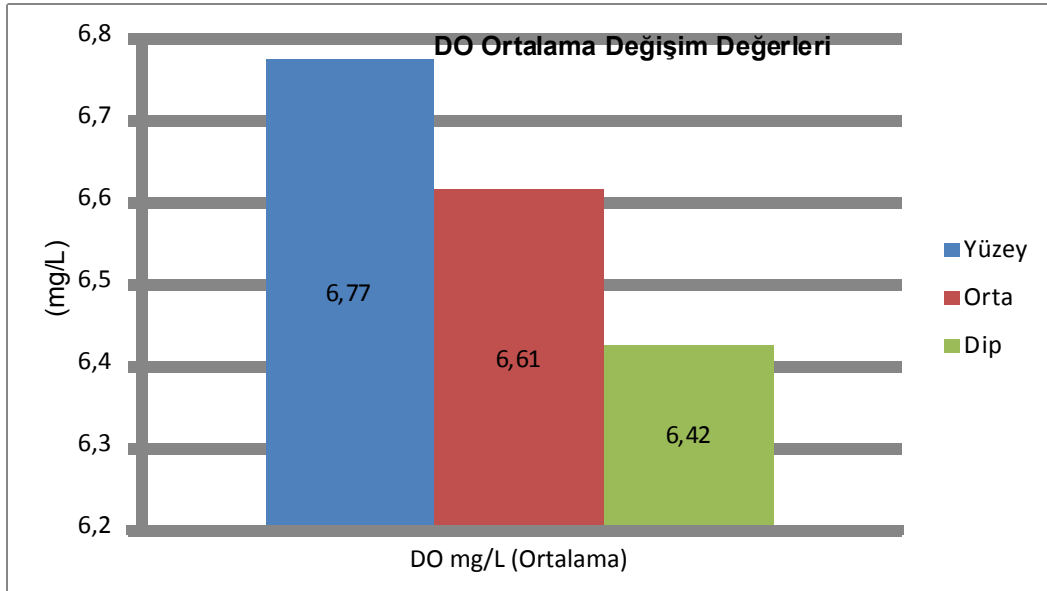
Şekil 5.1. Deniz suyu sıcaklığının mevsimsel değişimi (Giriş Suyu)



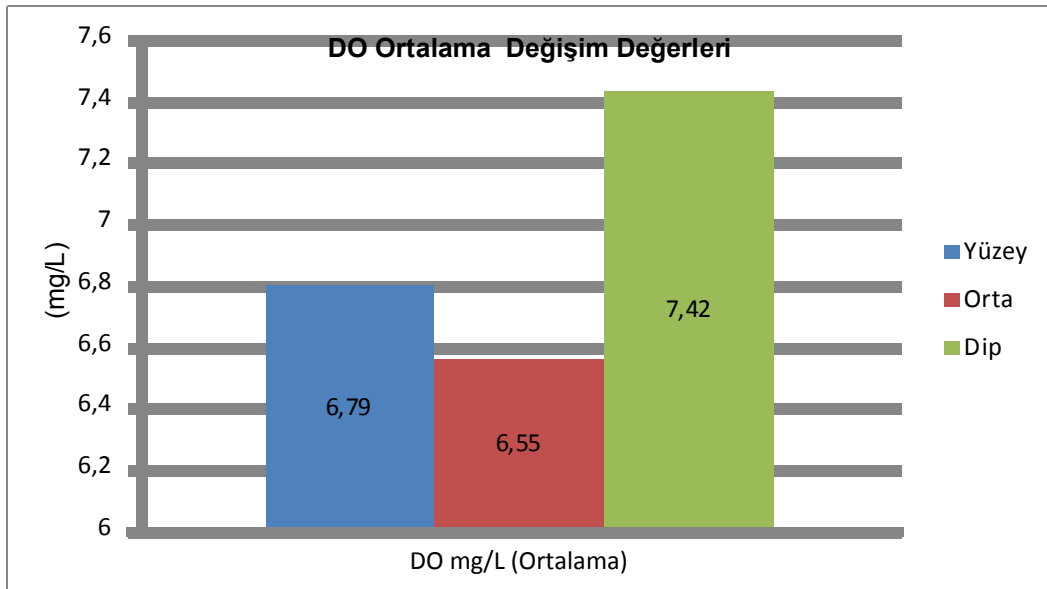
Şekil 5.2. Deniz suyu sıcaklığının mevsimsel değişimi(Çıkış Suyu)

5.1.2. ÇO değişimleri

Denizde su kalitesinin izlendiği 16 ay boyunca, yüzey, orta ve dip ÇO konsantrasyonu 6,42-7,42 mg/L arasında değişim göstermiştir (Şekil 5.3 ve Şekil 5.4). Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Tablo 4’de bulunan sınır değerler ile karşılaştırıldığında ilgili tabloda belirtildiği gibi doygunluğun % 90’ından fazla olmaması gerekmektedir. Yapılan analiz sonuçları ile bu sınır değer sağlanmaktadır. Ölçüm sonuçları en yüksek değeri olan 7,42 mg/L baz alındığında dahi doygunluk en fazla % 85 olmaktadır. Soğutma suyu olarak kullanılmak üzere denizden alınıp, kullanıldıktan sonra tekrar denize deşarj edilen deniz suyunun ÇO parametresi bakımından deniz suyu kalitesini etkileyici bir değişikliğe uğramadığı anlaşılmaktadır.



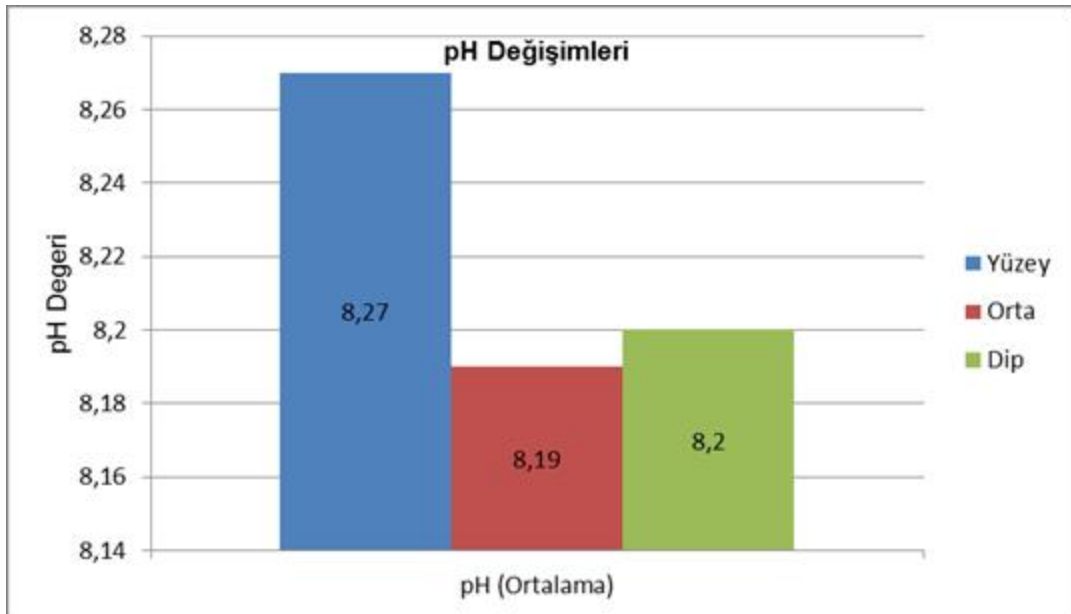
Şekil 5.3. Deniz suyu ÇO değerlerinin gözlem periyodundaki ortalama değişimi (Giriş Suyu).



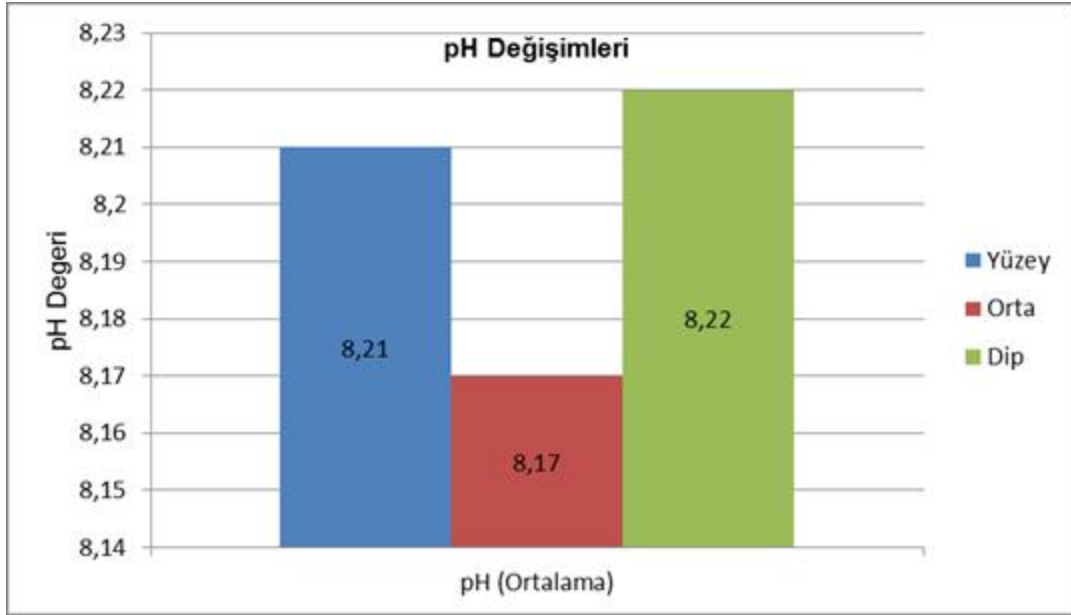
Şekil 5.4. Deniz suyu ÇO değerlerinin gözlem periyodundaki ortalama değişimi (Çıkış Suyu).

5.1.3. pH değışimleri

Denizde su kalitesinin izlendiği 16 ay boyunca, yüzey, orta ve dip pH konsantrasyonu 8,19-8,27 değeri arasında değışim göstermiştir (Şekil 5.5 ve Şekil 5.6). Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Tablo 4’de bulunan sınır değeri ile karşılaştırıldığında ilgili tabloda belirtildiği gibi 6-9 değeri arasında bulunmaktadır. Soğutma suyu olarak kullanılmak üzere denizden alınıp, kullanıldıktan sonra tekrar denize deşarj edilen deniz suyunun pH parametresi bakımından deniz suyu kalitesini etkileyici bir değışikliğe uğramadığı anlaşılmaktadır.



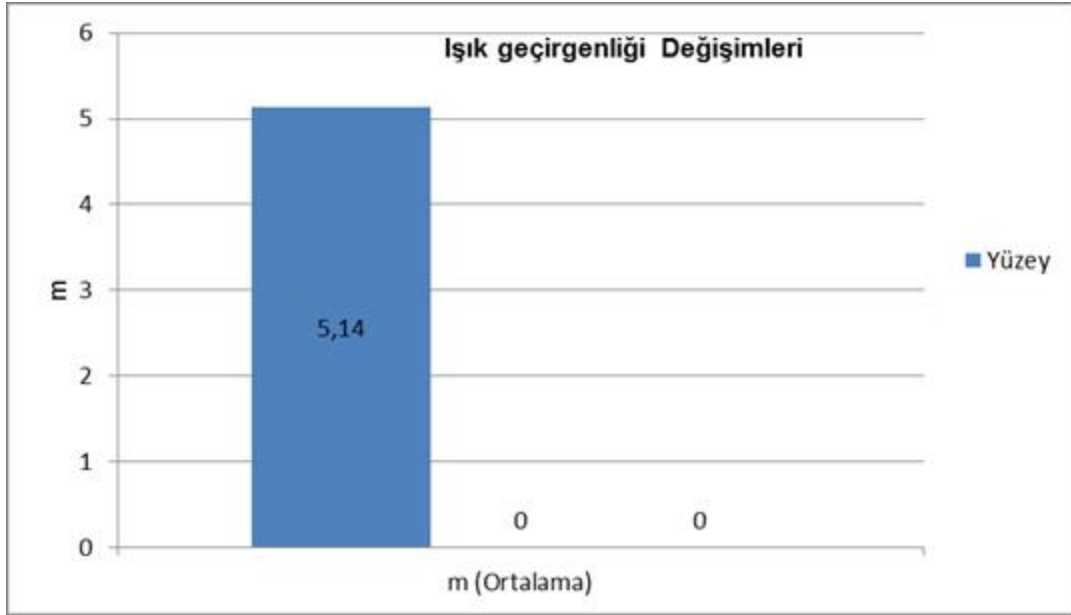
Şekil 5.5. Deniz suyu pH değeri lerinin gözlem periyodundaki ortalama değışimi
(Giriş Suyu)



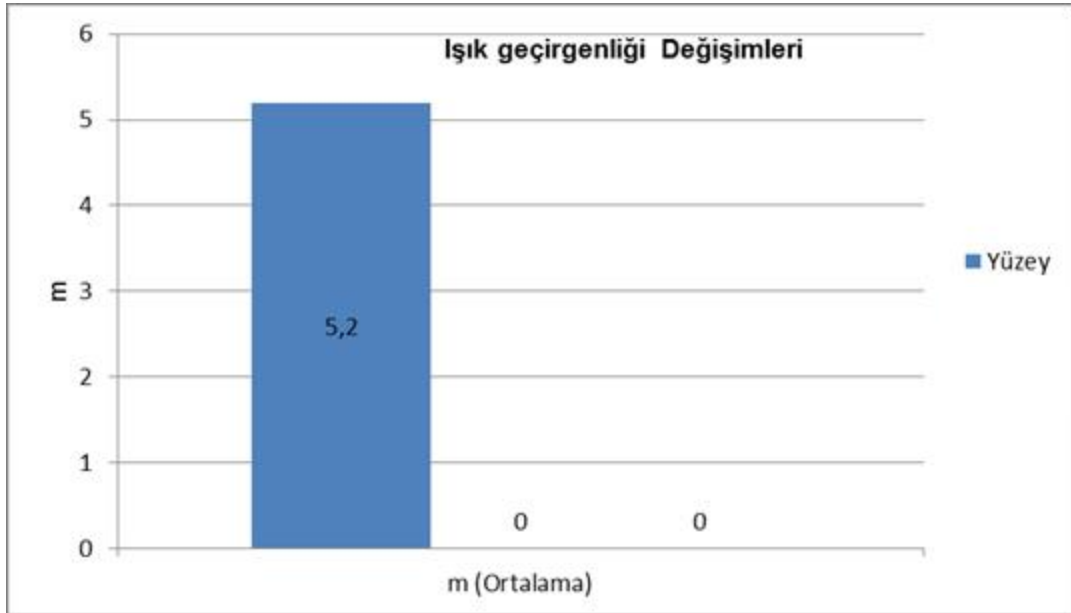
Şekil 5.6. Deniz suyu pH değerlerinin gözlem periyodundaki ortalama değişimi
(Çıkış Suyu)

5.1.4. Işık geçirgenliği değişimleri

Denizde su kalitesinin izlendiği 16 ay boyunca, yüzey, orta ve dip ışık geçirgenliği 5,14-5,20 arasında değişim göstermiştir (Şekil 5.7 ve Şekil 5.8). Denizin o bölgedeki su derinliği ortalama 20 m'yi aşmamaktadır. Işık geçirgenliği ise, arazide anlık olarak yapılan analizlerde maksimum 5,20 m olarak belirlenmiştir. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Tablo 4'de belirtilen "Doğal su içi yaşam için gerekli fotosentez aktivitesinin, ölçüm derinliğindeki normal değerini % 90'dan fazla etkilemeyecek kadar olmalıdır. Yüzer halde yağ, katran vb. sıvılarla çöp vb. sıvılara çöp vb. katı maddeler bulunamaz." maddesi gereği sağlanmalıdır. Dolayısıyla, yapılan analiz sonuçlarına göre SKKY Tablo 4 gereği çalışma alanında için yasal mevzuat yerine getirilmektedir.



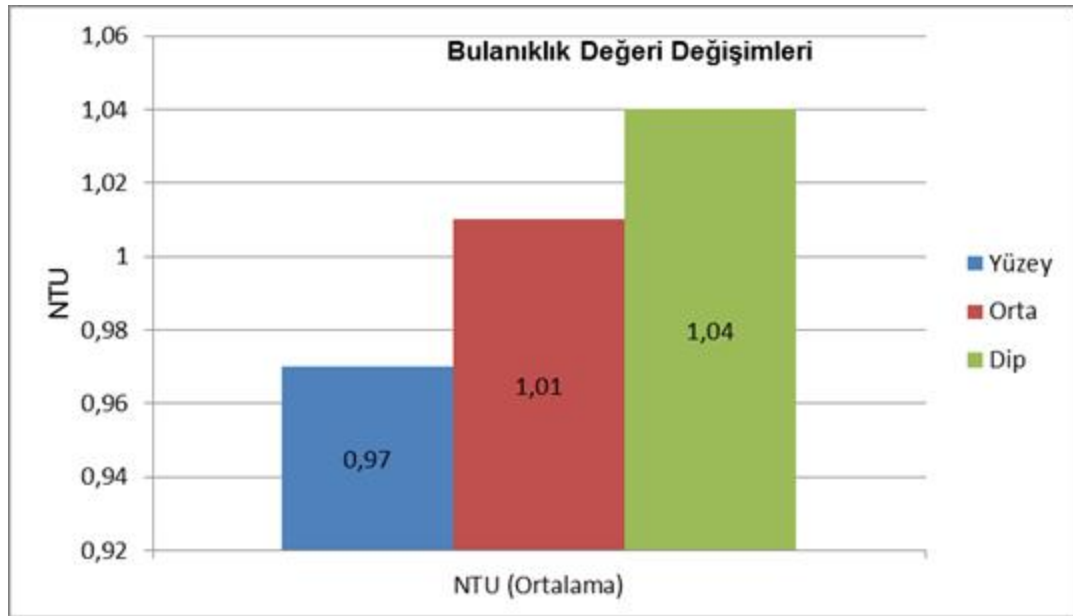
Şekil 5.7. Deniz suyu seki diski değerlerinin gözlem periyodundaki ortalama değişimi (Giriş Suyu).



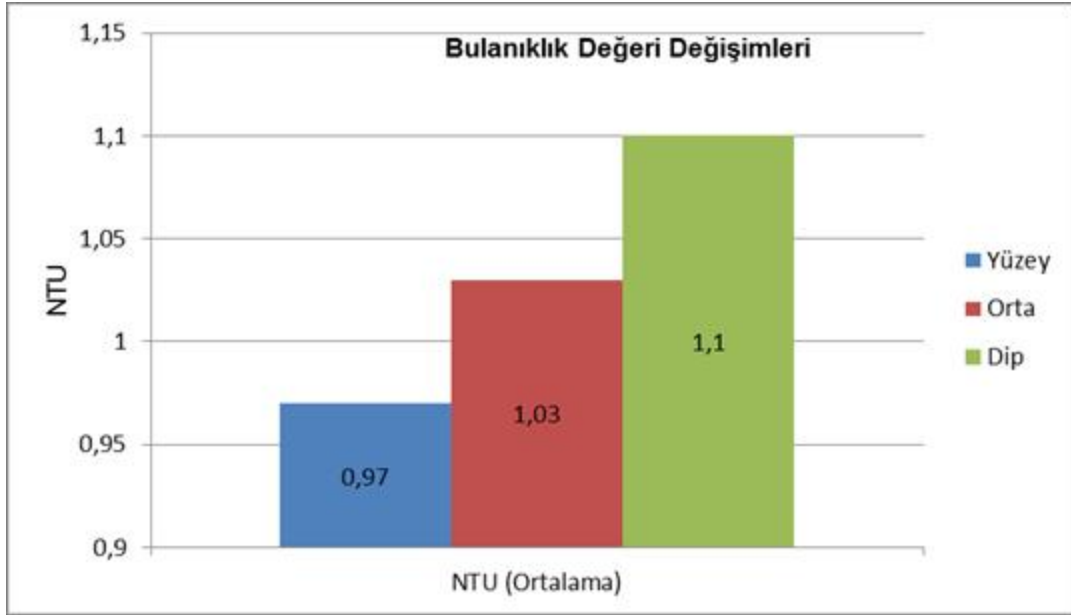
Şekil 5.8. Deniz suyu seki diski değerlerinin gözlem periyodundaki ortalama değişimi (Çıkış Suyu).

5.1.5. Bulanıklık değişimleri

Denizde su kalitesinin izlendiği 16 ay boyunca, yüzey, orta ve dip bulanıklık değeri 0,97-1,10 NTU arasında değişim göstermiştir (Şekil 5.9 ve Şekil 5.10). Bulanıklık değeri gözlem periyodunda maksimum 1,20 NTU olarak ölçülmüştür. Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Tablo 4’de belirtilen “Doğal suiçi yaşam için gerekli fotosentez aktivitesinin, ölçüm derinliğindeki normal değerini % 90’dan fazla etkilemeyecek kadar olmalıdır. Yüzer halde yağ, katran vb. sıvılarla çöp vb. sıvılara çöp vb. katı maddeler bulunamaz.” maddesi gereği sağlanmalıdır. Dolayısıyla, yaptığımız analiz sonuçlarına göre SKKY Tablo 4 gereği çalışma alanımız için bulanıklık değeri bakımından yasal mevzuat yerine getirilmektedir.



Şekil 5.9. Deniz suyu bulanıklık değerlerinin gözlem periyodundaki ortalama değişimi (Giriş Suyu).



Şekil 5.10. Deniz suyu bulanıklık değerlerinin gözlem periyodundaki ortalama değişimi (Çıkış Suyu).

5.2. Laboratuvar Ölçüm Sonuçları

Araştırma kapsamında 2010–2012 yılları arasında yaklaşık 16 aylık periyotta Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'ne (Tablo 4) göre soğutma sisteminde soğutma amaçlı kullanılmak üzere denizden alınan suyun çekildiği noktadan (giriş suyu) ve soğutma sisteminde kullanıldıktan sonra tekrar denize deşarj edildiği noktadan (çıkış suyu) alınan numunelerin laboratuvar ortamında gerçekleştirilen analiz sonuçlarının ortalama değerleri Çizelge 5.3 ve Çizelge 5.4'de verilmiştir.

Çizelge 5.3. Soğutma Sistemi Giriş Suyu'ndan Alınan Numune Laboratuvar Analizi
Ortalama Değerleri

<u>Parametre</u> Parameter	Yüzey	Orta (12,5 m)	Dip (17,5 m)	SKKY Sınır Değerler (Tablo 4)
AKM (mg/L)	< 10	< 10	< 10	30
Toplam Krom (mg/L)	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,1
Amonyak (mg/L)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,02
Fekal Koliform (KOB/100 ml)	Üremedi	Üremedi	Üremedi	-
Toplam Koliform (KOB/100 ml)	Üremedi	Üremedi	Üremedi	-
Fenoller (mg/L)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,001
Arsenik (µg/L)	< 1,0	< 1,0	< 1,0	0,1
Bakır (mg/L)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,01
Civa (mg/L)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,004
Çinko (mg/L)	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,1
Kadmiyum (mg/L)	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,01
Kurşun (mg/L)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,1
Nikel (mg/L)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,1
Mineral Yağ ve Türevleri (mg/L)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,003
Renk (Pt-Co)	< 5,0	< 5,0	< 5,0	Doğal
Yüzer Made	yok	yok	yok	-

Çizelge 5.4. Soğutma Sistemi Deşarj Suyu'ndan Alınan Numune Laboratuvar Analizi Ortalama Değerleri

<u>Parametre</u> Parameter	Yüzey	Orta (12,5 m)	Dip (17,5 m)	SKKY
				Sınır Değerler (Tablo 4)
AKM (mg/L)	< 10	< 10	< 10	30
Toplam Krom (mg/L)	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,1
Amonyak (mg/L)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,02
Fekal Koliform (KOB/100 ml)	Üremedi	Üremedi	Üremedi	-
Toplam Koliform (KOB/100 ml)	Üremedi	Üremedi	Üremedi	-
Fenoller (mg/L)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,001
Arsenik (µg/L)	< 1,0	< 1,0	< 1,0	0,1
Bakır (mg/L)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,01
Civa (mg/L)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,004
Çinko (mg/L)	< 0,005	< 0,005	< 0,005	0,1
Kadmiyum (mg/L)	< 0,003	< 0,003	< 0,003	0,01
Kurşun (mg/L)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,1
Nikel (mg/L)	< 0,001	< 0,001	< 0,001	0,1
Mineral Yağ ve Türevleri (mg/L)	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,003
Renk (Pt-Co)	< 5,0	< 5,0	< 5,0	Doğal
Yüzer Made	yok	yok	yok	yok

Çizelge 5.3 ve Çizelge 5.4'de görüldüğü üzere, laboratuvar ortamında gerçekleştirilen analiz sonuçlarına göre AKM, toplam krom, amonyak, fekal koliform, toplam

koliform, fenoller, arsenik, bakır, civa, çinko, kadmiyum, kurşun, nikel, mineral yağ ve türevleri, renk ve yüzer madde parametrelerinin, soğutma sistemi giriş suyundan alınan numune sonuçları ile soğutma sistemi çıkış suyundan alınan numune sonuçları ile aynı olduğu anlaşılmaktadır. Dolayısıyla, soğutma sisteminde kullanılan suyun denize deşarjı sonucu AKM, toplam krom, amonyak, fekal koliform, toplam koliform, fenoller, arsenik, bakır, civa, çinko, kadmiyum, kurşun, nikel, mineral yağ ve türevleri, renk ve yüzer madde parametreleri bakımından deniz suyu kalitesinde Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Tablo 4’de verilen sınır değerler dahilinde değişikliğe sebep olmadığı anlaşılmaktadır. Söz konusu parametrelerde önemsenecek bir artış ya da düşüş gözlenmemiştir.

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Zonguldak İlinde denizde yapılan 16 aylık periyotta dönemsel (ilkbahar, yaz, sonbahar, kış) olarak yapılan bu çalışma kapsamında bir termik santralin soğutma sisteminde kullanılan deniz suyunun tekrar denize deşarj edilmesi sonucu, deniz suyunun kalitesinde değişiklikler olup olmadığı tespit edilmeye çalışılmıştır. Arazi ve laboratuvar çalışmaları şeklinde sürdürülen bu araştırmanın sonuçları genel olarak aşağıda maddeler halinde özetlenmeye çalışılmıştır:

1. Denizde giriş suyu ve deşarj suyunun su kalitesinin izlendiği 16 ay boyunca, yüzey, orta ve dip su sıcaklığı 7,8-19,8 °C arasında değişim göstermiştir.
2. Denizde yapılan çalışma kapsamında deniz suyunun pH, çözünmüş oksijen, ışık geçirgenliği, bulanıklık, AKM, toplam krom, amonyak, fekal koliform, toplam koliform, fenoller, arsenik, bakır, civa, çinko, kadmiyum, kurşun, nikel, mineral yağ ve türevleri, renk ve yüzer madde içeriklerinde önemsenecek bir değişim olmadığı gözlenmiştir.
3. Deniz suyu hafif bazik değerlerde bir pH değerine sahiptir. Gözlem periyodu boyunca suyun pH değeri 8,04-8,37 aralığında değişim göstermiştir. Mevsimsel olarak pH değerinin büyük bir değişim göstermemesi denizin biyokimyasal açıdan düşük bir kalitede olduğunu göstermektedir.
4. Genel olarak soğutma sistemi suyu alım noktası ve deşarj noktası arasında mevsimsel dönemlerde SKKY Tablo 4’de belirtilen parametreler için verilen sınır değerler dahilinde bir dağılım gözlenmemiştir. Bu parametreler içerisinde en büyük farklılıklar su sıcaklıkları arasında gerçekleşmiştir. Bu sıcaklık farklılıkları SKKY’e göre sınır değerler içerisinde kalmaktadır.

5. Termik Santrallerin denizden soğutma suyu kullanımının deniz suyu parametrelerine etkisinin olup olmadığının incelendiği bu çalışmada, deniz suyundan soğutma suyu kullanımının deniz suyunda en belirgin olarak “sıcaklık” parametresi üzerinde değişikliğe sebep olduğu anlaşılmaktadır. Soğutma suyu deşarjının bu çalışma için deniz suyunun mevcut sıcaklığını yaklaşık 0,5-1,5 derece arasında arttırdığı söylenebilmektedir.
6. Çalışma sonuçlarımızda 16 aylık süreçte Nikel, Kurşun, Kadmiyum, Bakır ve Çinko değerleri Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği sınır değerleri altında kalmıştır.

Bu çalışma sonuçları, Termik Santrallerde denizden soğutma amaçlı su kullanılması durumunda ilk defa deniz suyu kalitesindeki değişikliklerin ortaya konulması bakımından oldukça önem taşımaktadır.

Karadeniz deniz suyu kalitesi belirlenmesi ile ilgili çalışmaların sınırlı sayıda yapıldığı gözlenmiştir. Bu konudaki çalışmaların sayısı artırılmalı ve deniz suyu kalitesi izlenmesi çalışmaları desteklenmelidir.

Termik Santrallerde kullanılan soğutma suyu sistemlerinin en çok su sıcaklığında değişikliklere sebep olduğu düşünüldüğünde; söz konusu sistemlerin dizaynında en önemli unsurun hidrotermal modelleme olduğu anlaşılmaktadır. Bir termik santral projelendirilirken denizden alınacak ve tekrar denize deşarj edilecek suyun, denizde hangi noktadan alınacağı ve hangi noktaya deşarj edileceği hidrotermal modelleme çalışmaları yardımı ile belirlenmelidir.

KAYNAKLAR

Ana, S., "Enerji Politikalarında Kömürün Yeri", *İTÜ Maden Fakültesi*, İstanbul, 1-20 (2003).

Atlas, L. ve Büyükgüngör H., "Heavy Metal Pollution in the Black Sea Shore and Offshore", *Enviromental Geology*, 1-25 (2006).

Balas, L. "ZETES Hidrotermal Modelleme Raporu", 1-23 (2009).

Choban, I. Winkler, "Ladyzhyn Power Plant Waste Waters", 1-15 (2010).

oban, Y. ve arkadaşları, *Karadeniz Işıklı Tabakasında Azot Döngüsü*, 2-15 (2004).

ınar Mühendislik Müşavirlik A.Ş., *ZETES-I Nihai ED Raporu*, 1-350 (2009)

ınar Mühendislik Müşavirlik A.Ş., *Zonguldak Eren Limanı Nihai ED Raporu*, 1-200 (2009)

DE Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü, "Eren Enerji Çatalağzı-Muslu İskele ve Rıhtımı Projesi Batimetri, Mühendislik Sismiğ ve Fiziksel Oşinografi Raporu", 1-70, İzmir (2004).

Flynn D., *Thermal Power Plant Simulation and Control*, 1-15 (2003).

Geosan Doğal Kaynaklar ve Hammaddeler İnş. San. Tic. A.Ş., *Liman Sahası Geoteknik Araştırması*, 3-70 (2006).

Geosan Doğal Kaynaklar ve Hammaddeler İnş. San. Tic. A.Ş., *Rıhtım ve Mendirek Geoteknik Araştırması*, 1-80 (2006).

Gneroglu A., *Karadeniz Oşinografisinin Yerinde lm ve Uzaktan Algılama Teknikleri ile Araştırmaları*, 1: 1-10 (2007).

Haywood RW., *Analysis Of Engineering Cycles, Power, Refrigerating And Gas Liquefaction Plant*, 1-15 (1986).

İstanbul ve Marmara, Ege, Akdeniz, Karadeniz Bölgeleri Deniz Ticaret Odası, Deniz Sektörü Raporu, İstanbul 1-25 (2004).

İnternet: Türkiye İstatistik Kurumu, "Su ve Atıksu Verileri", <http://www.tuik.gov.tr> (2011).

İnternet: Türkiye Orman ve Su İşleri Bakanlığı, "Sulakalanlar", <http://www.cevresehircilik.gov.tr/mevzuat/> (2012).

İnternet: T.C. Zonguldak Valiliği,
www.zonguldak.gov.tr (2012).

İTÜ İnşaat Fakültesi Hidrolik Laboratuvarı, Eren Enerji Üretim ve Dağıtım A.Ş., “Sirkülasyon Soğutma Suyu Deşarjı Sıcaklık Dağılımı Numerik Modeli”, İstanbul, 1-30 (2005).

Küçüksezgin ve Pazi İ., **Batı Karadeniz’in Kimyasal Özelliklerinin Düşey Yapısı**, 3-20 (2002).

Lee, J.B., Park, K.K., Eum, H.M., Lee, C.W., **Desalination, Desalination Of A Thermal Power Plant Wastewater By Membrane Capacitive Deionization**, 1-25 (2006).

Liu CH., Lin SJ., Lewis C., “Evaluation of thermal powerplant operational performance in Taiwan by data envelopment analysis”, **Energy Policy**, 3-20 (2010).

Matsumoto H., **Method of Starting Power Plant**, US Patent, 1 (1989).

Mülga Çevre ve Orman Bakanlığı, **Atıksu Arıtımının Esasları**, 1-40 (2005).

Sengupta, S., Datta, A., “Exergy Analysis Of A Coal-Based 210 Mw Thermal Power Plant”, 1-32 (2007).

Teichert, H., Fernholz, T., Ebert, V. **Applied Optics**, “Simultaneous In Situ Measurement of CO, H₂O, and Gas Temperatures in a Full-Sized Coal-Fired Power Plant by Near-Infrared Diode Lasers”, 1-15 (2003).

Topçuoğlu ve arkadaşları, **Karadeniz’in Türk Kıyılarındaki Alglerde Ağır Metal Konsantrasyonları**, 1-17 (2000).

Ünver, Ü., Kılıç, M., “Çevre Sıcaklığının Bir Kombine Çevrim Santralinin Performansına Etkisi”, **Uludağ Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi**, Bursa, 10:2-5 (2005).

Zeydan, Ö., Yıldırım Y., “Zonguldak Bölgesinde Çevre Sorunlarının Nedenleri ve Çözüm Önerileri”, 1-20 (2009).

Zonguldak Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, “Zonguldak İli Çevre Durum Raporu, Zonguldak”, 1-320 (2010).

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Soyadı, Adı : ÖZMEN, Egemen
Uyruğu : T.C.
Doğum Tarihi ve Yeri : 23.04.1984, Ankara
Medeni Hali : Evli
e-mail : egemenozmen@hotmail.com

Eğitim

<i>Derece</i>	<i>Eğitim Birimi</i>	<i>Mezuniyet tarihi</i>
Lisans	Uludağ Üniversitesi / Çevre Müh.	2009
Lise	Mustafa Kemal Lisesi Süper Lisesi	2002

İş Deneyimi

<i>Yıl</i>	<i>Yer</i>	<i>Görev</i>
2010- 2012	Çınar Mühendislik Müş. A.Ş.	Çevre Mühendisi

Yabancı Dil

İngilizce

Hobiler

Boks, Basketbol, Sinema