

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**TERS OSMOZ KONSANTRE SULARININ DENİZE DEŞARJININ ÇEVRESEL
ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Mehmet Can AVŞAR

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAYIS 2018

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**TERS OSMOZ KONSANTRE SULARININ DENİZE DEŞARJININ ÇEVRESEL
ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Mehmet Can AVŞAR

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MAYIS 2018

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TERS OSMOZ KONSANTRE SULARININ DENİZE DEŞARJININ ÇEVRESEL
ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

**Mehmet Can AVŞAR
ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ**

Bu tez 06/09/2018 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / ~~Oyçokluğu~~ ile kabul edilmiştir.

Prof. Dr. Hasan MERDUN

Prof. Dr. Mehmet KİTİŞ

Doç. Dr. Aslı Seyhan ÇİĞGIN



ÖZET

TERS OSMOZ KONSANTRE SULARININ DENİZE DEŞARJININ ÇEVRESEL ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

Mehmet Can AVŞAR

Yüksek Lisans Tezi, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Hasan MERDUN

Mayıs 2018, 61 sayfa

Su arıtımı adsorpsiyon, katalitik prosesler, manyetik destekli prosesler, membran prosesleri gibi birçok farklı tekniği içermektedir. Membran prosesleri son yıllarda kompakt yapıları, ekonomik ve çevre dostu olmaları, yüksek su kalitesine sahip olmaları ve başka bir kimyasal bileşene ihtiyaç duymamaları gibi avantajları nedeniyle oldukça popüler bir hale gelmiştir. Deniz suyunda membran prosesleri ile tuz giderimi gittikçe yaygınlaşan bir yöntemdir. Membran prosesleri arasında ters osmoz yöntemi ile arıtım oldukça yaygın ve etkili bir yöntemdir. Deniz suyunda tuz giderimi, gittikçe büyüyen - temiz su kaynağı sıkıntısı yaşayan ve su şebeke hattı olmayan - sahil şehirlerinin su kıtlığı sorununa bir çözümdür. Ancak, tuzluluk giderim tesislerinde oluşan tuzlu suyun yakındaki deniz ortamına deşarjı sonucu deniz organizmalarının üremesi ve gelişmesi olumsuz etkilenmekte, bu durum bölgedeki tüm deniz yaşamını önemli derecede etkilemektedir. Bundan dolayıdır ki, tuzluluk giderim tesislerinin ve deniz ortamına deşarjlarının çevresel etkilerini araştırma çalışmaları tüm Dünya’da artmaktadır.

Bu tez çalışmasında Bağla ve Gümbet Koyları, Bodrum-Muğla/Türkiye’de yer alan iki farklı turizm tesisin TO konsantre deşarjının deniz ortamına etkileri araştırılmıştır. Yapılan analiz sonuçlarına göre; difüzör üstünde derinlik ortalamalı tuzluluk artışı Bağla Koyunda ‰ 0,2 ve tuzluluk artışı Gümbet Koyunda ise ‰ 0,2 olarak bulunmuştur. Karışım bölgesinde ise tuzluluk artışı Bağla Koyunda ‰ 0,14 ve Gümbet Koyunda ‰ 0,2 olarak bulunmuştur. Deşarj edilen TO konsantresinin tuzluluğu/iletkenliği doğal deniz suyundan ‰ 10-11 kadar daha fazla olduğu görülmektedir. TO konsantresinin analizlerinde, bulanıklık, AKM, pH, sülfat, klorür, TOK, TN değerlerinin normal aralıklarda olduğu tespit edilmiştir. Konsantrasyonların doğal deniz suyu değerlerine çok yakın olduğu, TO besleme suyunun konsantrasyonlarından ‰ 10-15 fazla olduğu görülmektedir. Sıcaklık artışının 10 m yatay mesafede 2 °C’den daha az aralıklar içerisinde olduğu görülmüştür. Difüzör üstü bölgede fekal koliform tespit edilmemiştir. Derinlik bazlı pH ve ÇO doygunluk profilleri analizlerinde deşarjdan dolayı herhangi bir önemli değişim tespit edilmemiştir.

ANAHTAR KELİMELEER: Çevresel Etki, Deniz Suyu, Deşarj, Konsantre Su, Salamura, Su Kalitesi, Ters Osmoz, Tuzluluk Giderimi.

JÜRİ: Prof. Dr. Hasan MERDUN

Prof. Dr. Mehmet KİTİŞ

Doç. Dr. Aslı Seyhan ÇİĞGIN

ABSTRACT

RESEARCH OF THE ENVIRONMENTAL IMPACTS OF BRINE DISCHARGES FROM A REVERSE OSMOSIS DESALINATION PLANT

Mehmet Can AVŞAR

MSc Thesis in Environmental Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Hasan MERDUN

May 2018, 61 pages

The treatment of water includes many different techniques like adsorption, catalytic processes, magnetically assisted processes, membrane processes. Membrane processes are getting highly popular in recent years with their advantages like compact structure, being eco-friendly and economic, high water quality, no need another chemicals components. Purification by reverse osmosis method is quite popular and common. Desalination of seawater is a common application in the coastal areas which supply their water demands. Desalination of sea water is a solution for the problem or water shortage of expanding coastal cities which suffer from a lack of clean water supply and no public water network. However, the reproduction and growing of sea organisms are inversely affected due to the discharge of brine in the desalination plants to sea, this case affects sea life significantly in the region. Therefore, researches on the effects of desalination plants and discharges to sea increase in all over the world.

In this study, the environmental effects of the concentrated discharge of reverse osmosis on sea water in two different tourism facilities, Bağla and Gümbet bays, in Bodrum-Muğla-Turkey. According to the analysis results; the depth average salinity increase on the diffuser was found as 0,2 and 0,2 ‰ at Bağla and Gümbet bays, respectively. The highest salinity increase at the mixing zone was found as 0,14 and 0,2 ‰ at Bağla and Gümbet bays, respectively. The salinity of the discharged reverse osmosis concentrate was 10-11 % higher than the natural sea water. In the analysis of reverse osmosis concentration, turbidity, SSM, pH, sulphate, chloride, TOC, TN values were found to be within the normal range. The reverse osmosis concentrations were very close to the natural sea water concentrations and approximately 10-15 % higher than the natural sea water concentrations. The temperature increase in the 10 m horizontal distance was less than 2 °C. Fecal coliform was not detected in the region above the diffuser. No significant change has been detected in the depth-based pH and dissolved oxygen profiles due to the discharge.

KEYWORDS: Brine, Concentrated, Desalination, Discharge, Environmental Effect, Reverse Osmosis, Seawater, Water Quality.

COMMITTEE: Prof. Dr. Hasan MERDUN
Prof. Dr. Mehmet KİTİŞ
Assoc. Prof. Dr. Aslı Seyhan ÇİĞİN

ÖNSÖZ

Tez çalışmamın her aşamasında katkısı olan Akdeniz Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü öğretim üyesi ve danışman hocam Prof. Dr. Hasan MERDUN'a, sahada yer alan çalışmalarda ve deniz suyu analiz sonuçlarının temini ve yorumlanmasında Süleyman Demirel Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü öğretim üyeleri Prof. Dr. Mehmet KİTİŞ ve Prof. Dr. Nevzat Özgü YİĞİT'e, deniz suyu analiz sonuçlarının temininde Selçuk Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü öğretim üyeleri Prof. Dr. Bilgehan NAS ve Yrd. Doç. Dr. Selim DOĞAN'a, kaynak taramalarında katkıları bulunan Çevre Mühendisi M. Zafer ÖZÇELİK'e, tez yazım sürecinde katkıları bulunan Çevre Mühendisi Cansın ERDOĞAN' a teşekkürlerimi sunarım.



İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ	iii
İÇİNDEKİLER	iv
AKADEMİK BEYAN	v
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI	4
3. MATERYAL ve METOT... ..	15
3.1. Tesisler Hakkında Genel Bilgiler.....	17
3.2. TO Prosesleri.....	19
3.2.1. TT Bodrum TO prosesi	19
3.2.2. WOW Bodrum TO prosesi.....	21
3.2.3. TO proseslerinde anti-skalan kullanımı	22
3.3. Saha Çalışmaları.....	24
3.3.1. Su kalite analizleri ve OTT Hydrolab DS5 cihazı	25
3.3.2. TO besleme suyu ve konsantre suyu numune alımı ve analizler	27
3.3.3. Deniz suyu numune alımı ve analizler	28
3.3.4. Analitik ölçümler	30
4. BULGULAR ve TARTIŞMA	31
4.1. TO Besleme Suyu Emiş Ağzı ve Hattı.....	31
4.1.1. TT Bodrum TO besleme suyu emiş ağzı ve hattı.....	31
4.1.2. WOW Bodrum TO besleme suyu emiş ağzı ve hattı	32
4.2. TO Konsantre Suyu Denize Deşarj Hattı ve Difüzör.....	32
4.2.1. TT Bodrum TO konsantre suyu denize deşarj hattı ve difüzör	32
4.2.2. WOW Bodrum TO konsantre suyu denize deşarj hattı ve difüzör	33
4.3. TO Besleme ve Konsantre Suyu Analiz Bulguları	34
4.3.1. TT Bodrum TO besleme ve konsantre suyu analiz bulguları	34
4.3.2. WOW Bodrum TO besleme ve konsantre suyu analiz bulguları.....	36
4.4. Deniz Suyu Analiz Bulguları	37
4.4.1. TT Bodrum deniz suyu analiz bulguları.....	37
4.4.2. WOW Bodrum deniz suyu analiz bulguları.....	54
4.5. TO Konsantre Deşarjları Hakkında Yapılan Bilimsel Çalışmalar	57
5. SONUÇLAR	60
6. KAYNAKLAR	63
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum “Ters Osmoz Konsantre Sularının Denize Deşarjının Çevresel Etkilerinin Araştırılması” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

01./06./2018

M. Can AVŞAR



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler

%	: Yüzde
‰	: Binde
>	: Büyüktür
<	: Küçüktür
m	: Metre
μS	: Mikro Siemens
°C	: Santigrat Derece
m ³	: Metreküp
mg	: Miligram
cm	: Santimetre
cm ³	: Santimetreküp
l	: Litre
psu	: Practical Salinity Unit

Kısaltmalar

AKM	: Askıda Katı Madde
DO/ÇO	: Çözülmüş Oksijen
BOD/BOİ	: Biyolojik Oksijen İhtiyacı
COD/KOİ	: Kimyasal Oksijen İhtiyacı
ORP	: Oksidasyon Redüksiyon Potansiyeli
TÇK	: Toplam Çözülmüş Katı Madde
TN	: Toplam Azot
TO/RO	: Ters Osmoz / Reverse Osmosis
SWRO	: Deniz Suyundan Ters Osmoz İle Tuz Giderme
TÜİK	: Türkiye İstatistik Kurumu
TOK	: Toplam Organik Karbon
UV	: Ultraviyole
MED	: Multi Effect Distillation
MSF	: Multi Stage Flash
NF	: Nanofiltrasyon
SWCC	: Saline Water Conversion Cooperation
WHO	: Dünya Sağlık Örgütü
EC	: Elektriksel İletkenlik
ÖN	: Ölçüm Noktası
YM	: Yatay Mesafe
PAA	: Poliakrilik Asit
PMA	: Polimaleik Asit
PSU	: Denoting Practical Salinity Unit / Pratik Tuzluluk Birimi
AÜ	: Akdeniz Üniversitesi
PAÜ	: Pamukkale Üniversitesi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1.a. TT Bodrum uydu görünümü	17
Şekil 3.1.b. WOW Bodrum uydu görünümü	17
Şekil 3.2.a. TT Bodrum yerleşim planı.....	18
Şekil 3.2.b. WOW Bodrum yerleşim planı.....	18
Şekil 3.3.a. TT Bodrum genel görünümü	18
Şekil 3.3.b. WOW Bodrum genel görünümü	18
Şekil 3.4.a. TT Bodrum kazan dairesi yerleşim krokisi	19
Şekil 3.4.b. WOW Bodrum kazan dairesi ve TO prosesi işaretli vaziyet planı.....	19
Şekil 3.5.a. TT Bodrum TO prosenin genel görünümü	19
Şekil 3.5.b. WOW Bodrum 1. kademe TO prosenin genel görünümü	19
Şekil 3.5.c. WOW Bodrum 2. kademe TO prosenin genel görünümü.....	19
Şekil 3.6.a. TT Bodrum TO prosesi akım şeması.....	20
Şekil 3.6.b. WOW Bodrum TO prosesi akım şeması.....	20
Şekil 3.7.a. TT Bodrum kum filtreleri	20
Şekil 3.7.b. WOW Bodrum 1. ve 2. kademe kum filtreleri	20
Şekil 3.8.a. TT Bodrum membran kılıfları	21
Şekil 3.8b. TT Bodrum kontrol paneli.....	21
Şekil 3.9.a. WOW Bodrum TO prosesi 3 adet seri bağlı membran kılıfı.....	22
Şekil 3.9.b. WOW Bodrum TO prosesi 4 adet seri bağlı membran kılıfı	22
Şekil 3.9.c. WOW Bodrum TO prosesi kontrol paneli	22
Şekil 3.10. TT Bodrum TO prosesi ile ilgili teknik görüşmeden bir görünüm.....	25
Şekil 3.11.a. TT Bodrum TO prosesi kontrol panelinden bir görünüm.....	25
Şekil 3.11.b. WOW Bodrum TO prosesi kontrol panelinden bir görünüm.....	25

Şekil 3.12.a. Hydrolab Sonda DS5 su kalitesi ölçüm cihazı	26
Şekil 3.12.b. Hydrolab Sonda DS5 su kalitesi ölçüm cihazı proplarının görünümü	26
Şekil 3.13. Hydras3LT programının on-line ölçümlerdeki bilgisayar görünümü	26
Şekil 3.14.a. TT Bodrum TO konsantre suyu çıkışı numune alınması görünümü	27
Şekil 3.14.b. Garmin marka GPS cihazı.	27
Şekil 3.15. TT Bodrum TO konsantre suyu on-line analizleri görünümü	27
Şekil 3.16.a. TT Bodrum deniz içi su kalitesi ölçümleri başlangıcı görünümü.....	30
Şekil 3.16.b. TT Bodrum deniz içi su kalitesi ölçümleri görünümü.....	30
Şekil 4.1.a. TT Bodrum emiş ağzı ve deniz tabanı görünümü	31
Şekil 4.1.b. TT Bodrum emiş hattı ve deniz tabanı görünümü.....	31
Şekil 4.2.a. WOW Bodrum emiş ağzı görünümü	32
Şekil 4.2.b. WOW Bodrum emiş hattı görünümü	32
Şekil 4.3.a. TT Bodrum deşarj hattı ve deniz tabanı görünümü.....	33
Şekil 4.3.b. TT Bodrum açık boru şeklinde deşarj ve deniz tabanı görünümü.....	33
Şekil 4.4.a. WOW Bodrum TO deşarj hattı ve deniz tabanı görünümü	33
Şekil 4.4.b. WOW Bodrum TO deşarj noktası (difüzör ucu) görünümü.....	33
Şekil 4.5. TT Bodrum ölçüm noktaları (ÖN) uydu görünümü	37
Şekil 4.6. TT Bodrum derinlik-EC ilişkisi, ÖN 8-YM 666m	40
Şekil 4.7. TT Bodrum derinlik-tuzluluk ilişkisi, ÖN 8-YM 666m	40
Şekil 4.8. TT Bodrum derinlik-sıcaklık ilişkisi, ÖN 8-YM 666m.....	41
Şekil 4.9. TT Bodrum derinlik-pH ilişkisi, ÖN 8-YM 666m.	41
Şekil 4.10. TT Bodrum derinlik-ÇO ilişkisi, ÖN 8-YM 666m.....	41
Şekil 4.11. TT Bodrum derinlik-EC ilişkisi, ÖN 1-YM 0m	42
Şekil 4.12. TT Bodrum derinlik-tuzluluk ilişkisi, ÖN 1-YM 0m.	42

Şekil 4.13.	TT Bodrum derinlik-sıcaklık ilişkisi, ÖN 1-YM 0m.....	42
Şekil 4.14.	TT Bodrum derinlik-pH ilişkisi, ÖN 1-YM 0m	43
Şekil 4.15.	TT Bodrum derinlik-ÇO ilişkisi, ÖN 1-YM 0m.....	43
Şekil 4.16.	TT Bodrum derinlik-EC ilişkisi, ÖN 2-YM 14m	43
Şekil 4.17.	TT Bodrum derinlik-tuzluluk ilişkisi, ÖN 2-YM 14m	44
Şekil 4.18.	TT Bodrum derinlik-sıcaklık ilişkisi, ÖN 2-YM 14m.....	44
Şekil 4.19.	TT Bodrum derinlik-pH ilişkisi, ÖN 2-YM 14m	44
Şekil 4.20.	TT Bodrum derinlik-ÇO ilişkisi, ÖN 2-YM 14m.....	45
Şekil 4.21.	TT Bodrum derinlik-EC ilişkisi, ÖN 3-YM 16m	45
Şekil 4.22.	TT Bodrum derinlik-tuzluluk ilişkisi, ÖN 3-YM 16m	45
Şekil 4.23.	TT Bodrum derinlik-sıcaklık ilişkisi, ÖN 3-YM 16m.....	46
Şekil 4.24.	TT Bodrum derinlik-pH ilişkisi, ÖN 3-YM 16m	46
Şekil 4.25.	TT Bodrum derinlik-ÇO ilişkisi, ÖN 3-YM 16m.....	46
Şekil 4.26.	TT Bodrum derinlik-EC ilişkisi, ÖN 4-YM 53m	47
Şekil 4.27.	TT Bodrum derinlik-tuzluluk ilişkisi, ÖN 4-YM 53m	47
Şekil 4.28.	TT Bodrum derinlik-sıcaklık ilişkisi, ÖN 4-YM 53m.....	47
Şekil 4.29.	TT Bodrum derinlik-pH ilişkisi, ÖN 4-YM 53m	48
Şekil 4.30.	TT Bodrum derinlik-ÇO ilişkisi, ÖN 4-YM 53m.....	48
Şekil 4.31.	TT Bodrum derinlik-EC ilişkisi, ÖN 5-YM 108m	48
Şekil 4.32.	TT Bodrum derinlik-tuzluluk ilişkisi, ÖN 5-YM 108m	49
Şekil 4.33.	TT Bodrum derinlik-sıcaklık ilişkisi, ÖN 5-YM 108m.....	49
Şekil 4.34.	TT Bodrum derinlik-pH ilişkisi, ÖN 5-YM 108m	49
Şekil 4.35.	TT Bodrum derinlik-ÇO ilişkisi, ÖN 5-YM 108m.....	50
Şekil 4.36.	TT Bodrum derinlik-EC ilişkisi, ÖN 6-YM 139m	50

Şekil 4.37.	TT Bodrum derinlik-tuzluluk ilişkisi, ÖN 6-YM 139m	50
Şekil 4.38.	TT Bodrum derinlik-sıcaklık ilişkisi, ÖN 6-YM 139m.....	51
Şekil 4.39.	TT Bodrum derinlik-pH ilişkisi, ÖN 6-YM 139m	51
Şekil 4.40.	TT Bodrum derinlik-ÇO ilişkisi, ÖN 6-YM 139m.....	51
Şekil 4.41.	TT Bodrum derinlik-EC ilişkisi, ÖN 7-YM 191m	52
Şekil 4.42.	TT Bodrum derinlik-tuzluluk ilişkisi, ÖN 7-YM 191m	52
Şekil 4.43.	TT Bodrum derinlik-sıcaklık ilişkisi, ÖN 7-YM 191m.....	52
Şekil 4.44.	TT Bodrum derinlik-pH ilişkisi, ÖN 7-YM 191m	53
Şekil 4.45.	TT Bodrum derinlik-ÇO ilişkisi, ÖN 7-YM 191m.....	53
Şekil 4.46.	TT Bodrum derinlik-EC ilgili sıcaklıktaki ilişkisi.....	53
Şekil 4.47.	TT Bodrum derinlik-tuzluluk ilgili sıcaklıktaki ilişkisi.....	54
Şekil 4.48.	WOW Bodrum ölçüm noktaları (ÖN) uydu görünümü.....	54
Şekil 4.49.	WOW Bodrum tuzluluk ölçüm sonuçları	56
Şekil 4.50.	WOW Bodrum iletkenlik ölçüm sonuçları	56
Şekil 4.51.	WOW Bodrum ÇO ölçüm sonuçları.....	56
Şekil 4.52.	WOW Bodrum pH ölçüm sonuçları	57
Şekil 4.53.	WOW Bodrum sıcaklık ölçüm sonuçları.....	57

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1.	TT Bodrum TO prosesi proje teknik bilgileri.....	23
Çizelge 3.2.	WOW Bodrum 1. kademe TO prosesi proje teknik bilgileri.....	24
Çizelge 3.3.	WOW Bodrum 2. kademe TO prosesi proje teknik bilgileri.....	24
Çizelge 3.4.	TT Bodrum deniz içi ölçüm noktaları ile ilgili tanımlayıcı bilgiler	29
Çizelge 3.5.	WOW Bodrum deniz içi ölçüm noktaları ile ilgili tanımlayıcı bilgiler.....	29
Çizelge 4.1.	TT Bodrum TO besleme ve konsantre suyu karakterizasyonu.....	34
Çizelge 4.2.	TT Bodrum deniz numuneleri analiz sonuçları	38
Çizelge 4.3.	Güney Ege Denizi sahilleri deniz suyu özellikleri	39
Çizelge 4.4.	WOW Bodrum deniz numuneleri analiz sonuçları.....	55

1. GİRİŞ

Su canlılar için vazgeçilemez bir doğal kaynaktır. Suyun en fazla kullanıcısı olan tarım, kültür bitkilerinin üretimleriyle ilgili işlevleri kapsar. Tarım, toplam ulusal gelirin % 19'unu, dışsatımın % 9'unu oluşturduğundan ve toplumun yaklaşık % 51'ine iş olanağı sağladığından dolayı, Türkiye'de sosyal ve ekonomik yönüyle, halkın yaşamında önemli rol oynamaktadır (Kılınçer 2002).

Türkiye'nin coğrafik konumu, demografik yapılanması ve ekonomik kararlılığında sulu tarım, daha büyük değer taşımaktadır (Tekinel 2000). Bilindiği gibi, kurak ve yarı kurak iklimlerde, bitki gelişimini sağlamak ve yüksek verim elde etmek için sulu tarım yapılması zorunludur (Kanber 2005). Günümüzde Dünya'da toplam tarım alanlarının % 17'si sulanmakta ve buralarda besin gereksiniminin %40'ı üretilmektedir. Sulanan alanların genişlemesi ve suyun etkin kullanımının, gelecekte, daha fazla besin üretimine neden olacağı açıktır (Yudelman 1994).

İçilmeye elverişli suların kaliteli oluşuyla birlikte zaman içinde bu kalitenin korunması da çok büyük bir önem taşımaktadır. Bundan dolayı, içme suyu kaynaklarının gelecek yıllardaki durumunun kirlilik bakımından incelenme zorunluluğu söz konusudur. Öte yandan ülkemizde Sağlık Bakanlığı tarafından 2005 yılında Avrupa Birliği'ne üyelik müzakereleri kapsamında çıkarılan "İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkındaki Yönetmelik" ile içme sularında aranması gereken özellikler listelenmiştir (Uyak 2006).

Yaşam için vazgeçilmez bir kaynak olan su, çeşitli özellikleri ile yaşamın her evresinde yer alır. Dünya'da belirli bir miktarda bulunan su, sürekli bir döngü içerisinde hareket etmektedir (Gupta 1993). İçme ve kullanma suyu nitelik olarak birbiri ile aynıdır. Genelde toplumda içme ve kullanma sularının birbirinden farklı olabileceği biçiminde bir kanı vardır. Oysa kullanma suyunun yani temizlikte, bulaşıқта ve çamaşırdaki kullanılan suyun sağlığı tehlikeye düşürmeyecek özellikte olması sağlanmalıdır (Akar 2000).

Klorür (Cl^-), suda genellikle sodyum klorür ($NaCl$) şeklinde bulunur. Ancak, deniz kenarındaki su kaynaklarında tatlı suya, denizden tuzlu su karışabileceği ihtimalide göz önünde bulundurulmalıdır (Eroğlu 1995).

Son yıllardaki hızlı nüfus artışına paralel olarak artan su talebine karşı uygun kaynak mevcudiyetinin azlığı ve gelişen sanayi ve tarımsal faaliyetlere bağlı olarak yüksek tüketim ve çeşitli kirlilik parametreleri sebebiyle ortaya çıkan sorunlar, su kaynakları yönetiminin önemini bir kat daha arttırmıştır. Su kaynakları yönetimi, doğal çevrim içerisinde suyun insanlar tarafından gerek nicelik gerekse nitelik olarak en verimli şekilde ekonomik, sosyal ve çevresel faydalar içinde sistematik olarak kullanımı anlamına gelmektedir.

Genelde su kaynakları tahsisatı, su hakkını düzenleyen yasalarla düzenlenmiştir. Su yasalarında genel olarak kabul edilen görüş suyun ticari bir ürün olmadığı, tarihsel bir miras olduğu düşünülerek kamu yararına kullanılması prensibine dayanmaktadır. Ülkemiz içinde tüm su kaynakları, devletin hüküm ve tasarrufu altında olup, su kaynakları hakkında yönetmelikler bulunmaktadır (Meriç 2004).

Ülkeler su varlıkları açısından kişi başına düşen su miktarına göre sınıflandırılır. 1000 m³'ten daha az ise su fakiri, 1000-2000 m³ arasında ise su azlığı, 8000-10000 m³ arasında ise su zengini ülke olarak sınıflandırılmaktadır. Türkiye kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarının 1519 m³ civarında olup su azlığı yaşayan bir ülke konumunda yer aldığı ifade edilmektedir (DSİ 2014).

Ülkemizde su yönetimi ile ilgili çok sayıda kuruluş görev yapmasına rağmen, kapsamlı bir su yasası bulunmamaktadır. Türkiye'de su kaynaklarının kullanım hakları, konu ile ilgili kuruluşlarının sayısı ve ilgili yasaların çokluğu sebebiyle son derece karmaşıktır. Türkiye'de su kaynaklarının entegre yönetimi için gerekli kurumsal yapı, sadece merkezi hükümet seviyesinde bulunmaktadır (Çakmak vd. 2007).

Su kalitesi yönetiminde ise, ilgili kuruluşlar arasında benzeri bir koordinasyon bulunmamaktadır. Su kaynağının "bir bütün" olması gerçeği benimsenerek, ilgili kuruluşlar arasında işbirliği sağlanmalıdır (Çakmak vd. 2004). Su kaynaklarına olan talep her geçen gün artmakta, nüfusun hızla artması sebebiyle tarımsal, evsel ve endüstriyel su talepleri artmaktadır. Bu artan talebe rağmen, su kaynakları sınırlı olduğu için etkili su kullanımı ve su tasarrufu konuları da göz önüne alınmaktadır.

Geçtiğimiz yüzyılda Dünya nüfusu üç katına çıkmış ve su kullanımı ise altı kat artmıştır. Tarım her yıl artan bir nüfusun gıda taleplerini karşılamak için gittikçe daha fazla su tüketirken, diğer kullanıcılar aynı su için yarışmaktalar: daha fazla insan daha fazla enerji gerektirmekte, dolayısıyla, daha fazla hidroelektrik santrali gerekmektedir. Sanayileşme, su kalitesinde olumsuz etkiler meydana getirmektedir (Kendirli vd. 2005).

Ülkemiz su kaynaklarının korunması ve kirliliğin önlenmesi amacıyla yapılan hukuki düzenlemelerin en önemlilerinden birisi olan; 2872 sayılı Çevre Kanunu'na dayanılarak çıkartılan "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği" dir. Ayrıca AB çalışmaları sonucunda su kirliliğinin önlenmesi ile ilgili önemli mevzuat çalışmaları da gerçekleştirilmiştir. Bu doğrultuda hazırlanan "Ulusal Çevre Stratejisi (UÇES)" dokümanı; Türkiye'nin AB'ne girişi için bir ön şart olan, "AB Çevre Müktesebatına Uyum" sağlaması ve mevzuatın etkin bir şekilde uygulanması amacıyla tam uyumun sağlanması için ihtiyaç duyulacak teknik ve kurumsal altyapı, gerçekleştirilmesi zorunlu çevresel iyileştirmeler ve düzenlemelerin neler olacağına ilişkin bilgileri içermektedir (Aslan 2006).

Literatürde su kaynakları, "konvansiyonel (conventional)" ve "konvansiyonel olmayan (non-conventional)" olarak iki kategoride değerlendirilmektedir. Konvansiyonel su kaynakları yerüstü ve yeraltı tatlı su kaynaklarından elde edilmektedir. Konvansiyonel olmayan su kaynakları ise; deniz suyu, tuzlu ve konvansiyonel yöntemler ile arıtilamayan acı yeraltı suları, arıtılmış atıksular, yağmur hasatı suyu ve buz dağları olarak sıralanmaktadır. Konvansiyonel su kaynaklarının yetersiz kaldığı durumlarda konvansiyonel olmayan su kaynakları yaygın olarak kullanılmaktadır (Başaran 2015).

Son yıllardaki kuraklık ve iklim değişikliği etkenleri ile kullanılabilir su bütçesi açığına engel olunması amacıyla konvansiyonel olmayan su kaynaklarının kullanılması gerekliliği kanaatine varılmıştır (EMWIS 2008). Konvansiyonel olmayan su kaynaklarının konvansiyonel olan kaynaklara göre işlenmesi ve geliştirilmesi çok daha kompleks ve yüksek maliyetlidir (Brewster and Burows 1985).

Dünya’da nüfus artışına paralel olarak artan gıda ihtiyacı ile birlikte tarımsal su ihtiyacı da artmaktadır. Kullanılabilir su kaynaklarının sınırlı olduğu bilinen bir gerçektir. Tarımsal ve evsel su talebinin artması yanında gelişen sanayi sektöründe de su talebinin artması su kullanımında sektörler arasında rekabete yol açmaktadır. Günümüzde sınırlı su kaynakların tüm sektörlerde çevre ile uyumlu bir şekilde etkin kullanılması gerekmektedir.

Alternatif su kaynaklarının (atık suların geri kazanımı, yüzey sularının suyun kısıt olduğu alanlara yönlendirilmesi, su tasarrufu sağlayan sulama yöntem ve tekniklerinin geliştirilmesi, atık sulardan ve drenaj sularından yararlanma imkanları) geliştirilmesi gerekmektedir (Çakmak vd. 2006).

Tüketime sunulan suyun kalitesi; ham suyun özelliklerine ve arıtım derecesine bağlı olmakla beraber, arıtım esnasında, arıtmadan sonra, depolanmasında, dağıtım aşamasında çeşitli faktörlerin etkisiyle değişikliğe uğrayabilmekte hatta ham suda mevcut olmayan birtakım bileşiklere arıtma tesisi çıkış suyunda ya da şebeke suyunda rastlanabilmektedir. Bu sebeple kaliteli bir içme suyunun temin edilerek kullanıma sunulmasında çok sayıda parametrenin göz önünde tutulması gerekmektedir (Balkaya 2004).

Su temini, atıksu toplama ve arıtma konusunda karşılaşılan faktörler sosyo-ekonomik, teknolojik, çevresel ve politik olmak üzere dört ana başlıkta incelenebilir. Sosyo-ekonomik faktörlerin etkisinde suyun toplam ve birim maliyetinin nüfus artışına ve nüfus profilindeki değişime bağlı olarak artması beklenmektedir. Teknolojik faktörler de güvenilir, ekonomik, geniş kitleye uygulanabilir teknolojilerin uygulanmasını belirlemekte ve yine bu seçimler maliyet artışını beraberinde getirmektedir.

Günümüzde yaşanan su kıtlıklarının çoğu yanlış teknoloji seçimi ve sürdürülebilir olmayan adımların atılması sonucunda yaşanmaktadır. Politik faktörler de suyun maliyetini arttırmaktadır. Bu artış, kentselleşme sürecinin kontrolü ve hızlı değişimlerine yönetimin ayak uydurup uyduramaması gibi sebeplere bağlı olarak gerçekleşmektedir. Su problemini çözmek için alternatif yöntemler (yağmur suyu, gri su, su geri kazanımı ve deniz suyunun arıtılarak kullanılması) geliştirilmiştir (Koyuncu 2018).

Birçok ülke miktar ve kalite açısından yeterli su teminini sağlama yönünde gerekli önlemleri almak için ekonomik ve idari açıdan önemli çabalar sarf etmektedir. Belirtilen baskı ve etkilerden su temininin etkilenmemesi için, en önemli önlemlerden biri de konvansiyonel olmayan su kaynaklarından ihtiyacın karşılanabilmesidir. Deniz suyu, konvansiyonel olmayan önemli bir su kaynağı olarak görülmekte ve konvansiyonel kaynaklara göre yüksek konsantrasyonlarda tuz içermektedir. Tuzun ve diğer kirleticilerin giderilmesi ile deniz suyundan içme ve kullanma suyu üretilmektedir.

2. KAYNAK TARAMASI

Denize kıyısı olan ve su temininde süreklilik ile su güvenliğinin sağlanması amacıyla birçok ülke, içme ve kullanma suyu temini amacıyla deniz suyundan faydalanmaktadır. Günümüzün sanayileşmiş ülkeleri yetersiz su rezervlerine rağmen içme suyu ihtiyaçlarını rahat karşılayabilmektedirler. Buna karşın Dünya nüfusunun hemen hemen % 25'i ciddi boyutlarda içme suyu sıkıntısı yaşamaktadır.

Bu bölgelerde kullanılan içme suları hijyenik şartlardan yoksundur. Dünya üzerindeki su potansiyelinin yalnızca % 0,5'i içilebilecek nitelikte olup, % 97'si deniz suyu, % 2,5'i ise tuz içermesinden dolayı tuzlu yeraltı suyu olarak sınıflandırılmaktadır. Söz konusu tuzlu suların içilebilecek nitelikte bir suya dönüştürülmesi ile su temini açısından sınırsız bir potansiyel elde edileceği açıktır. Son yıllarda Dünya'da, deniz suyundan içme ve kullanma suyu temininde logaritmik bir artış görülmektedir.

Özellikle membran teknolojisindeki gelişme ile azalan üretim maliyetleri, deniz suyu arıtımında membran proseslerin kullanımını gün geçtikçe daha cazip ve daha yaygın hale getirmektedir. Günümüzde membran proseslerinin enerji tüketimlerinin dolaylı olarak sera gazı oluşturmalarının azaltılması ve membran prosesleri ile içme ve kullanma suyu üretilirken oluşan konsantre atığında çevreye zarar vermeyecek seviyeye kadar bertaraf edilmesi konularında yoğun araştırmalar yapılmaktadır (Başaran 2015).

Dünya'daki suların % 97'sini oluşturan deniz suyu fiziksel olarak sıcaklık, tuzluluk ve basınç olmak üzere üç bağımsız değişkenin etkisi altındadır. Basınç, derinliğe bağlı olup sıcaklık ısıнын bir ölçüsüdür. Tuzluluk ise, su içerisinde çözünmüş katı maddelerin konsantrasyonunun bir değeri olup, genellikle deniz suyunun 1000 g'ındaki çözünmüş tuzların g cinsinden değeri olarak hesaplanmaktadır.

Deniz suyunun tuzluluğu geniş kapsamda buharlaşma ve yağış arasındaki farka bağlıdır. Yüksek buharlaşmanın olduğu denizlerde tuzluluk % 40'a kadar ulaşmaktadır (Aydın 2012). Deniz suyu içeriğindeki tüm elementlerin varlığı, yüzey kabuğundaki elementlerden kaynaklanmakta olup, doğada bulunan tüm elementleri içermektedir. Doğal olarak bulunan 92 elementin 81'inin deniz suyunda tespiti ve ölçümü yapılmıştır (Brown 2004).

2016 yılı itibariyle Dünya çapında 120'den fazla ülkede yaklaşık 21000 desalinasyon tesisi bulunmaktadır. Bunlardan bazılarını, Suudi Arabistan, Umman, Birleşik Arap Emirlikleri, İspanya, Kıbrıs, Malta, Portekiz, Yunanistan, İtalya, Hindistan, Çin, Japonya ve Avusturalya oluşturmaktadır. Dünya'da 1945'lerdeki desalinasyon kapasitesi 326 m³/gün iken, 1980'lerde 5 milyon m³/gün değerlerine ulaşmıştır. Haziran 2015 tarihi itibariyle bu değer toplamda, 86,8 milyon m³/gün olarak verilmiştir. 2030 yılında bu değerlerin 110 milyon m³/gün değerlerine ulaşacağı varsayılmaktadır. Bu değerlerin yaklaşık olarak % 70'ini Suudi Arabistan, Kuveyt, Birleşik Arap Emirlikleri, Cezayir ve Libya'nın oluşturacağı düşünülmektedir.

TO membranlarıyla desalinasyon tesisi kapasitesi son 30 yıl içerisinde hızlı bir artış göstermiştir. Dünya'daki en büyük kapasiteye sahip bazı membran teknolojilerinin ve membran teknolojisi içeren hibrit sistemlerin kullanıldığı tesisler kapasitelerine göre sırasıyla; Ras al-Khair, Jebel Ali, Sorek, Fujairah 2, Hadera, Victoria Desalination, Ashkelon, TuaSpring, Adelaide, Torre Vieja, Claude "Bud" Lewis Carlsbad, Ras abu

fontas A3, Beckton, Az Zour, Tampa Bay ve Point Lisas'dır. Bu tesislerden sadece Ras al-Khair ve Fujairah hibrit sistem (distilasyon ve TO) kullanmakta olup diğerleri TO prosesi kullanmaktadır (Şengür-Taşdemir ve Yüksekdağ 2017).

Su arıtma herhangi bir kaynaktan alınan suyun, kullanım amacına uygun hale getirmek için kullanılan sistemlerdir. Suyun değişen niteliklerinin bir kısmını ya da tamamını tekrar kazandırabilmek veya boşaldıkları çevrenin ekolojik özelliklerini değiştiremeyecek hale getirebilmek için uygulanan işlemlerdir.

Su, yaşam için en temel bir gereksinim olmasına karşın, yaklaşık 900 milyon kişinin temiz suya erişimi bulunmamaktadır. Zira Dünya'da bulunan suyun sadece % 0,014'ü içilebilir kaynaklar iken, yaklaşık % 97,5'i tuzlu sulardan oluşmaktadır.

Su arıtma yöntemleri ile ilgili çalışmalar uzun yıllardır devam etmekte ve yüksek hacimlerde su üretmek için pek çok teknik geliştirilmiştir. Ancak aşağıda yer alan teknikler arasında iki teknik % 85 oranında kullanılmaktadır. Tuzlu suyu arıtmak için kullanılan belli başlı yöntemleri Dünya'da kurulu tesis gücüne göre aşağıdaki gibi sıralayabiliriz (Desalination Yearbook 1998).

- Düşük Basınç ile Buharlaştırma (Multi-stage Flash, MSF) % 44
- TO (Reverse Osmosis, RO) % 42
- Electrodialysis (ED) % 6
- Multi-effect distillation (MED) % 4
- Vapor compression (VC) % 4

Bu yöntemlere ek olarak tarihsel açıdan ilk damıtma sistemlerinden olan havuz tipi damıtma yöntemi de halen araştırma konuları arasındadır (Al-Karaghoulia ve Alnaser 2004). Tuzun sudan ayrılması dışında suda bulunan diğer maddelerin ayrılması için uygulanan yöntemler;

- Nanofiltrasyon
- Ultrafiltrasyon
- Ultraviyole Su Arıtma
- Aktif Karbon ile Su Arıtma
- Kum Filtreli Arıtma
- Demineralizasyon
- Ters Osmoz

TO ile su saflaştırma tekniğinin piyasada hızla gelişmesinin en önemli sebepleri aşağıda anlatılmaktadır.

- Su kalitesinin sanayide (alkolsüz bira üretimi, şeker şurubu hazırlanması, meyve suyu ve meşrubat sanayi, buhar kazanı/jeneratörü besli suyu, soğutma suyu hazırlanması, enerji santralleri, reçineli demineralize öncesi suyun saflaştırılması, tekstil boyahanesi için proses suyu üretimi, kimya sanayi, ilaç sanayi, vd.) önem kazanması,
- Zenginleşen insanların tabiat şartlarını zorlayarak yeterli suyu olmayan deniz kenarlarında yaşamak ve bu yerlerde tatil yapmak istemeleri,

- Deniz kenarlarında yerleşik olup da “tatlı su” kaynağı kısıtlı olan kentler ve otellerin deniz suyundan içme ve kullanma suyu üretmek istemeleri,
- Askeri ve stratejik önemli yerler ve gemiler için içme ve kullanma suyu temini,
- Atık sudan geri kazanım yapılması da dahil olmak üzere birçok Ar-Ge çalışmasında bu sistemin yaygın olarak kullanılması.

Su ve atıksu arıtımında teknik ve ekonomik açıdan uygulanabilir bulunan bazı membran tesisi projeleri konsantre deşarjı ve bertarafı sorunlarından dolayı hayata geçirilememektedir. Bu sorun özellikle endüstriyel atıksu arıtımı yapan tesisler için geçerlidir.

Ülkemiz ve diğer bazı ülkelerde deşarj mevzuatlarında boşluklar bulunması, konsantre deşarjlarının sosyo-psikolojik etkileri, sıkılaşan deşarj limitlerinden (özellikle mikrokirleticiler için) dolayı membran tesislerinin yaygınlaşması kısıtlanmaktadır. Öte yandan, membran konsantre sorunlarıyla uğraşırken, membran proseslerinde elde edilen çok yüksek ürün suyu kalitesi ve atıksu geri kazanımı ve neticesinde su tasarrufları gözardı edilmektedir.

Membran proseslerinin genel olarak çevresel etkileri değerlendirilirken salt konsantre yönetimi ve bertarafının olumsuz yönleri değil, prosesin çevresel anlamda tüm olumlu yönleri de dikkate alınmalıdır.

Detaylı yaşam döngüsü analizleri ve alıcı ortam izlemeleri/modellemeleri ile membran tesisleri genel olarak değerlendirilmelidir. Daha sıkılaşan deşarj limitleri ve deşarjların alıcı ortamlara potansiyel çevresel etkilerinden dolayı, konvansiyonel membran konsantre bertaraf tekniklerinin yerine, kaynağında kontrol ve kirlilik önleme, su ve hammadde geri kazanımı (değerli mineral ve tuz kazanımı) ve sıfır sıvı deşarjı konseptli tekniklerin önümüzdeki yıllarda uygulanması beklenmektedir (Kitiş 2017).

TO teknolojisi bilinen en hassas membran filtrasyon teknolojisidir. Atık suyun yeniden kullanılabilmesini sağlamak amacıyla, genellikle endüstriyel atıksu arıtımında kullanılan çözünmüş organik ve inorganik maddelerin sudan uzaklaştırılması ya da geri kazanılması amacıyla yüksek basınç uygulanan bir sistemdir.

TO işleminin çalışma prensibi, cihaz üzerinde bulunan membranlar sayesinde su, membranlar üzerinde bulunan gözeneklerden yüksek basınç altında geçmeye zorlanır. Bu işlem esnasında su molekülleri ve bazı inorganik moleküller bu gözeneklerden geçebilirken, suyun içindeki maddelerin çoğu bu gözeneklerden geçememekte ve konsantre su olarak dışarı atılmaktadır. Yapılan bu işlem, diğer filtrasyon sistemlerine göre istenilen kapasitede çok daha iyi su kalitesi elde etmeye imkan sağlar. Gelişen teknoloji ile beraber tamamen otomatik TO cihazları üretimi mümkün olmuş ve istenilen debide yüksek kaliteli su eldesi ile TO cihazları profesyonel arıtımda üst sıralara yükselmiştir. TO teknolojisinin başlıca avantajları (Mulder 2000):

- Suyu kimyasal herhangi bir madde kullanmaksızın arıtır,
- Üretilmiş su maliyeti son derece düşüktür,
- İşçilik gerektirmez,
- Montajı kolaydır,
- İstenilen kapasitede kurulur ve bu istenilen kapasite değerine uygun olarak ham su ve arıtılmış su depo hacimleri belirlenir.

TO tekniğı 1970'lerden bu yana Dünya'da kullanılmaktadır. İlk başlarda çok pahalı olduğundan, yalnızca gemilerde deniz suyundan içme suyu elde edilmesi amacıyla kullanılan bu teknik, zaman içerisinde ucuzlayarak evlerimizde tezgâh altına kadar girmiştir. Gelişen membran üretim teknikleri sayesinde TO ile üretilen suyun maliyeti de çok azalmıştır (Shih 2005).

TO işlemi esnasında, basınç ihtiyacı duyulmakta ve bu basınç bir pompa vasıtası ile sağlanmaktadır. TO ünitesinin içereceğı membran sayısı, membran tipi, uygulanacak basınç, geri kazanım oranı gibi bilgiler; ancak ham su karakterinin çok iyi analiz edilmesi ile elde edilebilir (Shih 2005).

Yeraltı suyu arıtımında farklı, deniz suyu arıtımında farklı ve diğer daha az tuzlu yüzeysel suların arıtımında farklı membranlar kullanılabilir. Tuz konsantrasyonunun artması, membrana uygulanacak basıncın artmasına sebep olmaktadır. Bundan dolayı, düşük tuzluluk konsantrasyonundaki yüzeysel sulara daha düşük basınçlı TO membranlarının, yüksek tuzlulukta sulara (deniz suyu veya endüstriyel sular) yüksek basınçlı ve yüksek giderme verimli TO membranlarının kullanılması gerekmektedir (AWWA 2007).

TO proseslerinde kullanılan asimetrik membranlar, ister selölüz ister diğer malzemelerden yapılmış olsun, zamanla sıkışmaya uğramaktadırlar. Sıkışma, poroz alt tabakada meydana gelmekte ve bu durum zamanla akı azalmasına sebep olmaktadır. Sıkışma derecesi uygulanan basınçla ilgili olduğu için, en yüksek basıncın kullanıldığı deniz suyu TO uygulamalarında bu durum daha yaygın olarak görülmektedir. Kuyu suyu uygulamalarında da benzer sıkışma görülebilir (AWWA 2007; Verbeke 2017).

Deniz suyundan su alma yapıları, yüzeiden ve yüzey altı su alma yapıları olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Büyük kapasiteli deniz suyu arıtan TO sistemleri daha çok açık su alma yapılarını kullanırken, özellikle küçük ve orta büyüklükteki deniz suyu arıtma tesislerinde yüzey altı su alma yapıları kullanılmaktadır (Koyuncu 2018).

Su kaynağına bağlı olarak, ham su kalitesinde farklılıklar olabilmektedir. SWRO tesislerinde su kaynağı denizdir. Suyun temin edileceğı denizdeki su kalitesi tesise alınacak ham suyun kalitesini göstermektedir. Kıyı bölgelerinde kurulu olan SWRO tesislerinden su temini farklı şekillerde yapılmaktadır. Sahil bölgelerinde açılan kuyulardan temin edilen deniz suları, doğal filtrasyona uğramakta ve SWRO için ön arıtma maliyetleri doğal filtrasyon ile azaltılmaktadır.

Bazı uygulamalarda detaylı ön arıtıma gerek kalmaksızın yalnızca antiskalant kullanarak ham sular doğrudan membran sistemlere verilebilmektedir. Kuyulardan çekilen deniz sularında ÇO miktarı kıyı bölgesinden temin edilen deniz sularına göre düşük olup, bu durum membranlar üzerinde oluşabilecek bakteriyel birikimi azaltmaktadır (Hassan 1997).

Su alma ağızı, sürüklenme ve çarpma gibi etkiler göz önüne alınarak boyutlandırılmalıdır. Deniz canlılarının büyümesi ayrıca dikkate alınmalıdır. Bu canlıların büyümesini kontrol eden dezenfeksiyon gibi tertibat, giriş ızgarası ve borulama içinde tedarik edilmelidir. Birçok durumda paralel çalışan birden fazla giriş yapısının yapılması tavsiye edilmektedir (AWWA 2007).

Deniz suyu arıtımında yüzey altı su alma sistemleri pratik ve/veya ekonomik ise jeolojik formasyonun (akifer) verimi, akifer yatağının kalınlığı ve deniz kenarındaki kuyudan çekilecek suyun kalitesini etkileyen diğer yakın tatlı su kaynakları gibi faktörler değerlendirilmelidir. Yüzey altı su alma sistemlerinin tercih edildiği jeolojik durumlar, verimin 1000 m³/gün/m'den büyük olduğu geçirimli zeminler ve derinliğin 15 m'den büyük olduğu durumlardır.

Derin olmayan sığ yeraltı suyundan kuyu ile su alınıyorsa ve kuyuya doğru bir depozit girişi söz konusu ise bu durum, yüzeyaltı su alma sisteminin kurulumunu sınırlamaktadır. Deniz suyu kıyısından yüksek katı madde konsantrasyonu çekiliyor, verimi düşük ve yıkama sıklığı da düşük ise bu durumlarda, NF ve TO sistemleri için yüzey altı su alma sistemleri düşünülmemektedir.

Kıyılardaki kuyular ve açık su alma yapıları, kaynak olarak aynı suyu kullanmaktadırlar. Açık su alma yapılarında, su içerisindeki partiküler maddeler, ön arıtma sisteminde tutulmaktadır. Yüzey altı su alma sisteminde ise kuyuya girmeden, deniz tabanında tutulur. Deniz tabanında biriken bu maddeler, dalgaların etkisi ile bulundukları yerden uzaklaşırlar. Eğer, taban dalga akımı ile uzaklaştırılan katıların miktarı, burada zamanla biriken katıların miktarından büyük değil ise, zamanla tabanda birikmeye başlar ve kuyunun kapasitesini ve suyun kalitesini negatif yönde etkileyebilir.

Denizde daha derinlere boru hattı döşemek maliyetli olduğu için yüzeyden su alan mevcut deniz suyu TO sistemlerinde taban derinliği 3-10 m arasında değişmektedir. Bundan dolayı, bu derinliklere döşenen suda yüksek AKM ve deniz canlısı içerdiği için membran öncesinde uygun ön arıtma sistemi gerektirmektedir (AWWA 2007).

Deniz suyu konsantresinin geleneksel uzaklaştırma yöntemi, denize tekrar deşarj edilmesidir. Konsantrenin hacmi ve konsantrasyonu, diğer metotların uygulanmasını sınırlamaktadır. Denize deşarjda; yerel ekosistemin durumu, deşarjın kapasitesi ve akımın yönü gibi faktörler etkili olmaktadır. Konsantre akımında potansiyel olarak etkili olabilecek kirleticiler;

- Ham sudaki kirleticiler,
- Alıcı ortamdaki kirlilikten daha yüksek bir kirlilik,
- Ön arıtmadan gelen kimyasallar,
- Yıkama kimyasalları ve diğer mekanik ekipmanlardan kaynaklı ağır metaller,
- Yıkama kimyasallarından gelen diğer kirleticiler,
- Dezenfeksiyondan kaynaklanan klor,
- Deklorizasyondan gelen sodyum bisülfid gibi kimyasallar,
- Sudaki klorun organik maddeler ile teması sonrasında oluşan toksik maddeler,
- Düşük ÇO konsantrasyonu,
- pH farklılığı,
- Antiskalantlar,
- Sıcaklık farklılığı.

Alıcı ortam tuzluluktaki düşük değişimleri veya kısa süreli yüksek konsantrasyondaki değişimleri tolere edebilirken, sürekli deşarjlar kalıcı etkiler bırakabilmektedir.

Konsantrenin etkisi, alıcı ortamda meydana getirdiği etki ile belirlenebilir. Deşarj edildiği yerde, konsantre bir akım daha sonra deniz akıntılarına bağlı olarak gittiği yöne doğru konsantrasyonu azalmaktadır. Bazı denizlerde iyi bir karışım ortamı var iken, bazı yerlerde düşük karışım olmaktadır. İyi karışım olan yerlerde, çevresel etki minimize olmaktadır. Deşarj hattı sonunda difüzör kullanılması, daha iyi bir karışım sağladığı için etkileri azaltmaktadır (AWWA 2007).

Dünya Bankası desalinasyon tesislerini, su ihtiyacını karşılamak için uygun olan tüm yöntemler elendikten sonra son çare olarak uygulanacak bir çözüm olarak görmektedir (Schiffler 2004).

Çevresel etkilerin azaltılması için MSF ve MED yerine deniz suyu TO sistemleri önerilmektedir. Görülmüştür ki; Katar'ın desalinasyon kapasitesinden kaynaklanan mevcut ve tahmin edilen çevresel yükler, deniz suyu TO sistemlerinin ana teknoloji olarak kullanılmasıyla önemli ölçüde düşebilir. Desalinasyon proseslerinin yenilenebilir enerji üretim sistemleri ile entegre edilmesinin de hem kaynak hem de çevresel sürdürülebilirlikte önemli bir rolü olabilir (Darwish, Hassabou and Shomar 2013).

Deniz suyuna ön arıtma esnasında kimyasal eklenmesinin (biyosit, koagulant, flokulant, anti-skalan, vb.) ve besleme suyunun ön arıtımı esnasında oluşan kalıntıların uzaklaştırılmasının deniz ortamı ve halk sağlığı üzerinde etkileri vardır (WHO 2007). TO teknolojisinde yaşanan gelişmeler, sahil bölgelerindeki hızlı nüfus artışı ve geleneksel su kaynaklarının yetersizliği sebebiyle, desalinasyon uygulamaları önemli ölçüde artış göstermiştir (Einav vd. 2002). Deniz organizmaları çevreleri ile ozmotik bir denge içindedirler ve çevredeki tuzluluk artışı sonucu, hücrelerde dehidrasyon/su kaybı oluşmakta, hücresel basınç düşmekte ve (başta larva ve genç bireylerde) ölüme yol açmaktadır (Ahmad and Baddour 2014).

İçme ve kullanma suyu temini ve atıksu geri kazanımı amaçlarıyla son yıllarda uygulama sayısı gittikçe artan membran proseslerinin tıkanma kontrolü dışındaki bir diğer temel sorunu, oluşan konsantrelerin yönetimi ve bertarafıdır. Membran konsantrelerinin yönetimi, bertaraf teknikleri ve deşarj sonrası olası çevresel etkilerini detaylı olarak inceleyen sınırlı sayıda araştırma çalışması ve teknik rapor bulunmaktadır (Chesher 1971; Reclamation, 2006a; Münk 2008; Sánchez-Lizaso vd. 2008; Voutchkov 2011; WateReuse Association 2011; Ladewig and Asquith 2012; Spellman 2016).

Yung-Chang Lin vd. (2013) tarafından yapılan bir çalışmada; konsantre su (brine) deşarjında bulunan ağır metal seviyesi genelde iz değerlerde ve Tayvan deşarj standartlarının altında kalmaktadır. Buna rağmen, korelasyon analizleri, deniz sedimenti ve çift kabuklu yumuşakça numunelerinde ölçülen konsantrasyon değerlerinin, kesin olarak konsantre su deşarj değerleri ile doğrudan ilişkili olduğunu göstermiştir (Lin vd. 2013).

Hoepner ve Lattemann (2003) Kızıldeniz'deki 21 desalinasyon tesisi için deniz ortamına deşarj edilen kimyasal yükünü modelleme yaparak tahmin etmişler ve günlük kimyasal deşarjında 36 kg bakır olduğunu bulmuşlardır. Çalışmada yer alan 2 tesis için belirlenen rakamlar, Hoepner ve Lattemann (2003) Kızıldeniz'deki 21 desalinasyon tesisi için belirlediklerinin altında görülmektedir.

Yapılan çalışmada incelenen 2 desalinasyon tesisinde kullanılan başlıca teknoloji TO olmasına rağmen; konsantre suyunda bulunan kalıntı metal elementlerin (Cu-Bakır ve Zn-Çinko) kayda değer seviyeleri, muhtemelen bu tesislerde (bu metalleri ihtiva eden) materyallerin korozyonuna işaret etmektedir (Lin vd. 2013). Çevreyi kirlletmenin haricinde, korozyon ürünleri/sonuçlarının küçük bir bölümü bile membran tıkanmalarına yol açtıkları için önemlidir (Buckley vd. 1987).

Biyositler gibi bazı kimyasallar, konsantre suyunda gözlenen Cu ve Zn gibi ağır metaller ile ilgili olabilir. Tesis altyapı bakımlarında kullanılan toksik antifoulant (çürüme önleyici) ve antiskalantların kullanımı ve atılmasıyla ilgili sorunlara işaret etmişlerdir (Ketsezi vd. 2008).

TO tesislerinde COD/BOD oranının yüksek oluşu her iki deşarj suyunda da bulunan çoğu organik materyalin daha az biyobozunur özellikte olduğunu göstermektedir. Bu da (kolayca biyobozunmayan materyaller alıcı ortama verildiğinde) desalinasyon ile ilgili başka bir sorunu ortaya çıkarmaktadır.

PAA ve PMA gibi kimyasallar, antiskalantlar (çökelti, tortu önleyiciler) ve mikroorganizma gelişimini kontrol altına almak için kullanılan biositler; (TO için kullanılan ferrik klorit-FeCl₃ gibi) koagulantları ve koagulant yardımcılarını ve (PAM gibi) yüksek moleküler ağırlığa sahip organik maddeler içerebilir (Hoepner and Lattemann 2003; Lattemann and Hopner 2008).

Tuzlu deşarj suyunun alıcı deniz ortamı üzerindeki etkileri; deniz suyundan alınan numunelerin sıcaklık, tuzluluk, pH, SS/AKM, DO/ÇO, ve hipoklorit konsantrasyonu incelenerek araştırılmıştır. Alıcı deniz ortamına yapılan konsantre deşarjların çevresel etkileri hakkında önceden yapılan araştırmalarda sunulan başlıca iki parametre, sıcaklık ve tuzluluktur.

Desalinasyon tesisleri deşarj suyunun sıcaklığını artırabilmektedir. Aynı çalışmalarda desalinasyondan gelen tuz buharının yoğunluğu ve büyüklüğünün alıcı deniz ortamının tuzluluğunu değiştirdiği belirtilmiştir. Çoğu durumda tuzlu deşarjın yoğunluğu hızla azalmıştır ve genellikle deşarj noktalarından 20 m ve 100 m uzaklıkta arka plan tuzluluğunda sırasıyla ‰ 2 ve ‰ 0,5 değerlerinden daha fazla olmamıştır (Roberts vd. 2010). Sezon boyunca gözlem noktalarındaki tuzluluk farkları daima ‰ 2'den daha düşük olmuştur. Alıcı deniz ortamının pH değeri üzerindeki etkisi sınırlı kalmış ve her sezonda tüm deniz suyu numuneleri için pH değerleri $\pm 0,1$ aralığındadır (Lin vd. 2013).

Tuz giderme tesislerinden kaynaklanan konsantre akımlar yoğun tuz içerikli olduğundan, deşarj edildikleri noktalarda sucul ekosistemi olumsuz yönde etkilemektedir. Konsantre, yoğun tuzluluğun yanı sıra çeşitli mineraller ile kirleticileri de içermektedir. Hatta ham suda eser düzeyde bulunabilecek tehlikeli kirleticiler de toksik değerlere ulaşabileceğinden, ekolojik etkileri yanı sıra halk sağlığı açısından da önemli sorunlar oluşturabilmektedir.

Konsantre bertaraf yönteminin seçimi; su kaynağı, alıcı ortam, membran tipi, işlemde geçen suyun TÇK miktarı ve alıcı ortam standardına bağlı olması sebebiyle, bu değişkenlerin dikkatlice gözden geçirilerek tesis planlamasında dikkate alınmalıdır.

Tesis kapasitesi, su kaynağı, suyun TÇK miktarı ve membran tipine bağlı olarak oluşacak konsantre miktar ve kalitesi belirlenir. Özelliği belirlenen konsantreye uygun bertaraf yöntemi seçilir.

Tesis prosesinde konsantre ile ilgili hesaplamaların tesis planlamasında en baştan düşünülmesi gerekmektedir. SWRO tesisleri konsantre akımlarının bertarafında konvansiyonel yöntemlerde kullanılabilmektedir (MEDRC 2010). WHO'ya göre Dünya'daki büyük ölçekli SWRO tesislerinin % 90'ında konsantre bertarafında uygulanan yöntem deşarj sistemleri kullanılarak denize yapılmaktadır (WHO 2011).

Konsantrenin içeriğinde geri kazanımdan gelen yüksek tuz ve mineraller, arıtma ve temizleme işlemlerinden gelen kimyasallar ve yan ürünler bulunmaktadır. Konsantre akımında tuzluluk değeri 60000~80000 mg/L aralığında değişebilmektedir.

Avustralya'daki Perth SWRO tesisinde 2 kademeli RO prosesi bulunmaktadır. İlk kademedeki geçen geri kazanım oranı % 45 ve ikincisinden % 90 olarak gerçekleşmekte olup, toplamda % 43'lük bir geri kazanım oranı sağlanmaktadır. Bu karışım oranı yaklaşık olarak 1.7'lik bir konsantrasyon faktörüne karşılık gelmektedir. Besleme suyu tuzluluğu 33000-37000 mg/L ve % 43'lük geri kazanım oranındaki konsantre tuzluluk değeri 65000 mg/L olarak gerçekleşmektedir (Voutchkov 2011).

Birkaç ülkede bu proseslerden oluşan konsantre akımların tekrar denize deşarjı için genel alıcı ortam standardı oluşturulmuştur. Ancak çoğu uygulamada özellikle büyük kapasiteli SWRO uygulamalarında mevcut dispersiyon modelleri kullanılarak konsantre akımının alıcı ortam üzerindeki etkilerinin modellenmesi ve yeterli sürede izlenmesi en yaygın uygulama olarak göze çarpmaktadır. Modelleme ve izleme çalışmaları gerçekleştirilmeden önce bazı laboratuvar çalışmaları gerçekleştirilmektedir.

Bölgedeki canlılar üzerinde laboratuvar koşullarında gerçekleştirilen kalitatif ve kantitatif deneyler ile belirlenen türlerin tuzluluğa karşı tolerans değerleri tespit çalışmaları yapılmaktadır. Çapı, ilk karışım bölgesi ve daha fazla alanda yapılan hidrodinamik model simülasyon çalışması ile dip bölgesindeki tuzluluk dağılımı ortaya konmaktadır (Tsiourtis 2001).

Model simülasyon sonuçları ile canlıların tolerans seviyeleri karşılaştırılmaktadır. Bölgeye özgü elde edilen sonuçlar neticesinde, tuzluluk toleransı bilinen türlere ait değerlendirme çalışmasının yapılmasının ardından, deşarj noktası ve ilk karışım mesafesi belirlenmektedir. Elde edilen model simülasyonu bulguları çerçevesinde inşa edilen konsantre deşarj ünitesi operasyona başladıktan sonra sucül ekosistemdeki değişimlerin izlenmesi 4 veya 6 ayda bir gerçekleştirilmektedir (Tsiourtis 2001; Voutchkov 2011).

Yapılan gözlemlerde, model simülasyonu sonucu karşılaştırılması ile tespit edilen uyumsuzlukların giderilmesi için deşarj ünitesinde optimizasyon yapılabilmektedir. Bu izleme çalışmaları karışım bölgesi sınırından itibaren yapılmaktadır. SWRO tesislerinden kaynaklı konsantre akımlar yoğun tuz içerikli olduğundan, deşarj edildikleri noktalarda sucül ekosistem üzerinde olumsuz akut etkileri gözlemlenmektedir.

Konsantre, yoğun tuzluluğun yanı sıra çeşitli mineraller, ağır metaller ve spesifik kirleticileri de içermektedir. Hatta ham suda eser düzeyde bulunabilecek tehlikeli kirleticiler de toksik değerlere ulaşabileceğinden, olumsuz yönde önemli ekolojik etkiler oluşturabilmektedir.

Ham su olarak deniz suyunu kullanan TO (SWRO tesisleri) tesislerinden kaynaklanan konsantrelerin tuzluluk miktarındaki artış veya azalış, deniz suyunda çevresel olarak estetik veya fiziksel karakteristikte değişime pek sebep olmamaktadır.

Deniz suyundaki tuzluluğun değişmesi, organik kirletici parametrelerin göstergesi olan BOİ ve KOİ'de değişime sebep olmamaktadır. Çünkü deniz suyunun tuzluluğunun yaklaşık %80'nini sodyum ve klorür oluşturmakta ve bunlar sucul organizmalar için birincil gıda kaynağı veya makro veya mikro nutrient değildir.

SWRO konsantresi deşarjındaki tuzluluk, atıksu arıtma tesislerinden veya endüstriyel tesislerin deşarjındaki kirleticileri içeren kirleticiler ile karşılaştırıldığında, antropojenik kaynaklı değildir. Konsantredeki minareller, SWRO tesisinin kullandığı ham sudan kaynaklanmaktadır. SWRO tarafından deşarj edilen konsantre seyrelip yeniden tesiste tuzu giderilmektedir.

Tesisten kaynaklanan tuz konsantrasyonunun uzun süreli etkisi, buharlaşmadan kaynaklanan deniz suyundaki tuzluluk salınımları etkilerine denktir. Denizlerde çevresel şartlardan kaynaklanan tuzluluk salınımları ± 10 oranında değişmektedir. Bu durum sucul organizmaların bu salınım değerlerine adapte olduğunu göstermektedir (Voutchkov 2011).

Yapılan konsantre deşarjı deniz ortamındaki canlılara ait flora ve faunayı değiştirmektedir. Konsantre deşarjları, bazı durumlarda dikey karışımın sağlanmamasından dolayı, denizdeki haloklin bölgesinde tabakalaşmaya sebep olmaktadır.

Bu durum yoğun olan konsantrenin dip bölgesine çökmesi ile partikül maddelerin hızlı bir şekilde sediment üzerinde birikmesine, suyun hidrografisi ve su kalitesi değişmesinden dolayı tuzluluk artışına, buna bağlı olarak oksijen miktarındaki düşüş ve toksik elementlerden dolayı enzim aktivitelerinde, beslenmede, üremede, nefes almada ve fotosentez üzerine olumsuz etkileri gözlenmiştir. Aynı zamanda, canlıların davranış şekillerinde farklılaşma belirlenmiştir (Einav 2002; Lattemann 2010).

Mercan kayalığı, kayalık sahil ve kum yüzey gibi ortamın doğası ve bölgedeki organizma türlerine göre tuzluluk artışının deniz ortamına etkilerinin boyutu değişmektedir. Deniz ortamı üzerindeki etkileri tayin edebilmek için matematik modeller kullanılmaktadır (Sadhvani vd. 2005).

Park vd. (2011), yaptıkları çalışmada; membran temizliği ve arıtmada kullanılan kimyasalların deşarjın yapıldığı yakın çevre ortamı üzerinde önemli etkilerinin olduğu belirtmektedirler. Aynı çalışmada, yüksek tuz konsantrasyonuna kıyasla, kullanılan kimyasalların daha ağır toksik etkileri olduğu görülmüştür.

Klor ve membran temizleyicileri, dilbalığı yavruları üzerinde yüksek toksik etki yapmıştır (Park vd. 2011). Raventos vd. (2016) yaptıkları çalışmalarda, konsantre su deşarjının deniz popülasyonu üzerinde doğrudan önemli bir etkisi olmadığını belirtmişler ve bunun sebebini de türlerin hareketliliğine ve deşarjdan etkilenen alanın 3500 m² civarında olmasına bağlamışlardır (Raventos vd. 2016).

Desalinasyon ve çevre birbirine rakip olmayıp, aksine tamamlayıcı olabilirler (Tsiourtis 2001).

Drahmi vd. (2011) araştırmalarında; geri yıkama suyunun estetik etkilere ek olarak, fitoplankton gelişim verimini etkilediğini göstermişler, artan tuzluluk ve/veya sıcaklığın, deşarj bölgesinde su kalitesini ve mikrobiyal organizma topluluğunu etkilediğini belirtmişlerdir.

Buceta vd. (2003), konsantre deşarjının Akdeniz'e özgü *Posidonia Oceanica* türü deniz çayırları üzerindeki etkileri konusunda yaptıkları çalışmada; deney sonuçları *Posidonia oceanica* türünün tuzluluk artışına karşı toleransının çok düşük olduğunu ispatlamıştır. Tuzluluk artışı deniz çayırlarının gelişimini düşürmüş, kalıcı yaprak kayıplarına ve doku ölümlerine yol açmıştır.

Gacia vd. (2007), yine *P. Oceanica* hakkındaki çalışmalarında, özellikle deşarj noktasına en yakın bölgelerde; konsantre deşarjının bitkilerin yapısında (dokularda azot içeriğinin artması, bununla bağlantılı olarak glutamin sentetaz aktivitesinde azalış, bitki sağlığında bozulma gibi) önemli etkileri olduğunu ortaya koymuşlardır. Bunun sebebi olarak, yüksek tuzluluk değerini ve kısmen de bununla ilişkili olan ötrofikasyonu göstermişlerdir.

Laboratuvar ve saha çalışmalarında sırasıyla 39,1 PSU ve 38,4 PSU tuzlulukta deniz çayırlarının yapısında ve canlılığında önemli etkiler görülmüştür (Sánchez-Lizaso vd. 2008). Miri ve Chouikhi (2005), konsantre suyun içeriğindeki kimyasalların, biyotik üretkenliği olumsuz etkilemekle kalmayıp; besin rezervlerini azalttığını, bu sebeple de deniz ortamının besin zincirini de etkileyebileceğini belirtmişlerdir. Planktonlar, omurgasızlar, yavru balıklar bu sonuçlardan zarar görmektedir (Miri ve Chouikhi 2005).

Tuzluluk dalgalanmalarının deniz çayırlarında tür zenginliği ve epifit biyokütle üzerinde negatif etkileri gözlenmiştir (Kendrick vd. 1988). Ossa-Carretero vd. (2016), yaptıkları çalışmada tuzluluğun % 40-53 aralığında olduğu deşarj noktasına en yakın istasyonda amfipotların (turnaksılar) önce sayılarının azaldığı ve sonra tamamen yok olduklarını belirtmişlerdir.

Membran konsantrelerinin bertaraf teknikleri üzerine her tesise uygulanabilecek anahtar bir çözüm olmamakla birlikte, halihazırda uygulanan farklı bertaraf yöntemleri ve teknikleri bulunmaktadır. Konsantrelerin deşarj limitleri/standartları için de kabul görmüş ortak bir mevzuat mevcut değildir (Kitiş 2017).

Farklı ülkelerdeki deşarj mevzuatları irdelendiğinde, sadece birkaç ülkede (İsrail, deşarjı > 100000 m³/gün olan tesisler için) sabit deşarj limitlerinin (SWRO konsantrelerinin denize geri deşarjı durumunda) olduğu görülebilir. (Voutchkov 2011; Ladewig and Asquith 2012).

Sabit deşarj limitleri yerine çoğu ülkede (ABD gibi) alıcı ortam kalitesine göre, proje bazlı spesifik deşarj izinlerinin verildiği bilinmektedir (Squire 2000; Reclamation 2004,2006a; Ro-bert 2010; Spellman 2016).

En eski uygulamalardan biri olan SWRO tesislerinde genel olarak TO membran konsantreleri denize geri deşarj edilmektedir (Reclamation, 2006a,b; Water Corporation of Western Australia 2006; Khawaji vd. 2008; UNEP 2008; Kucera 2010; Fane vd. 2011; Ladewig and Asquith 2012; Spellman 2016).

Çoğu konvansiyonel SWRO tesislerinde su kazanımı (ürün suyu üretimi) yaklaşık % 50-55 seviyelerinde olduğundan, denizden çekilen debinin yaklaşık yarısı konsantre olarak denize geri basılmaktadır. Dolayısıyla denize geri basılan konsantre aslında denizden çekilen su içeriğinin (tuzluluk vd.) yaklaşık 2 katı konsantre edilmiş halidir. Bu basit kütle dengesi baz alındığında, SWRO konsantrelerinin denizel ortamlara olası çevresel etkilerinin az olabileceği öngörülebilir. (Kitiş 2017).

Denize yapılan tuzlu su deşarjlarında deşarj yükleri, seyrelme ve deniz ortamının hidrodinamik şartlarına (açık/kapalı koylar, sirkülasyon, akıntı durumları vd.) göre, tuzluluk değeri zamanla artabilmekte ve deniz çayırı ve benzeri canlılara zarar verebilmektedir (Chesher 1971; Reclamation 2006b; Water Corporation of Western Australia 2006; Sánchez-Lizaso vd. 2008).

Tuzlu su deşarjı ile ilgili AB Direktifi (Council Directive 92/43/EEC) (EU 1992), koruma altındaki türler arasında tuzluluğa en hassas tür olarak deniz çayırını (*Posidonia oceanica*) belirtmektedir. Deniz çayırının özellikle Akdeniz'deki yaşama şartları tuzluluk bakımından son derece kısıtlı bir aralıktadır (Sánchez-Lizaso vd. 2008).

Membran tesislerinin kurulduğu ilk yıllarda teknoloji ve tesis lokasyonu seçimlerindeki temel faktörler; proses maliyetleri, besleme suyunun yeri, besleme suyunun kalitesi, besleme suyunun yeterli miktarda olması iken, artık artan çevresel ve deşarj baskılarından dolayı, temel faktörlerden biri de membran konsantrelerinin yönetimi ve bertarafı olmuştur (Kitiş 2017).

3. MATERYAL VE METOT

Bu tez çalışmasında Muğla İli, Bodrum İlçesi, Turgutreis Beldesi, İslamhaneleri Köyü, Bağla, Bank Ev Cad. No.39 (Bağla Koyu) adresinde yer alan TT Bodrum Oteli ve Muğla İli, Bodrum İlçesi, Gümbet Mevkii, Adnan Menderes Caddesi No.63 adresinde (Gümbet Koyu) yer alan WOW Bodrum Otelinin kullanma suyu temini için işletilen ve deniz suyundan beslenen TO prosesinin denize deşarj edilen konsantre sularının analiz yöntemleri ve sonuçlarının değerlendirilmesi yapılarak mevcut durum ortaya konulmak istenmiştir.

Temin edilen veriler ve sonuçlar Ulusal ve Uluslararası çevre mevzuatları çerçevesinde değerlendirilmiştir. Seçilen tesislerin ortak özelliği konumları gereği şehir şebeke suyu bağlantısı ve yeraltı suyu kuyusu bulunmamaktadır. Bu sebeple kullanma suyu ihtiyacını TO sistemi ile deniz suyunu arıtarak karşılamak zorunda olmalarıdır. Bu tip kıyı tesislerinde su temini için oldukça etkin bir yöntem olarak TO prosesi karşımıza çıkmaktadır.

TO ile deniz suyu desalinasyonu sonucu oluşan deniz suyundan daha yüksek tuzluluğa sahip konsantre suları tekrar alındığı ortam olan denize geri deşarj edilmektedir. TO giriş ve konsantre sularında ve deşarjın yapıldığı Bağla Koyu'nda deniz içinde on-line olarak derinlik profillerine göre su kalite analizlerinin yapıldığı ve ayrıca on-line analizlere ek olarak, yeter sayıda numunelerin laboratuvara getirilerek diğer su kalite parametrelerinin analizlerinin yapıldığı tespit edilmiştir.

Su kalite analizlerinin yanı sıra deşarjın yapıldığı deniz ortamında ve deşarj hattında/difüzör bölgesinde çevresel etkiler açısından su üstü ve su altında görsel incelemeler yapılmıştır. Gümbet Koyu'nda su kalite analizlerinin yapıldığı ve yeter sayıda numunelerin laboratuvara getirilerek diğer su kalite parametrelerinin analizlerinin yapıldığı tespit edilmiştir.

Bağla Koyu'nda ilk aşama TO besleme ve TO konsantre suyunda su kalite analizleri yapılmıştır. Bu analizler kapsamında yerinde on-line olarak sıcaklık, EC, tuzluluk, TÇK, pH, ÇO ve ÇO doymunluk değeri parametrelerinin ölçüldüğü ve ayrıca TO besleme ve TO konsantre suyunda laboratuvarında yapılacak su kalite analizleri (bulanıklık, AKM, sülfat, klorür, demir, TN, TOK, toplam koliform ve fekal koliform) için numunelerin alınması işlemleridir.

İkinci aşama TO konsantresinin denize deşarjının etkilerini belirlemek amacıyla deniz içinde farklı noktalarda deniz suyu kalite analizlerinin yapılması ve laboratuvarında yapılacak diğer deniz suyu kalite analizleri için numunelerin alınması işlemleridir. Gümbet Koyu'nda da yapılan benzer çalışma bu tez çalışmasında irdelenmiştir.

Bu iki aşamada da ölçüm ve analizlerde kullanılan analiz mototları ile kullanılan cihazların çalışma sistemleri hakkında detaylı bilgilerin verilmesi ve analiz sonuçlarının ve değerlendirilmelerin uygunluğunun Ulusal ve Uluslararası çevre mevzuatı hükümleri açısından irdelenmek istenmiştir. TO konsantre suyunun alıcı ortama verilmesinden kaynaklanan çevresel sorunlar hakkındaki literatür ve mevzuat çalışmalarının kısıtlı olduğu görülmektedir.

Ülkemizde yürürlükte olan “2872 sayılı Çevre Kanunu” içerisinde TO giriş ve çıkış suları için, “Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Tablo 20.7: Su Yumuşatma, Demineralizasyon ve Rejenerasyon, Aktif Karbon Yıkama ve Rejenerasyon Tesisleri” kapsamında istenilen parametreler pH, klorür, sülfat, demir ve balık biyodeneyi’dir. Yalnız ham su ve konsantre sularının verileceği alıcı ortamın deniz olması durumunda ilgili mevzuat maddesi ve su kalitesinde istenen parametrelere yer verilmemektedir.

“Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği 27. Maddesi” hükmüne TO işlemi sonrasında oluşan konsantre suyun doğrudan denize deşarj edilmesi durumunda, alıcı ortam kalitesini değiştirmediyini yapılacak olan “Deniz Suyu Genel Kalite Kriterleri” analizleri ile ispatlatmaları, hazırlanacak olan bilimsel rapor ile verildiği deniz ortamında ekosisteme olumsuz etkisinin olmadığı belirlenmesi halinde TO vb. işlemler sonucu oluşan konsantre kısımları doğrudan denize veya soğutma suyu hattına deşarj etmekte sakınca bulunmadığı Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’na belirtilmektedir.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı 2014 yılında başlatılan uygulamasına göre kapasitesi 3000 m³/gün’ den az olan konsantre tuzu suların deşarjı için; deşarj noktasından itibaren 50 m yarıçaplı dairesel sınırdaki seyrelme sağlanarak, yüzme suyu alanları hariç olmak üzere kıyıdan deşarj yapılabilir. Yüzme suyu alanının bulunması durumunda deşarjın kıyı koruma bandının (500 m) dışından yapılması gerekmektedir.

Kıyı koruma bandı çalışma yapılan her iki bölgede de Muğla Valiliği, Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü kararıyla 300 m olarak uygulanmaktadır. Bu uygulamalarda, ilk karışım bölgesindeki (birinci seyrelme sonrası) tuzluluk artışı hassas deniz alanlarında % 2, diğer yerlerde ise % 3’ü aşmamalıdır.

TO işlemi sonrasında oluşan konsantre suyun doğrudan denize deşarj edilmesi durumunda, alıcı ortam kalitesini değiştirmeyeceği ispat edilmesi ile ayrıca, “Mülga Çevre Kanununca Alınması Gereken İzin ve Lisanlar Hakkında Yönetmelik (Çevre İzin ve Lisanları Hakkında Yönetmelik)” kapsamında deşarj konulu çevre izninden muaf olacağı mütalaa edilmektedir.

TO işlemi sonrasında oluşan konsantre suyun doğrudan denize deşarj edilmesi durumunda, alıcı ortam kalitesini değiştirmeyeceği ispat edilmesi için, su kalite parametrelerinin belirlenmesi ve gerekli analizleri hakkında “Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Numune Alma ve Analiz Metotları Tebliği” referans olmaktadır. Tebliğde yer alan su kalite parametreleri arasında sıcaklık, EC, tuzluluk, pH, ÇO, ÇO doygunluk değeri, bulanıklık, AKM, klorür, sülfat, TN, TOK ve fekal koliform analizleri yer almaktadır. Bu analizler ülkemizde “Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Numune Alma ve Analiz Metotları Tebliği”nde belirtilen metotlar seçilerek yapılmaktadır.

Faaliyette olan iki pilot tesisin konsantre suyu deşarjının ölçüm ve analizlerin sonuçlarının detaylı incelenmiş ve değerlendirme dışında tutulan ağır metal parametreleri ile deniz ortamında birikimi-sucul canlılara etkisinin literatür araştırmaları ile desteklenmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmada kullanılan yasal mevzuatın istediği ve yeterli bulduğu teknik raporların kapsamının geliştirilmesi ve bu konuda hakkında yapılacak tez ve doktora çalışmalarında bir adım ileriye taşınarak akademisyenlerce tartışılması açısından TO konsantre sularının denize deşarjında su kalite analizlerine ek olarak ağır metal analizlerinin yapılması ile sucul mikroorganizma, bitki ve hayvanlara etkisinin araştırılması önerilebilir.

3.1. Tesisler Hakkında Genel Bilgiler

TT Hotels Bodrum Imperial Oteli Muğla İli, Bodrum İlçesi, Turgutreis Beldesi, İslamhaneleri Köyü, Bağla, Bank Ev Cad. No.39 (Bağla Koyu) adresinde, N18C-22-d2 pafta ve 1046, 1047, 1056 parsel numaralarında Turktur Bodrum Otelcilik Tur. Yat. ve İşl. A.Ş. adına kayıtlı, 40000 m² yüzölçümlü alan üzerinde, 19365 m² yüzölçümlü kapalı alanda faaliyet göstermektedir. Tesis yukarıda belirtilen adreste TT Hotels Turkey Otel Hiz. Tur. ve Tic. A.Ş. tarafından kiralanmak suretiyle işletilmektedir.

Tesis 28.11.1996 tarih ve 6531 sayılı turizm işletme belgesine sahip 5 yıldızlı bir otel işletmesidir. Tesis 377 oda ve 964 yatak kapasitesine sahip olup yaklaşık 200 personeli ile hizmet sektöründe faaliyet göstermektedir. Otelin konaklama üniteleri 9 adet villa evleri ile toplam 7000 m² kapalı alanda yer almaktadır.

Tesiste 475 kişilik lokanta, 200 kişilik açık lokanta, 350 kişilik gösteri salonu, 100 ve 300 kişilik iki ayrı çok amaçlı salon, 100 kişilik disko, oyun salonu, 2 adet çocuk kulübü, amfi tiyatro, açık yüzme havuzu, spor/jimnastik salonu, Türk hamamı, sauna, 6 adet tenis kortu ve otopark üniteleri de bulunmaktadır. TT Hotels Bodrum Imperial Oteli bu tez çalışmasında TT Bodrum olarak anılacaktır.

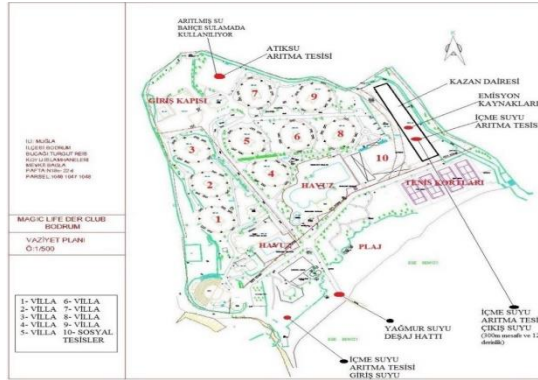
World Of Wonders Bodrum Resort Oteli Muğla İli, Bodrum İlçesi, Gümbet Mevkii, Adnan Menderes Caddesi No.63 (Gümbet Koyu) adresinde tapunun 11 Pafta 20 Ada ve 18 Parsel numarasında kayıtlı 37871 m² kapalı alan ve 21542 m² açık alanda faaliyet göstermektedir. WOW Bodrum toplamda 540 oda 1080 yatak kapasitesine müşterilerine hizmet vermektedir.

Tesiste amfi tiyatro, kapalı disko, açık-kapalı yüzme havuzları, sauna, Türk hamamı, masaj odası, fitness, satış üniteleri, lobi bar, çamaşırhane, kuru temizleme, restoranlar (300 kişilik lokanta, 320 kişilik özel yemek kokteyl salonu, 50 kişilik İtalyan restoran, 50 kişilik kapalı-130 kişilik açık Türk mutfağı), spor salonları, su sporları, çocuk oyun alanı ve kapalı otopark bulunmaktadır. World Of Wonders Bodrum bu tez çalışmasında WOW Bodrum olarak anılacaktır.

TT Bodrum ve WOW Bodrum uydu görüntüleri Şekil 3.1’de, yerleşim planları Şekil 3.2’de ve genel görünümü Şekil 3.3’de gösterilmiştir.



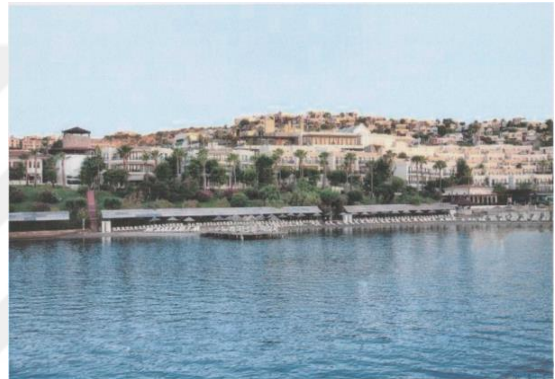
Şekil 3.1. a) TT Bodrum uydu görünümü; b) WOW Bodrum uydu görünümü



(a)

(b)

Şekil 3.2. a) TT Bodrum yerleşim planı; b) WOW Bodrum yerleşim planı



(a)

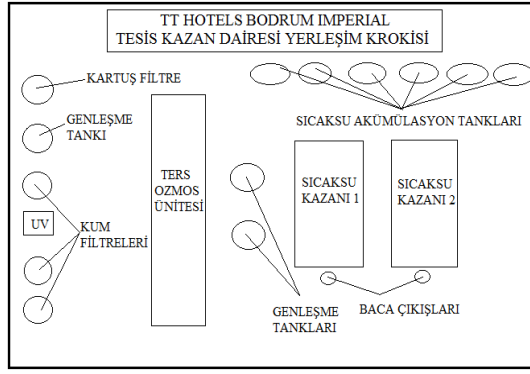
(b)

Şekil 3.3. a) TT Bodrum genel görünümü; b) WOW Bodrum genel görünümü

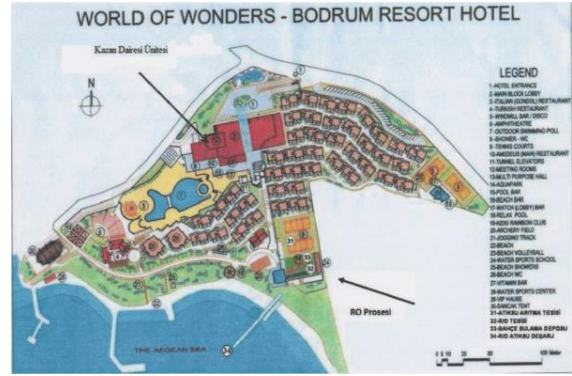
TT Bodrum tesisinde içme ve kullanma suyunu şehir içme suyu şebekesi ve tatlı su kuyuları bulunmadığı için 1000 m³/gün kapasiteli (400 m³/gün ürün suyu kapasiteli) TO prosesi ile deniz suyundan arıtarak sağlamaktadır. TT Bodrum Otelin bulunduğu bölgede kanalizasyon hattı da bulunmamaktadır. Bu sebeple tesiste oluşan atıksular tesise ait herbiri 160 m³/gün kapasiteli toplam 3 adet ardışık kesikli paket atıksu arıtma tesisinde arıtılmaktadır. Arıtılan atıksular bahçe sulamasında kullanılmaktadır.

WOW Bodrum tesisinde içme suyu ve kullanma suyu temini için işletilen ilk kademesi 250 m³/gün ürün suyu kapasiteli ve ikinci kademesi 250 m³/gün ürün suyu kapasiteli olmak üzere iki kademeli TO prosesi kazan dairesinde konumlandırılmış durumdadır. Oluşan evsel nitelikli atıksular işletmede 1000 m³/gün kapasiteli, kaba filtre, dengeleme havuzu, ince filtre, havalandırma havuzu, son çöktürme havuzu ünitelerinden oluşan biyolojik atıksu arıtma tesisinde arıtılarak bahçe sulama amaçlı olarak kullanılmaktadır. Bahçe sulama fazlası atıksular Bodrum Belediyesi kanalizasyon hattına verilmektedir.

TT Bodrum TO prosesi kazan dairesinde yer almaktadır. TO prosesi bulunan kazan dairesi yerleşim krokisi Şekil 3.4a'da gösterilmiştir. WOW Bodrum kazan dairesi ve TO prosesleri farklı alanlarda yer almaktadır. Kazan dairesi ve TO prosesi işaretli vaziyet planı Şekil 3.4b'de gösterilmektedir.



(a)



(b)

Şekil 3.4. a) TT Bodrum kazan dairesi yerleşim krokisi; b) WOW Bodrum kazan dairesi ve TO prosesi işaretli vaziyet planı

3.2. TO Prosesleri

3.2.1. TT Bodrum TO prosesi

TT Bodrum içme ve kullanma suyu ihtiyacını TO prosesi (Şekil 3.5a) ile karşılamaktadır. TO prosesine giren ham su yaklaşık % 80 denizden, % 20 ise sahile yaklaşık 30 m mesafedeki üç adet keson kuyudan alınarak sağlanmaktadır. Denizden 800 m³/gün ve denize yakın keson kuyulardan 200 m³/gün su çekilerek 1000 m³'lük ham su deposuna biriktirilmektedir.



(a)



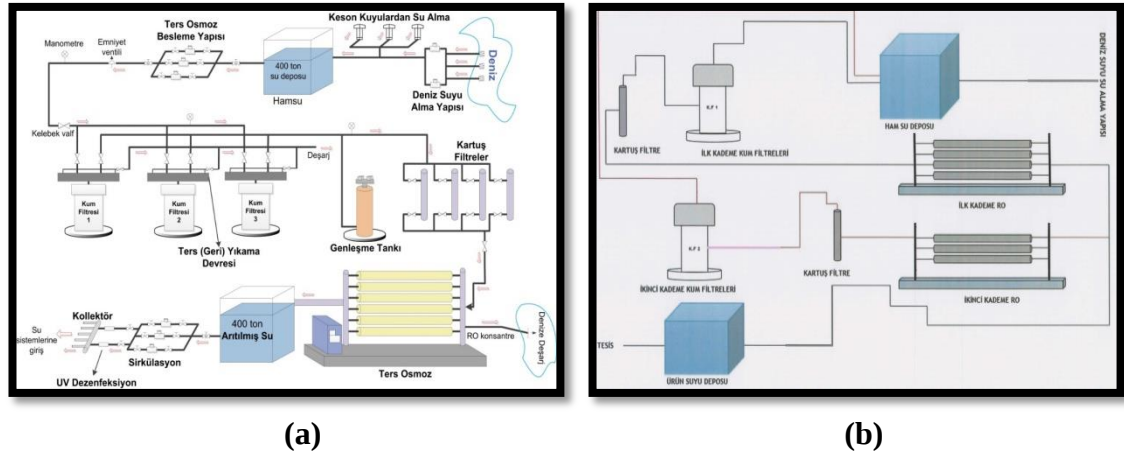
(b)



(c)

Şekil 3.5. a) TT Bodrum TO prosesi genel görünümü; b) WOW Bodrum TO prosesi 1. kademe genel görünümü; c) WOW Bodrum TO prosesi 2. kademe genel görünümü

Ham su deposundan Şekil 3.6a'da akış diyagramı verilen TO prosesine sabit debi ile su beslenmektedir. Ham su deposundan su ilk olarak maksimum 8 bar basınç kapasiteli ve suyun kum filtrelerine girişini sağlayan pompaya gelmektedir. TO konsantre suları Bağla Koyu'na deşarj hattı ile deşarj edilmektedir. Difüzör ağzı boru üst kotu derinliği 8,40 m olarak bulunmuştur. Bodrum yarımadası güneyinde (Turgutreis çevresi) sahillere yakın deniz tabanı eğimi genellikle % 1'den küçüktür. Bu düşük eğimlerden dolayı, deniz tabanı eğimi salt kriter olarak dikkate alındığında, 8,40 m deşarj derinliği uygun olduğu mütalaa edilebilir.



Şekil 3.6. a) TT Bodrum TO prosesi akım şeması; b) WOW Bodrum TO prosesi akım şeması

Deşarjın olduğu bölgede deniz tabanı kumsaldır ve denizde doğal ve berrak bir görünüm bulunmaktadır. Tesis yetkilileri ile birlikte su altında farklı zamanlarda yaptığımız dalışlarda elden edilen video ve fotoğraflarda difüzör etrafında ve deniz tabanında tortu/sediman birikimi ve bulanıklık gözlenmemiştir. Berrak görünüm ve iyi derecede ışık geçirgenliğinden dolayı 8,40 m derinliğindeki difüzör su üstünden görülebilmektedir. Seki diski derinliğinin 8 m' den daha yüksek olduğu kabul edilebilir.

Su pompadan ortalama 6 bar basınç ile kum filtrelerine (Şekil 3.7a) girmektedir. 3 adet paralel kum filtresi TO prosesi öncesi ön arıtma amacıyla işletilmektedir. Kum filtrelerinde meydana gelen tıkanmalar ve kirlenmelerin giderilmesi için belirli zaman aralıklarında ters yıkamalar yapılmaktadır.



(a)



(b)

Şekil 3.7. a) TT Bodrum kum filtreleri; b) WOW Bodrum 1. ve 2. kademe kum filtreleri

Kum filtrelerinin geri yıkama suları oteldeki mevcut atıksu arıtma tesisine gönderilmektedir. Kum filtrelerinden çıkan suyun basıncı ortalama 4,8 bar civarındadır. Kum filtrelerinden çıkan sular basınç değişimlerini dengelemek amacıyla genleşme tankına geçmekte ve genleşme tankı vasıtasıyla sabit basınçla (3,2 bar) 4 adet paralel bağlı kartuş filtrelerine girmektedir. Kartuş filtrelerde kum filtrelerinden tutulmadan çıkan kolloidlerin giderilmesi sağlanmaktadır.

Kirlenen kartuş filtreleri yaklaşık haftada bir kez değiştirilmektedir. Kartuş filtre çıkışında basınç ortalama 2,6 bar civarındadır. Kartuş filtrelerden çıkan sular 1,7 bar basınçla yüksek basınç pompasına gelmektedir. Yaklaşık 50 bara basınçlandırılan su tek kademeli TO prosesine girmektedir. Sistemde toplam 6 adet paralel bağlı olarak işletilen membran kılıfı bulunmakta ve her bir kılıfta 8 inç çapında 6 adet seri bağlı spiral sarım (GE FilmTec marka) deniz suyu TO membran modülü (SWRO) bulunmaktadır (Şekil 3.8a).



(a)



(b)

Şekil 3.8. a) TT Bodrum TO membran kılıfları; b) TT Bodrum TO kontrol paneli

Tek kademeli SWRO sistemiyle ortalama 400 m³/gün temiz su (ürün suyu) elde edilmektedir. TO prosesinin konsantre suyu debisi ortalama yaklaşık 600 m³/gün'dür. Bu konsantre suyu deniz deşarj hattı ile Bağla Koyu'na 300 m mesafede, 8,40 m derinlikten deşarj edilmektedir. TO modüllerinden çıkan arıtılmış ürün suyu 400 m³'lük ürün suyu deposuna gelmekte, buradan da dezenfeksiyon amacıyla UV işlemine tabi tutulup, kullanılacak bölgelere dağıtımı sağlanmaktadır.

3.2.2. WOW Bodrum TO prosesi

WOW Bodrum içme ve kullanma suyu ihtiyacını karşılamak için herbiri 250 m³/gün kapasiteli olmak üzere iki kademeli TO prosesi ile (Şekil 3.5b ve 3.5c) kurulu bulunmaktadır. TO prosesine giren ham su tesise ait iskelenin alt noktasında yer alan su alma hattı 50 m uzunluğunda olup buradan 2 adet 40 m³/sa kapasiteli pompa ile deniz suyu TO sisteminin kurulu olduğu bölümde hamsu deposuna alınmaktadır.

Sistemde yer alan ham su deposu 5 m eninde 6 m uzunluğunda olup 5 m derinlikte olup hamsu deposu 150 m³ hacme sahiptir. Deniz suyu hamsu deposundan 2 adet dalgıç pompa ile kum filtresi ünitesine verilmektedir. Şekil 3.6b'de akım şeması verilmiştir. Ham su deposundan TO prosesine sabit debi ile su beslenmektedir. Ham su deposundan su ilk olarak, suyun kum filtrelerine girişini sağlayan pompaya gelmektedir. Su pompadan (Şekil 3.7b) kum filtrelerine girmektedir. Her iki kademe için de birer adet kum filtresi TO prosesi öncesi ön arıtma amacıyla işletilmektedir.

Tesiste kullanılan kum filtrelerinde ters yıkamalar yapılmaktadır. Kum filtrelerinin geri yıkama suları otelde yer alan atıksu arıtma tesisine gönderilmektedir. Kum filtrelerinden çıkan sular her bir kademe için birer adet bulunan kartuş filtrelerdir. Kartuş filtrelerde kum filtrelerinden tutulmadan çıkan kolloidlerin tutulması sağlanmaktadır.

Kirlenen kartuş filtreleri haftada bir kez değiştirilmektedir. Kartuş filtrelerden çıkan sular yüksek basınç pompasına gelmektedir. Yaklaşık 64,5 bara basınçlandırılan su iki kademeli TO prosesine girmektedir. Sistemde ilk kademede 4 adet ikinci kademede ise 3 adet olmak üzere toplam 7 adet seri bağlı spiral sarım deniz suyu TO membran modülü (SWRO) bulunmaktadır. (Şekil 3.9a ve Şekil 3.9b).



Şekil 3.9. a) WOW Bodrum TO prosesi 3 adet seri bağlı membran kılıfı; **b)** WOW Bodrum TO prosesi 4 adet seri bağlı membran kılıfı; **c)** WOW Bodrum TO prosesi kontrol paneli

İki kademeli SWRO sistemiyle ortalama ilk kademede 250 m³/gün ikinci kademede ise 250 m³/gün olmak üzere toplam 500 m³/gün temiz su elde edilmektedir. TO prosesinin konsantre suyu debisi ortalama 940 m³/gün'dür. Bu konsantre suyu deniz deşarj hattı ile koya 300 m mesafede, 12 m derinlikten deşarj edilmektedir.

TO modüllerinden çıkan arıtılmış ürün suyu 8 m³'lük silindirik PE dik tankta depolanmakta ve buradan 7,5 KW kapasiteli 2 adet santrifüj tip pompa ile su deposuna gönderilerek kullanılacak bölgelere dağıtımı sağlanmaktadır. TO prosesini oluşturan kum filtreleri, kartuş filtreleri ve TO membran modülleri tam otomasyonla tek bir kontrol paneli vasıtasıyla işletilebilmektedir (Şekil 3.9c).

3.2.3. TO proseslerinde anti-skalan kullanımı

Deniz suyu TO membranları tıkanma kontrolü için asit veya anti-skalan kullanılmaktadır. TO membranlarının inorganik tabanlı tortulara karşı tıkanma kontrolü için belirli periyotlarda anti-skalan (AQUALINE marka AP407 kod numaralı, sıvı formda) besleme suyuna dozlanmaktadır.

Besleme suyundaki anti-skalan dozu 5-10 mg/L aralığında küçük konsantrasyonlarındadır. TO konsantresindeki anti-skalan konsantrasyonları deniz ortamında çok daha küçük ve deteksiyon limitlerinin altındaki konsantrasyonlara seyrelmesi beklenmektedir.

TO prosesini oluşturan kum filtreleri, kartuş filtreleri ve TO membran modülleri tam otomasyonla tek bir kontrol paneli vasıtasıyla işletilebilmektedir (Şekil 3.8b ve Şekil 3.9c).

AQUALINE marka AP407 kod numaralı anti-skalan, 1967/548/EEC ya da 1999/45/EC'ye göre tehlikeli olarak sınıflandırılmamaktadır. Kullanılan anti-skalan içerisindeki maddelerin hiçbiri, Uluslararası Kanseri Araştırmaları Kurumu (IARC), Ulusal Toksikoloji Programı (NTP) ya da Amerikan Devlet Endüstriyel Hijyen Uzmanları Konferansı (ACGIH) tarafından belirlenen kanserojen madde listelerinde yer almamaktadır.

Ürünün organik bölümünün, doğal olarak biyolojik bozunmaya uğraması beklenmektedir. Ürünün biyolojik olarak birikmesi beklenmemektedir. Ürüne TO taş önleme (anti-skalan) kategorisinde ANSI/NSF Standart 60 kapsamında NSF/Uluslararası tescil verilmiştir. Resmi adı "Muhtelif Su Besleme Ürünleri" dir.

TT Bodrum TO prosesi proje teknik verileri Çizelge 3.1'de detaylı olarak verilmiştir.

Çizelge 3.1. TT Bodrum TO prosesi proje teknik bilgileri

İşletme Parametresi	Değer
Kum filtre giriş basıncı (bar)	5,9
Kum filtre çıkış basıncı (bar)	4,8
Kartuş filtre giriş basıncı (bar)	3,2
Kartuş filtre çıkış basıncı (bar)	2,6
Yüksek basınç pompasına ham su giriş basıncı (bar)	1,7
Yüksek basınç pompasından çıkış basıncı (bar)	50
Membran kılıflarına giriş basıncı (bar)	50
Ürün suyu verimi (%)	44
Ürün suyu debisi (m ³ /saat)	17,3
Ürün suyu iletkenlik (µs/cm)	493
Ürün suyu sıcaklık (°C)	24,7
Ürün suyu pH	8,11
Ürün suyu sertlik (Fransız Sertliği)	1,78
Ham su debisi (m ³ /saat)	41,2
Ham su iletkenlik (µs/cm)	48000
Ham su sıcaklık (°C)	24
Ham su pH	7,45
1.Membran kılıfı ürün suyu iletkenlik (µs/cm)	356
2.Membran kılıfı ürün suyu iletkenlik (µs/cm)	412
3.Membran kılıfı ürün suyu iletkenlik (µs/cm)	365
4.Membran kılıfı ürün suyu iletkenlik (µs/cm)	323
5.Membran kılıfı ürün suyu iletkenlik (µs/cm)	417
6.Membran kılıfı ürün suyu iletkenlik (µs/cm)	415

WOW Bodrum TO prosesi 1. ve 2. kademe proje teknik verileri detaylı olarak sırasıyla Çizelge 3.2 ve Çizelge 3.3' de verilmiştir.

Çize1ge 3.2. WOW Bodrum 1. kademe TO prosesi proje teknik bilgileri

İşletme Parametresi	Değer
Yüksek basınç pompasından çıkış basıncı (bar)	65
Membran giriş basıncı (bar)	64,5
Membran çıkış basıncı (bar)	4,3
Ürün suyu verimi (%)	49
Ürün suyu debisi (m ³ /saat)	9,8
Ürün suyu pH	8,74
Ham su debisi (m ³ /saat)	20
Ham su pH	8,10

Çize1ge 3.3. WOW Bodrum 2. kademe TO prosesi proje teknik bilgileri

İşletme Parametresi	Değer
Yüksek basınç pompasından çıkış basıncı (bar)	65
Membran giriş basıncı (bar)	58
Membran çıkış basıncı (bar)	4
Ürün suyu verimi (%)	33
Ürün suyu debisi (m ³ /saat)	9,9
Ürün suyu pH	8,77
Ham su debisi (m ³ /saat)	30
Ham su pH	8,10

3.3. Saha Çalışmaları ve Analizler**3.3.1. Saha çalışmaları**

TT Bodrum ve WOW Bodrum personelleri, teknik raporları hazırlayan öğretim görevlileri, Muğla Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü ve Çevre ve Şehircilik Bakanlığı yetkilileri ile görüşmeler yapılmıştır. (Şekil 3.10). TO prosesleri ve deşarj yapıları farklı yıllarda (2013, 2016 ve 2018) yerinde incelenmiştir. (Şekil 3.11a ve Şekil 3.11b).

TO prosesinin konsantre suyunun çıkış noktası ve denize deşarj hattına giriş noktaları tespit edilmiştir. TO ünitesine su alma yapısı (deniz suyu emiş ağız ve emiş hattı) ve TO ünitesinin konsantre sularının denize deşarj edildiği deşarj hattı ve difüzör hakkında bilgiler ve su altı görünümüleri otel yetkilileri ile birlikte çalışma sırasında yapılan dalışlarla temin edilmiştir.

TT Bodrum için TO giriş ve konsantre sularında ve deşarjın yapıldığı Bağla Koyu'nda deniz içinde on-line olarak derinlik profillerine göre su kalite analizlerinin yapıldığı, On-line analizlere ek olarak, yeter sayıda numune Süleyman Demirel Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü Laboratuvarına getirilerek diğer su kalite parametrelerinin analizlerinin yapıldığı tespit edilmiştir. Su kalite analizlerinin yanı sıra deşarjın yapıldığı deniz ortamında ve deşarj hattında / difüzör bölgesinde çevresel etkiler açısından görsel incelemeler yapılmıştır.

Otel işletmesinin TO konsantre suları için 2011-2012 ve 2013 yıllarında “Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Tablo 20.7: Sektör: Su Yumuşatma, Demineralizasyon ve Rejenerasyon, Aktif Karbon Yıkama ve Rejenerasyon Tesisleri” kapsamında akrediteli özel Egelab (İzmir), AST (İstanbul) ve Akademi (Bodrum) laboratuvarlarına yaptırmış olduğu su kalitesi analizleri (Klorür, Sülfat, Demir, pH) verileri dikkate alınmıştır.

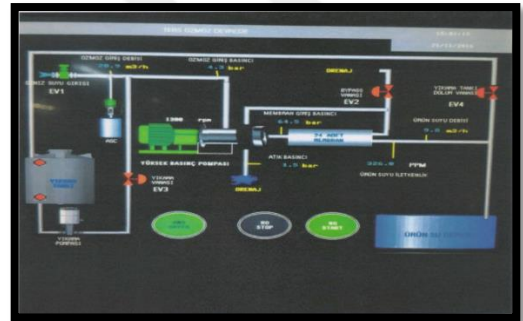
WOW Bodrum için ise 9 farklı ölçüm istasyonunda sıcaklık elektriksel iletkenlik, tuzluluk, pH ve ÇO analizlerinin yapıldığı, denizden alınan numunelerin analizleri Türk Akreditasyon Kurumu tarafından akrediteli Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Çevre Sorunları Laboratuvarında yapıldığı bilgisi edinilmiştir.



Şekil 3.10. TT Bodrum TO prosesi ile ilgili teknik görüşmeden bir görünüm



(a)



(b)

Şekil 3.11. a) TT Bodrum TO prosesi kontrol panelinden bir görünüm; b) WOW Bodrum TO prosesi kontrol panelinden bir görünüm

3.3.2. Su kalite analizleri ve OTT Hydrolab DS5 cihazı

TO besleme, TO konsantre ve deniz suyu kalite analizlerinde OTT Hydrolab marka Sonda DS5 model on-line ölçüm yapabilen cihaz (Şekil 3.12a) kullanılmıştır. OTT Hydrolab Sonda DS5 cihazı üzerinde derinlik ölçümü için basınç sensörü ve sıcaklık, EC, pH, ÇO, ORP parametrelerinin ölçümünü yapan probler mevcuttur (Şekil 3.12b). Cihaz ölçtüğü EC değerine ve sıcaklığa bağlı olarak tuzluluk ve TÇK parametrelerini de aynı anda hesaplayabilmektedir. Cihaz tüm parametreleri hem derinliğe, hem de zamana karşı ölçebilmektedir. Söz konusu cihaz deniz ya da göl gibi bir su kütlelerinde yüzeyden itibaren 200 m derinliğe kadar ölçüm yapabilmektedir.



(a)

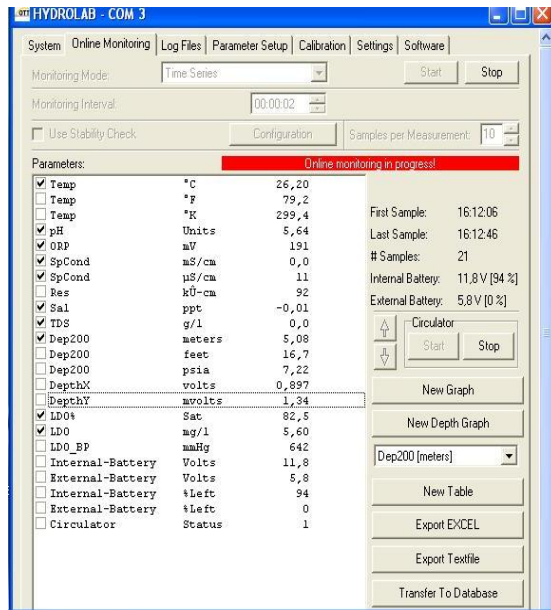


(b)

Şekil 3.12. a) Hydrolab Sonda DS5 su kalitesi ölçüm cihazı; **b)** Hydrolab Sonda DS5 su kalitesi ölçüm cihazı proplarının görünümü

Cihaz proplarının ölçtüğü değerler Hydras3 LT programı (software) sayesinde bilgisayar ekranında on-line olarak görünmekte (Şekil 3.13) ve kaydedilmektedir. Kaydedilen veriler Hydras3 LT programı vasıtasıyla aynı zamanda Microsoft® Excel programına da aktarılıp kaydedilebilmektedir. OTT Hydrolab DS5 cihazı ile su/deniz suyu kalite analizlerine başlamadan önce EC, pH, ÇÖ ve ORP propları ilgili spesifik standart çözeltiler ve Hydras3 LT programı kullanılarak kalibre edilir.

Sahada analizlere başlamadan önce derinlik kalibrasyonu yapılmaktadır. Cihazın derinlik kalibrasyonunda, probun su ya da deniz yüzeyinde 5 cm kadar suya batmış durumdayken Hydras3 LT programı kullanılarak derinlik değeri sıfır olacak şekilde kalibrasyonu yapılır. Hydras3 LT programının penceresinde kalibrasyonun tamamlanması ile ilgili mesaj görüldükten sonra analizlere başlanmaktadır.



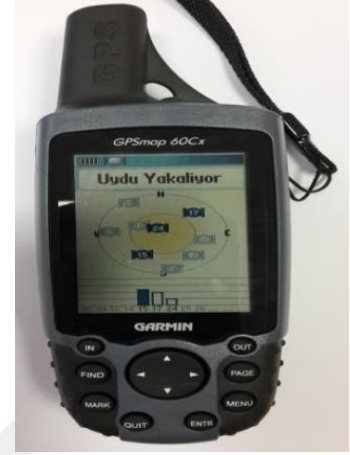
Şekil 3.13. Hydras3 LT programının on-line ölçümlerdeki bilgisayar görünümü

3.3.3. TO besleme suyu ve konsantre suyu numune alımı ve analizler

TO besleme suyundan ve TO konsantre suyundan (Şekil 3.14a) numuneler alınarak detayı OTT Hydrolab DS5 cihazı ile sıcaklık, EC, tuzluluk, pH, TÇK, ÇO ve ÇO doygunluk değeri ölçümleri yapıldığı tespit edilmiştir.



(a)



(b)

Şekil 3.14. a) TT Bodrum TO konsantre suyu çıkışı numune alınması görünümü; b) Garmin marka GPS cihazı

Tesiste OTT Hydrolab DS5 cihazı ile yapılan ölçümler (Şekil 3.15) 5 dakika süre ile her 5 saniyede 1 veri alacak şekilde yapılmıştır. TO besleme ve TO konsantre sularının yerinde on-line ölçümlerinde sıcaklık, EC, tuzluluk, pH, TÇK, ÇO ve ÇO doygunluk değeri parametrelerinin her biri için 60 adet veri elde edildiği görülmüştür.



Şekil 3.15. TT Bodrum TO konsantre suyu on-line analizleri görünümü

TO besleme ve TO konsantre suyunda bulanıklık, AKM, sülfat, klorür, TN, TOK, toplam koliform ve fekal koliform parametreleri için 8 farklı laboratuvarda ölçülmek üzere numunelerin alındığı ve numunelerin analizleri SDÜ, Çevre Mühendisliği Bölümü laboratuvarına 8 saat içinde soğuk zincir işlemiyle ulaştırılıp, analizlerin yapılmasına kadar +4 °C’de muhafaza edildiği bilgisi edinilmiştir.

WOW Bodrum için Gümbet Koyu’nda 9 farklı ölçüm istasyonunda sıcaklık elektriksel iletkenlik, tuzluluk, pH ve ÇO analizlerinin yapıldığı, deniz içerisinde ki 9 farklı ölçüm istasyonundan alınan numunelerin analizleri Türk Akreditasyon Kurumu tarafından akredite edilmiş olan Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Çevre Sorunları Laboratuvarında yapıldığı bilgisi edinilmiştir.

3.3.4. Deniz suyu numune alımı ve analizler

TO konsantre sularının deşarj edildiği Bağla Koyu’nda aşağıda belirtilen toplam 8 noktada on-line olarak derinlik profillerine göre su kalite (sıcaklık, EC, tuzluluk, pH, ÇO, ÇO doygunluk değeri) analizlerinin yapıldığı görülmüştür.

- Difüzör ağzının bulunduğu nokta (300 m açıktaki ve 8,40 m derinlikte),
- Difüzöre farklı YM’ lerdeki 6 nokta (yatayda farklı yarıçapa sahip noktalar),
- Difüzöre uzak yatay bir mesafede referans olarak seçilen bir nokta.

Ölçüm yapılan noktaların coğrafik koordinatları Garmin marka, 60Cx model GPS cihazı (Şekil 3.14b) ile tespit edilip kaydedilmiştir. Deniz içinde ölçüm yapılan noktalar ile ilgili tanımlayıcı bilgiler Çizelge 3.4.’de verilmiştir.

Söz konusu 8 farklı ölçüm istasyonunda OTT Hydrolab DS 5 cihazı ile deniz yüzeyinden başlayarak deniz tabanına kadar (derinliğe bağlı olarak) sıcaklık, EC, tuzluluk, pH, ÇO, ÇO doygunluk değeri analizleri yapıldığı tespit edilmiştir.

Deniz içerisindeki yapılan ölçümlerden fotoğraflar Şekil 3.16a ve Şekil 3.16b’ de verilmiştir. Deniz içerisindeki 1, 4, 5, 6 ve 8 numaralı ölçüm noktalarından laboratuvarda ölçülecek bulanıklık, AKM, sülfat, klorür, TN, TOK, toplam koliform ve fekal koliform analizleri için numunelerin alındığı ve numunelerin analizleri SDÜ, Çevre Mühendisliği Bölümü laboratuvarına 8 saat içinde soğuk zincir işlemiyle ulaştırılıp, analizlerin yapılmasına kadar +4 °C’de muhafaza edildiği bilgisi edinilmiştir.

WOW Bodrum için Gümbet Koyu’nda 9 farklı ölçüm istasyonunda sıcaklık elektriksel iletkenlik, tuzluluk, pH ve ÇO analizlerinin yapıldığı, deniz içerisinde ki 9 farklı ölçüm istasyonundan alınan numunelerin analizleri Türk Akreditasyon Kurumu tarafından akredite edilmiş olan Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Çevre Sorunları Laboratuvarında yapıldığı bilgisi edinilmiştir. Deniz içinde ölçüm yapılan noktalar ile ilgili tanımlayıcı bilgiler Çizelge 3.5.’de verilmiştir.

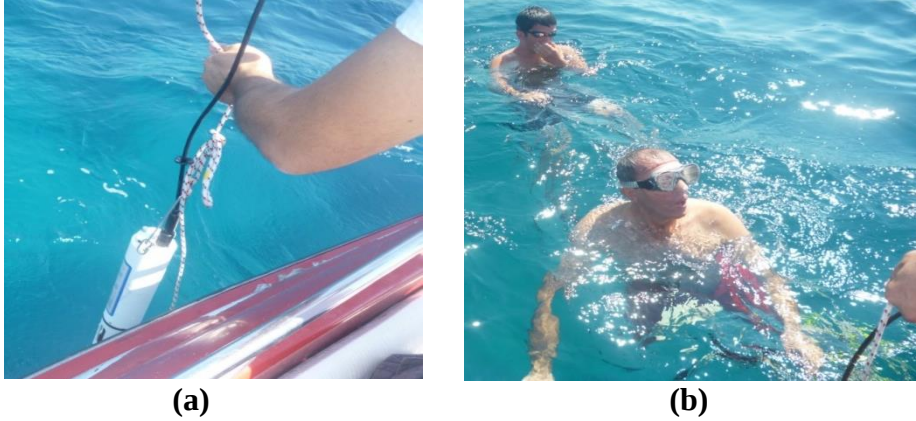
- Difüzör ağzının bulunduğu nokta (300 m açıktaki ve 12 m derinlikte),
- Difüzöre farklı YM’ lerdeki 7 nokta (yatayda farklı yarıçapa sahip noktalar),
- Difüzöre uzak yatay bir mesafede referans olarak seçilen bir nokta.

Çizelge 3.4. TT Bodrum deniz içi ölçüm noktaları ile ilgili tanımlayıcı bilgiler (Kitiş ve Yiğit 2013)

ÖN	ÖN Tanımı	ÖN Koordinatları
1	Difüzör üstü Sahilden 300 m açıkta 8,40 m derinlikte (difüzör ağızı boru üst kotu derinliği)	N36°59'49.8" E027°19'55.5"
2	Difüzöre YM: 14 m	N36°59'49.6" E027°19'57.7"
3	Difüzöre YM: 16 m	N36°59'50.1" E027°19'56.0"
4	Difüzöre YM: 53 m	N36°59'48.9" E027°19'57.3"
5	Difüzöre YM: 108 m	N36°59'51.5" E027°19'51.7"
6	Difüzöre YM: 139 m	N36°59'45.5" E027°19'57.3"
7	Difüzöre YM: 191 m	N36°59'45.2" E027°20'00.7"
8	Difüzöre YM: 666 m REFERANS NOKTA	N36°59'34.4" E027°20'14.4"

Çizelge 3.5. WOW Bodrum deniz içi ölçüm noktaları ile ilgili tanımlayıcı bilgiler (Nas ve Doğan 2016)

ÖN	ÖN Tanımı	ÖN Koordinatları
1	Difüzör üstü Sahilden 300 m açıkta 12 m derinlikte (difüzör ağızı boru üst kotu derinliği)	N37°1'38" E027°53'23"
2	Difüzöre YM: 40 m Kuzey REFERANS NOKTA	N37°1'39" E027°23'55"
3	Difüzöre YM: 35 m Doğu	N37°1'39" E027°23'53"
4	Difüzöre YM: 35 m Batı	N37°1'37" E027°23'53"
5	Difüzöre YM: 37 m	N37°1'38" E027°23'52"
6	Difüzöre YM: 78 m	N37°1'39" E027°23'50"
7	Difüzöre YM: 70 m	N37°1'40" E027°23'52"
8	Difüzöre YM: 180 m SU ALMA NOKTASI	N37°1'41" E027°23'46"
9	Difüzöre YM: 190 m YÜZME ALANI İÇERİSİ	N37°1'41" E027°23'46"



Şekil 3.16. a) TT Bodrum deniz içi su kalitesi ölçümleri başlangıcı görünümü; **b)** TT Bodrum deniz içi su kalitesi ölçümleri görünümü

3.3.5. Analitik ölçümler

TO besleme, TO konsantre suları ve deniz suyu numunelerinin bulanıklık, AKM, klorür, sülfat, TN, TOK, ve fekal koliform analizleri, “Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği Numune Alma ve Analiz Metotları Tebliği’nde” belirtilen metotlar kullanılarak yapılmaktadır.

AKM: Standart Metot 2540’a göre tayin edilmektedir. (APHA 1995). İyice karıştırılan numune sabit tartıma getirilmiş 0,45 µm’lik filtre kağıdından (cam elyaf) süzülmemektedir. Filtre kağıdı 103-105°C’de bir saat süre ile etüvde kurutulur. Desikatörde oda sıcaklığına soğutulup, tartılır ve AKM konsantrasyonu belirlenir.

TOK: Yüksek sıcaklıkta yakma metoduna göre çalışan yüksek hassasiyetli TOC analizörü (TOC-VCPH, Shimadzu) cihazıyla Standart Metot 5310B metoduna göre yapılmıştır (APHA 1998). TOC analizörün min. deteksiyon limiti 50 µg/L civarındadır.

Bulanıklık: WTW marka, Turb550 model bulanıklık ölçer (türbidite-metre) cihazıyla NTU biriminde ölçülür. Cihaz 0,02 NTU min. deteksiyon limitine ve 0,01 NTU ölçüm hassasiyetine sahiptir.

Fekal koliform: Membran filtrasyon tekniğine göre, fekal koliform için belirtilen hazır besiyerleri (MF-C) üzerine ekim yapılarak 37°C’lik inkübatörde 24 saatlik inkübasyondan sonra belirlenir (Sartorius 2003).

Demir: Hach-Lange marka, DR5000 model spektrofotometre cihazıyla Standart Metot 3500-Fe-B metoduna (APHA 1998) göre tayin edilir (Hach-Lange, 2006).

Sülfat: Hach marka, DR2500 model spektrofotometre cihazıyla Standart Metot 4500 SO₄⁻²-E (turbidimetrik) metoduna (APHA 1998) göre tayin edilir (Hach, 1989).

TN: Hach-Lange marka, DR5000 model spektrofotometre cihazıyla Standart Metot 4500-N B (persülfat kaynatarak parçalama) metoduna (APHA 1998) göre tayin edilir (Hach-Lange 2006).

Klorür: DR5000 spektrofotometre cihazı kullanılarak Standart Metot 4500-Cl⁻ G (civa tiyosiyanat) metodu (APHA 1998) kullanılarak tayin edilir (Hach-Lange 2006).

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. TO Besleme Suyu Emiş Ağzı ve Hattı

4.1.1. TT Bodrum TO Besleme Suyu Emiş Ağzı ve Hattı

TT Bodrum TO prosesi için 1000 m³/gün besleme suyu Bağla Koyu'ndan pompajla çekilmektedir. TO prosesine giren ham su yaklaşık % 80 denizden, % 20 ise sahile 30 m mesafedeki üç adet keson kuyudan karışım yapılarak sağlanmaktadır. Karışım sonucu TO beslemesinin tuzluluğunun azalması avantajları;

- Sabit TO giriş basınçlarında suyun ozmotik basıncı azaldığı için daha yüksek ürün suyu akışı elde edilebilir,
- Membran konsantrasyon polarizasyonu ve tıkanmalar azaltılabilir,
- Membranların besleme ve konsantre tarafları arasındaki konsantrasyon gradyanları azalacağı için membranlardan tuz geçişi azalır ve daha kaliteli ürün suyu elde edilebilir,
- Deşarj açısından en önemli unsur ise, deşarj edilen TO konsantresinin tuzluluğu azalır, dolayısıyla da deniz ortamındaki potansiyel olumsuz etkiler azalabilir (Kitiş ve Yiğit 2013).

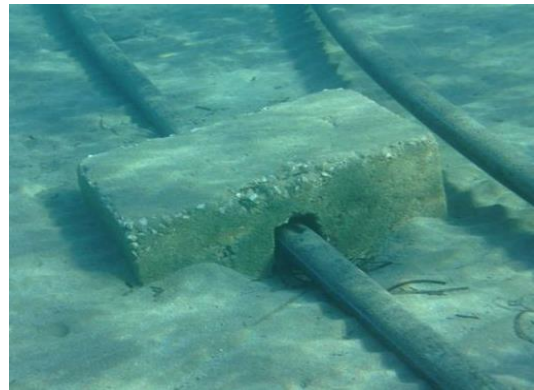
Keson kuyular sahile yakın olduğu için bir miktar tuzluluğu azalmış deniz suyu niteliğindedir. Karışım işlemi uygulandığında, denizden 800 m³/gün ve denize yakın keson kuyulardan 200 m³/gün su çekilerek ham su deposunda biriktirilmektedir.

Şekil 4.1a'da denizden su çekimi yapan emiş ağzının birisi ve Şekil 4.1b'de ise emiş hattı görünmektedir. Toplam 3 adet emiş ağzı ve emiş hattı (200 mm çapta) bulunmaktadır. Emiş ağzları yaklaşık 3,5 metre derinliktedir ve plajın yan tarafında denize girilmeyen kayalık kısımda bulunmaktadır.

Emiş ağzları ve emiş boruları, beton bloklarla deniz tabanına sabitlenmiştir. Kaba tanelerin emiş hattına girmesini engellemek için emiş ağzında filtre bulunmaktadır. Emiş hattının bulunduğu deniz tabanı ince kum olup ve denizde berrak bir görünüm bulunmaktadır.



(a)



(b)

Şekil 4.1. a) TT Bodrum emiş ağzı ve deniz tabanı görünümü; b) TT Bodrum emiş hattı ve deniz tabanı görünümü

4.1.2. WOW Bodrum TO besleme suyu emiş ağız ve hattı



(a)



(b)

Şekil 4.2. a) WOW Bodrum emiş ağız görünümü; b) WOW Bodrum emiş hattı görünümü

WOW Bodrum TO prosesi için besleme suyu tesise ait iskelenin alt noktasında yer alan su alma hattı 50 m uzunluğunda olup buradan 2 adet 40 m³/saat kapasiteli pompa ile çekilmektedir. Denizden 1440 m³/gün su çekilerek ham su deposuna biriktirilmektedir. Şekil 4.2’ de emiş ağız ve emiş hattı görünümleri verilmiştir.

4.2. TO Konsantre Suyu Denize Deşarj Hattı ve Difüzör

4.2.1. TT Bodrum TO konsantre suyu denize deşarj hattı ve difüzör

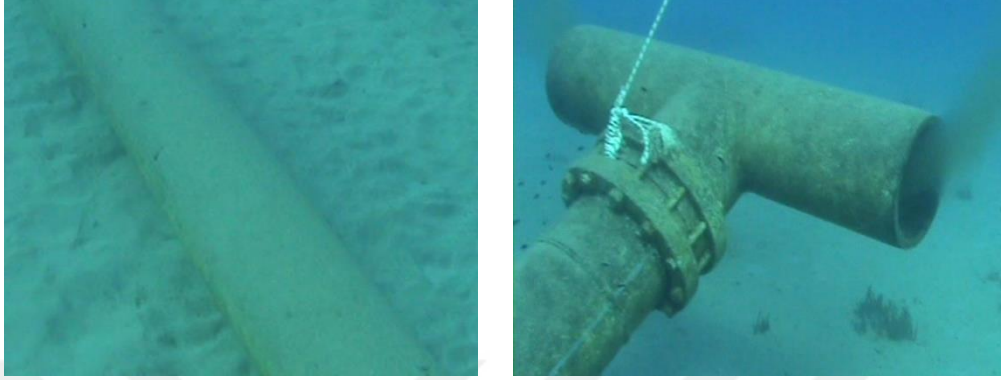
TT Bodrum 1000 m³/gün ham su ve 400 m³/gün ürün suyu debisine sahip TO prosesi için 600 m³/gün konsantre suları Bağla Koyu’na deşarj hattı ile yılın yaklaşık 6 ayı sürekli deşarj edilmektedir. Deşarj hattı ve deniz tabanı Şekil 4.3a’ da gösterilmektedir. Şekil 4.3b’de ise iki taraflı açık boru şeklindeki difüzörün/deşarj yapısı görülmektedir. Deşarj 300 mm’lik HDPE boru ile yapılmaktadır. Deşarj uzunluğu yaklaşık 300 m olarak tespit edilmiştir.

Otelin kapalı olduğu dönemlerde TO prosesi çok kısa sürelerde seyrek olarak işletilmektedir. Bu kısa süreli işletimlerle ORP membranları da kurumaya, bozunmaya ve film oluşumuna karşı korunmuş olmaktadır (Kitiş ve Yiğit 2013).

Difüzör ağız boru üst kotu derinliği 8,40 m olarak OTT Hydrolab DS 5 cihazı ile bulunmuştur. Bodrum yarımadası güneyinde (Turgutreis çevresi) sahillere yakın deniz tabanı eğimi genellikle % 1’den küçüktür (TÜBİTAK MAM-SİNHA 2012). Bu düşük eğimlerden dolayı, deniz tabanı eğimi salt kriter olarak dikkate alındığında, 8,40 m deşarj derinliği uygun olarak mütalaa edilebilir (Kitiş ve Yiğit 2013).

Şekil 4.3a ve 4.3b’de görüleceği üzere, deniz tabanı kumsaldır ve denizde berrak doğal bir görünüm bulunmaktadır. Su altı fotoğraflarında difüzör etrafında ve deniz tabanında tortu/sediman birikimi ve bulanıklık gözlenmemiştir. Berrak görünüm ve iyi derecede ışık geçirgenliğinden dolayı 8,40 m derinliğindeki difüzör su üstünden görülebilmektedir. Seki diski derinliğinin 8 m’ den daha yüksek olduğu kabul edilebilir.

TO konsantrelerinin sadece tuzluluğu bir miktar artırılmış deniz suyu olması, yeterli dip ve yüzey akıntılarını sağlayacak şekilde Koyun geniş olması ve TO deşarj debisinin düşük olması nedeniyle teknik anlamda olumsuz çevresel etkilerin gözlenmesi beklenmemektedir. Denizde 8 farklı noktada derinliğe bağlı olarak su kalite analizlerinin yapıldığı gözlenmiştir.



(a)

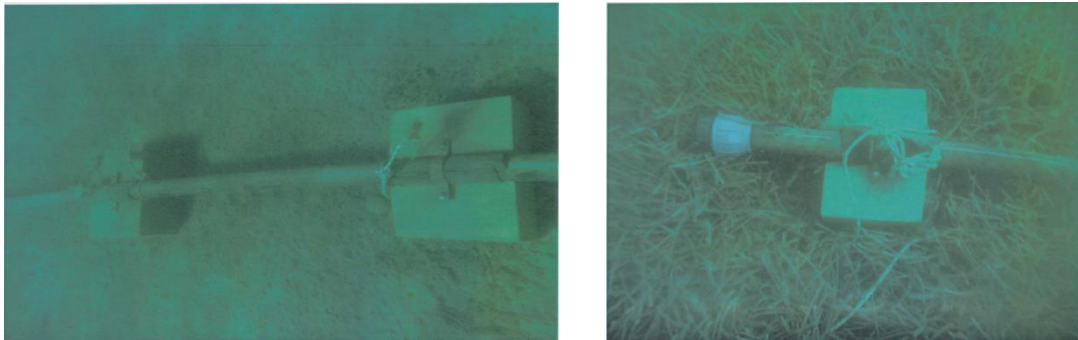
(b)

Şekil 4.3. a) TT Bodrum deşarj hattı ve deniz tabanı görünümü; **b)** TT Bodrum açık boru şeklinde deşarj ve deniz tabanı görünümü

4.2.2. WOW Bodrum TO konsantre suyu denize deşarj hattı ve difüzör

WOW Bodrum için 1440 m³/gün ham su ve 500 m³/gün ürün suyu debisine sahip TO prosesi için 940 m³/gün konsantre suları Gümbet Koyu'na deşarj hattı ile yılın yaklaşık 6 ayı sürekli deşarj edilmektedir. Deşarj hattı ve deniz tabanı Şekil 4.4' de gösterilmektedir. Deşarj 110 mm'lik HDPE boru ile yapılmaktadır. Sahilden itibaren deşarj uzunluğu 300 m' dir.

Gümbet Koyu'nda yüzme alanı olarak kullanılan kısım sahilden itibaren ilk 95 m mesafede olup yüzme alanı şamandıralarla sınırlandırılmıştır. TO konsantresi deşarj noktası yüzme alanı dışında olup şamandıranın 200 m ilerisindedir. Difüzör ağzı boru üst kotu derinliği 12 m'dir ve deşarj derinliği uygun olduğu mütaala edilebilir (Nas ve Doğan 2016). Denizde 9 farklı noktada su kalite analizleri yapıldığı gözlenmiştir.



(a)

(b)

Şekil 4.4. a) WOW Bodrum TO deşarj hattı ve deniz tabanı görünümü; **b)** WOW Bodrum TO deşarj noktası (difüzör ucu) görünümü

4.3. TO Besleme ve Konsantre Suyu Analiz Bulguları

4.3.1. TT Bodrum TO besleme ve konsantre suyu analiz bulguları

TT Bodrum için hazırlanan teknik raporda yer alan TO besleme ve konsantre sularından on-line olarak yerinde ve laboratuvarında yapılan analizlerin sonuçları Çizelge 4.1’de özetlenmiştir.

Çizelge 4.1. TT Bodrum TO besleme ve konsantre suyu karakterizasyonu (Kitiş ve Yiğit 2013)

Parametre	TO Besleme Suyu (ham su deposu)	TO Konsantresi
Sıcaklık (°C) ^a	24,4	24,3
pH ^a	7,34	7,20
EC (µS/cm) ^a	42695	63917
Tuzluluk (‰) ^a	27,50	43,20
TÇK (g/L) ^a	27,3	40,9
ÇO (mg/L) ^a	6,03	5,71
ÇO doymunluk değeri (%) ^a	101,1	101,0
Bulanıklık (NTU) ^b	2,12	2,39
AKM (mg/L) ^b	9	11
Demir (mg/L) ^b	0,04	0,04
Sülfat (mg/L) ^b	2150	3500
Klorür (mg/L) ^b	21300	29500
TN (mg/L) ^b	1,34	1,67
TOK (mg/L) ^b	1,98	2,54
Fekal koliform (kob/100 ml) ^b	Tespit edilmedi	Tespit edilmedi

^a 60 adet verinin aritmetik ortalaması ve ^b 3 ölçümün aritmetik ortalamasıdır.

TO besleme suyunun ortalama iletkenliği 42695 µS/cm olarak bulunmuştur (tuzluluk: ‰ 27,50 ve sıcaklık: 24,4 °C). Belirtilen sıcaklıklarda Güney Ege sahillerinde tipik iletkenlik ve tuzluluk değerlerinin 57000-59000 µS/cm ve ‰ 38-39 olduğu dikkate alındığında, TO besleme suyunun düşük tuzluluğa sahip olmasının nedeni deniz suyu ile keson kuyulardan alınan suyun karışımından kaynaklanmaktadır. Referans noktası olarak seçilen ve deşarja 666 m uzaklıkta bulunan 8 No’lu noktanın derinlik ortalamalı iletkenlik ve tuzluluk değerleri 57976 µS/cm ve ‰ 38,74 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.2). Karışımından dolayı TO besleme suyunun pH değeri tipik deniz suyu değerlerinden daha düşük 7,34 olarak bulunmuştur (Kitiş ve Yiğit 2013).

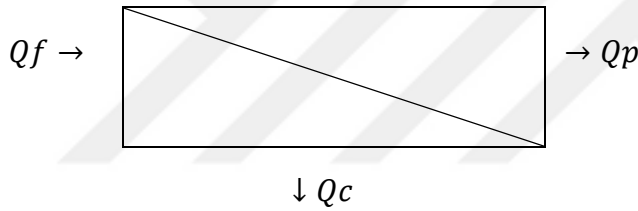
TO besleme suyunun ÇO doymunluk değeri % 101,1 olarak tespit edilmiştir. TO besleme suyunda yapılan diğer analizlere göre ortalama, bulanıklık: 2,12 NTU, AKM: 9 mg/L, sülfat: 2150 mg/L, demir: 0,04 mg/L, TN: 1,34 mg/L, TOK: 1,98 mg/L olarak bulunmuştur. Veriler Güney Ege Denizi doğal deniz suyunun tipik değer aralıklarında yer almaktadır (Kitiş ve Yiğit 2013).

TO besleme sularında fekal koliform tespit edilmemiştir. TO konsantre suyunun ortalama iletkenliği 63917 µS/cm olarak bulunmuştur (tuzluluk: ‰ 43,20 ve sıcaklık: 24,3 °C) (Çizelge 4.1). Bu değerler tipik deniz suyu TO tesislerinin konsantre deşarj değerlerinden düşüktür, bunun temel nedeni TO besleme suyunun karışım ile bir miktar tuzluluğunun azaltılmış olmasıdır (Kitiş ve Yiğit 2013).

Deşarja 666 m uzaklıkta bulunan 8 No'lu referans noktasının derinlik ortalamalı iletkenlik ve tuzluluk değerleri 57976 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ve % 38,74 olarak bulunmuştur. Deşarj edilen TO konsantresinin tuzluluğu/iletkenliği doğal deniz suyundan % 10-11 kadar fazla olduğu görülmektedir. TO konsantre suyunun ortalama pH değeri 7,20 olarak bulunmuştur. ÇO doyumluk değeri besleme suyuna oranla % 101 olarak ölçülmüştür. (Kitiş ve Yiğit 2013).

TO konsantresinde beslemeye göre çok az miktarlarda daha yüksek bulanıklık, AKM, sülfat, klorür, TOK, TN bulunması TO prosesinde bu maddelerin tutulduğunu göstermektedir. TO konsantre suyunda fekal koliform tespit edilmemiştir. TO besleme suyunda fekal kirlilik oluşması halinde bile bu kirlilik yükünün TO membranlarında tutulduğunu ve deşarj edilmediğini göstermektedir (Kitiş ve Yiğit 2013).

TO besleme ve konsantre sularının iletkenlik ve tuzluluk değerleri karşılaştırıldığında ve ürün suyundaki tuzluluk ihmal edildiğinde, su kalite analizlerine göre TO prosesinin yaklaşık % 33-37 oranlarında su kazanımı (recovery) ile çalıştığı ifade edilebilir. TO konsantre debisinin besleme suyu debisinin % 63-67'si olacaktır. Konsantre debi ve tuzluluk miktarlarının hesaplanmasında aşağıdaki formüller kullanılabilir. Su kütle dengesi aşağıdaki akım şemasında basit olarak sunulmuştur (Kitiş ve Yiğit 2013).



$$Q_c = Q_p \times \left(\frac{100}{Pr} - 1 \right) \quad (4.1)$$

$$Pr = \left(\frac{Q_p}{Q_f} \times 100 \right) \% \quad (4.2)$$

$$(TDS)_c = \left(\frac{TDS_f - \frac{Pr}{100} \times TDS_p}{1 - \frac{Pr}{100}} \right) \quad (4.3)$$

$$C_f = \left(\frac{\left[1 - \frac{Pr}{100} \times \frac{Sp}{100} \right]}{1 - \frac{Pr}{100}} \right) \quad (4.4)$$

$$Sp = \left(\frac{TDS_p}{TDS_f} \times 100 \right) \quad (4.5)$$

Q_f : besleme debisi

Q_c : konsantre debisi

Q_p : permeyt (ürün suyu) debisi

Pr : ürün suyu kazanımı (recovery)

TDS_c : konsantre akımındaki TDS (TÇK) konsantrasyonu

TDS_f : besleme suyundaki TDS

TDS_p : ürün suyundaki TDS

C_f : Konsantre akımın tuzluluğu ile besleme suyunun tuzluluğu arasındaki oran (konsantrasyon faktörü)

Sp : üretilen suyun tuz konsantrasyonunun besleme suyundaki tuz konsantrasyonuna oranı (tuz geçişi)

4.3.2. WOW Bodrum TO besleme ve konsantre suyu analiz bulguları

WOW Bodrum TO konsantre suyu deşarjındaki tüm maddelerin konsantrasyonlarına bakıldığında, konsantrasyonların doğal deniz suyu değerlerine yakın olduğu, besleme suyunun konsantrasyonlarından % 10-15 daha fazla olduğu görülmektedir (Nas ve Doğan 2016). TO konsantre suları Gümbet Koyu'ndaki deşarj hattı ve deniz tabanı Şekil 4.4' de gösterilmektedir. Gümbet Koyu'nda yüzme alanı ilk 95 m mesafe ile sınırlıdır. Deşarj noktası yüzme alanı dışında ve 200 m ilerisindedir. Difüzör ağzı üst kotu derinliği 12 m' dir.

TO konsantre sularının deşarj edildiği koyda 9 noktada su kalite analizleri yapıldığı tespit edilmiştir. Referans nokta için difüzörden 40 m uzaklıkta ölçümler yapılmıştır. Su kalitesi analiz sonuçları, seçilen referans noktasının uygun olduğunu ve doğal deniz suyunu temsil ettiğini göstermiştir. (Nas ve Doğan 2016). Difüzör noktası ve referans noktasının dışında, difüzöre çeşitli yatay uzaklıklarda 7 noktada daha deşarjın etkisi ve tuzluluk seyrelmelerinin tespiti amacıyla ölçümler yapıldığı gözlenmiştir.

WOW Bodrum için hazırlanan teknik raporunda yer alan analiz sonuçlarına göre difüzör üstü tuzluluk 37,80 PSU iken, referans noktada 37,60 PSU' dur. Difüzör üstünde tuzluluk artışı ‰ 0,2 olarak düşük bir artış gerçekleşmiştir. Bakanlığın mevzuatında; "ilk karışım bölgesindeki tuzluluk artışı hassas deniz alanlarında ‰ 2, diğer yerlerde ise ‰ 3'ü aşmamalıdır" denilmektedir. Yapılan analiz sonuçlarına göre; ilk karışım bölgesindeki deniz suyundaki tuzluluk artışı en fazla 3 ve 4 numaralı noktalarda ‰ 0,4 olarak gerçekleşmiştir (Nas ve Doğan 2016).

İletkenlik ve tuzluluk parametrelerine benzer şekilde diğer parametreler için de difüzör üstü ortalama değerler referans değerlerine yakındır. Deşarjın küçük debide olması ve Gümbet Koyu'ndaki dip ve yüzey akıntıları seyrelme mesafesini azaltmaktadır (Nas ve Doğan 2016).

Referans noktası ve difüzör üstü nokta sıcaklıkları 23,4 °C ve 24,7 °C 'dir. Deşarjın difüzör bölgesindeki sıcaklık artırımını minimal seviyede (0,1-2 °C) olmuştur. Deşarjdan itibaren kısa yatay mesafelerde (takriben < 10 m) sıcaklık doğal deniz suyu sıcaklıklarına ulaştığı tespit edilmiştir (Nas ve Doğan 2016).

Tüm ölçüm noktalarında sıcaklık, iletkenlik ve tuzluluk, pH, ÇO ve sıcaklık profilleri analizlerinde deşarjdan dolayı önemli değişim tespit edilmemiştir. Veriler doğal deniz suyu değerleriyle uyumludur (Nas ve Doğan 2016).

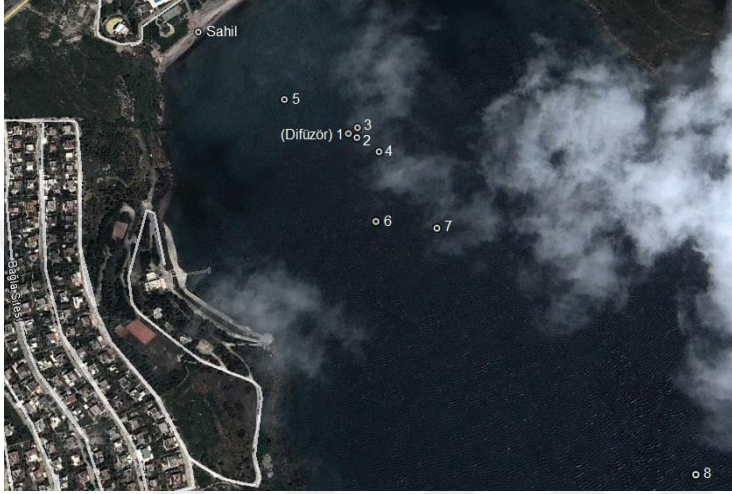
TO membranlarının inorganik tabanlı tortulara karşı tıkanma kontrolü için belirli periyotlarda anti-skalan besleme suyuna dozlanmaktadır. Anti-skalanlar için sınır değer bulunmamaktadır. Deşarjın düşük konsantrasyonlarda olması ve denizde doğal olarak ve hızla seyrelmesi olumsuz etkiye engel olmaktadır (Nas ve Doğan 2016).

TO deşarjında difüzör bölgesinde derinlik ortalamalı tuzluluk artışının ‰ 0,2 olduğu dikkate alındığında, TO konsantresindeki 8-16 mg/L seviyelerindeki anti-skalan konsantrasyonları deniz ortamında daha kısa mesafede ve deteksiyon limitlerinin altındaki konsantrasyonlara seyrelecektir (Nas ve Doğan 2016).

4.4. Deniz Suyu Analiz Bulguları

4.4.1. TT Bodrum deniz suyu analiz bulguları

TT Bodrum için TO konsantre sularının deşarj edildiği Bağla Koyu'nda 8 noktada on-line olarak derinlik profillerine göre su kalite (sıcaklık, EC, tuzluluk, pH, ÇO, ÇO doygunluk değeri) analizleri yapılmıştır. Bu ölçüm noktalarının uydu görünümü Şekil 4.5'de sunulmuştur. Çizelge 3.4 ölçüm noktalarının koordinatlarını göstermektedir. ÖN su kalite parametre sonuçları Çizelge 4.2'de sunulmuştur.



Şekil 4.5. TT Bodrum ölçüm noktaları uydu görünümü (Kitiş ve Yiğit 2013)

ÖN 1 tam difüzör ağzının bulunduğu noktayı temsil etmektedir. Difüzörün ve dolayısıyla tuzlu su deşarjının etkisinin olmadığı doğal ve referans şartların tayini amacıyla, difüzörden 666 m açıktaki ve 22 m derinlikte ölçümler (ÖN 8-referans nokta) yapıldığı görülmüştür. Difüzör noktası ve referans noktasının dışında, difüzöre çeşitli yatay uzaklıklarda ve derinliklerde 6 noktada daha deşarjın etkisi ve tuzluluk seyrelmelerinin tespiti amacıyla ölçümler yapılmıştır. Bu 6 noktanın difüzörden yatay uzaklıkları 14-191 m arasında değişmektedir (Çizelge 3.4). Deşarj noktasından itibaren farklı yarıçap uzaklıklarında tuzluluk seyrelmeleri incelenmiştir (Kitiş ve Yiğit 2013).

TT Bodrum referans noktada derinlik ortalamalı iletkenlik ve tuzluluk 57976 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ve ‰ 38,74 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.2). Referans noktanın diğer analiz sonuçları şu şekildedir: pH: 8,17, ÇO doygunluk değeri: %107,1, bulanıklık: 2,30 NTU, AKM: 12 mg/L, sülfat: 2250 mg/L, klorür: 21600 mg/L, TN: 1,34 mg/L, TOK: 2,08 mg/L. Veriler Çizelge 4.3'de sunulan Güney Ege Denizi sahillerindeki tipik deniz suyu özellikleri ile uyumlu olduğu tespit edilmiştir (Kitiş ve Yiğit 2013).

Difüzör üstü noktada (ÖN 1) derinlik ortalamalı iletkenlik ve tuzluluk 58171 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ve ‰ 38,88 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.2). Bu değerler referans noktada ölçülen değerlere çok yakındır. Difüzör üstü ortalama iletkenlik değeri referans noktanın ortalama iletkenlik değerinden % 0,3 daha fazladır (58171 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ve 57976 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Benzer şekilde difüzör üstü ortalama tuzluluk ‰ 38,88 iken, referans noktada ‰ 38,74'dür. Difüzör üstünde derinlik ortalamalı tuzluluk artışı ‰ 0,14 olmuştur (Kitiş ve Yiğit 2013).

Bazı ülkelerin (İsrail örneği) taslak mevzuatlarında ve Bakanlığın mevzuat düzenleme çalışmalarında; deniz suyu TO konsantrelerinin denize deşarjında, deşarj sonrası karışım bölgesinin son kısmında doğal arka plan deniz suyu tuzluluğunun artışı ($>10000 \text{ m}^3/\text{gün}$) $\% 3$ 'ü geçemez' şeklinde ibareleri bulunmaktadır. Konsantre deşarj debisi $1000 \text{ m}^3/\text{gün}$ 'den az olan deniz suyu TO tesisleri için genellikle derin deniz deşarjı talep edilmeyip, 'sahil koruma bandı genişliği' kuralı öngörülmektedir. Sahil koruma bandı mesafesi alıcı ortam özellikleri bazında değerlendirilmelidir. $100000 \text{ m}^3/\text{gün}$ 'den büyük TO konsantre deşarj debileri için İsrail'de planlanan sahil koruma bandı en az 300 m olup, deşarj derinliği 30 metredir (veya deniz tabanı eğiminin yeterli olmadığı durumlarda deşarj 1 mil açığa yapılacaktır).

İletkenlik ve tuzluluk parametrelerine benzer şekilde diğer parametrelerde difüzör üstü ortalama değerler referans değerlere çok yakın çıkmıştır (Çizelge 4.2). Difüzör üstü bölgede fekal koliform tespit edilmemiştir. Veriler otelin TO konsantre deşarjındaki tuzluluğun deniz suyunda kısa mesafelerde seyreltiğini göstermektedir. TO besleme suyunun deniz suyu/keson kuyu suyu karışımı olması ve daha az tuzlu TO konsantresi oluşması bu seyrelmeyi açıklamaktadır (Kitiş ve Yiğit 2013).

Yaklaşık $\% 40$ - 50 su kazanımı ile çalışan deniz suyu TO tesislerinde konsantre deşarjı iletkenlik değerleri 80000 - $100000 \mu\text{S}/\text{cm}$ iken, otelin TO konsantre suyu ortalama iletkenliği $63917 \mu\text{S}/\text{cm}$ olarak bulunmuştur. Denizde referans noktanın ortalama iletkenlik değerinin $57976 \mu\text{S}/\text{cm}$ olduğu dikkate alındığında, deşarj edilen TO konsantresinin tuzluluğu/iletkenliği doğal deniz suyundan $\% 10$ - 11 kadar fazladır. Deşarj debisinin az olması, Bağla Koyu'nun geniş olması ve yeterli dip ve yüzey akıntılarını sağlaması ve deşarjın kısa mesafelerde seyreltiğini analizler göstermektedir (Kitiş ve Yiğit 2013). Deşarjın etkisi ve seyrelmenin hangi mesafelerde tamamlandığının tespiti amacıyla difüzöre farklı YM' lerde 6 noktada daha analiz yapıldığı görülmüştür. Analiz sonuçları Şekil 4.6 - Şekil 4.47 arasında verilmiştir.

Çizelge 4.2. TT Bodrum deniz numuneleri analiz sonuçları (Kitiş ve Yiğit 2013)

Parametre	ÖN 1 0 m*	ÖN 2 53 m*	ÖN 5 108 m*	ÖN 6 139 m*	ÖN 8** 666 m*
Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ^a	21,4	21,6	22,6	21,4	21,1
pH	8,03	8,22	8,21	8,16	8,17
EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$) ^a	58171	58039	57858	57966	57976
Tuzluluk ($\%$) ^a	38,88	38,80	38,65	38,73	38,74
TÇK (g/L) ^a	37,2	37,1	37,1	37,1	37,1
ÇO (mg/L) ^a	6,38	6,33	6,40	6,36	6,39
ÇO doygunluk değeri ($\%$) ^a	107,6	107,2	108,2	107,3	107,1
Bulanıklık (NTU)	2,34	2,21	2,18	2,24	2,30
AKM (mg/L)	13	12	12	8	12
Demir (mg/L)	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03
Sülfat (mg/L)	2450	2400	2400	2300	2250
Klorür (mg/L)	24500	21500	21700	21700	21600
TN (mg/L)	1,42	1,32	1,36	1,40	1,34
TOK (mg/L)	2,18	2,01	2,03	2,11	2,08
Fekal koliform (kob/100 ml)	0	Ölçülmedi	Ölçülmedi	Ölçülmedi	Ölçülmedi

^a Deniz yüzeyinden itibaren her 0,5 m derinlikte ölçülen değerlerin ortalamasıdır. Diğer parametrelerin analiz sonuçları, deniz yüzeyinden 1 metre derinlikten alınan numunelerin üçlü analiz sonuçlarının ortalamasıdır. *Difüzöre YM. **Referans Noktası.

Çizelge 4.3. Güney Ege Denizi sahilleri deniz suyu özellikleri (Kitiş ve Yiğit 2013)

Parametre	Değer	Kaynaklar
Deniz taban eğimi (%)	<1	TÜBİTAK MAM SİNHA Projesi 2012
Akıntı/su değişimi	orta	TÜBİTAK MAM SİNHA Projesi 2012
Tabakalaşma	zayıf	TÜBİTAK MAM SİNHA Projesi 2012
Seki diski derinliği (m)	>5	TÜBİTAK MAM SİNHA Projesi 2012
pH	8,0-8,40	Dirican 2005
EC (µS/cm)	57700-59100	Onen vd. 2012
Tuzluluk (%)	38,10-39,60	Onen vd. 2012
ÇO konsantrasyonu	6,30-8,30	Dirican 2005; Onen vd. 2012
ÇO doygunluk değeri (%)	>90	TÜBİTAK MAM SİNHA Projesi 2012
AKM (mg/L)	2-15	Onen vd. 2012
TOK (mg/L)	0,45-2,30	Kankus 2011

TO konsantresinin ortalama sıcaklığı 35 °C’den düşük olup, 24,3 °C olarak tespit edilmiştir. Bu değer deniz suyu tipik sıcaklıklarının çok üstünde değildir. Referans noktanın ve difüzör üstünde derinlik ortalamalı sıcaklıkları sırasıyla 21,1 °C ve 21,4 °C’dir. Difüzör üstünde sıcaklık (8,40 m) 21,15 °C bulunmuştur (Kitiş ve Yiğit 2013).

Difüzöre 14 ve 16 m YM’ lerde bulunan ölçüm noktaları 2 ve 3’ün 8 m derinliklerinde de benzer şekilde 21,1 °C civarında sıcaklık ölçülmüştür. Deşarj sıcaklığının normal aralıkta olması ve deşarj edilen debinin de düşük miktarlarda olmasıyla, deşarjın difüzör bölgesindeki sıcaklık artırımı çok minimal seviyede (0,1-0,3 °C) olmuştur. Deşarjdan itibaren kısa YM’ lerde (takriben <10 m) sıcaklık doğal deniz suyu sıcaklıklarına ulaşmıştır. Deşarj noktası dahil tüm ölçüm noktalarında deşarjdan dolayı sıcaklık değerleri için olumsuz bir eğilim tespit edilmemiştir. (Kitiş ve Yiğit 2013).

Difüzör üstü derinlik boyunca iletkenlik profili Şekil 4.11’de gösterilmiştir. Yüzeyde 58100 µS/cm civarında olan iletkenlik 8,40 m derinlikteki difüzöre çok yakın noktada ancak 58200 µS/cm değerlerine çıkmıştır. Tuzluluk profilleri benzer eğilimler göstermiştir (Kitiş ve Yiğit 2013).

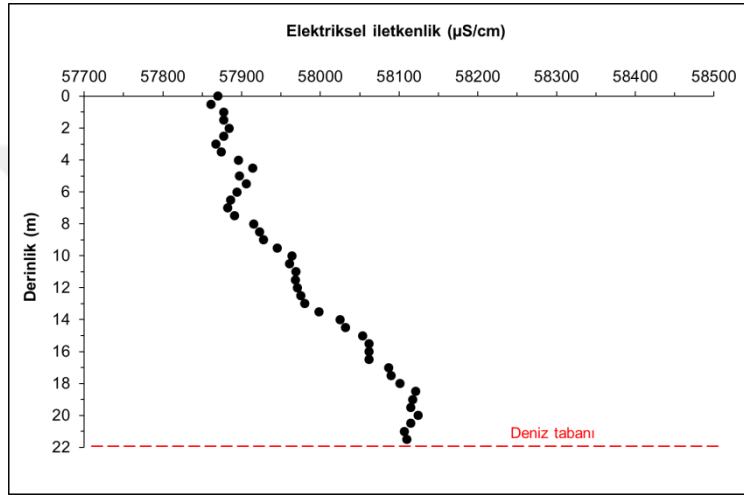
Yüzeyde yüzeyde 8,05 olan pH difüzörün üstünde 7,85 olarak bulunmuştur. Konsantre deşarjının pH değeri 7,20 olduğu için difüzörün tam üstünde pH’nın bir miktar azalması beklenen sonuçtur. Difüzör üstü derinlik profilleri sonuçları TO konsantre deşarjının kısa mesafelerde seyredildiğini ispatlamıştır (Kitiş ve Yiğit 2013).

Difüzöre yatayda 14 m mesafedeki ÖN 2’nin iletkenlik profili Şekil 4.14’de gösterilmiştir. Tüm noktaların iletkenlik profilleri Şekil 4.47’de sunulmuştur. ÖN 2’de tespit edilen iletkenlik değerleri difüzör üstü değerlere çok yakın olup, referans noktada ölçülen değerlerden fazla sapma göstermemiştir. Ölçüm noktaları 3 ve 4 difüzöre 16 ve 53 m YM’ dedir (Şekil 4.21 ve Şekil 4.25). Bu noktaların derinlik bazlı iletkenlik değerleri de referans noktaya çok yakın bulunmuştur (Kitiş ve Yiğit 2013).

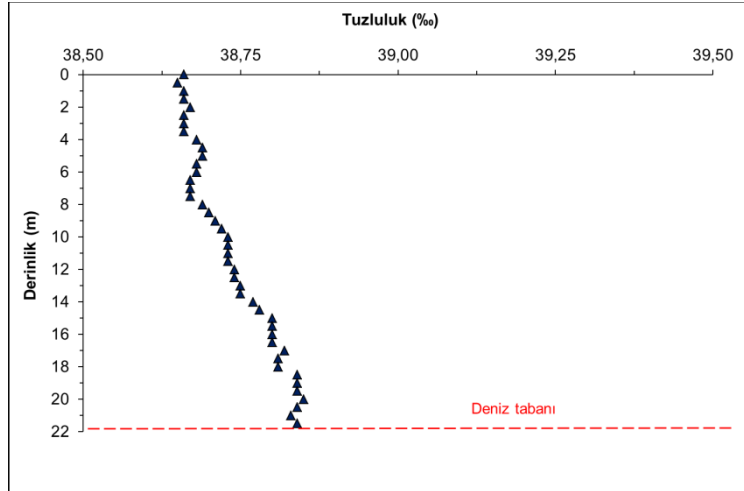
Benzer eğilimler tuzluluk parametresi için de tespit edilmiştir. Ölçüm noktaları 5, 6 ve 7 difüzörden nispeten uzak noktalar olarak seçilmiştir (sırasıyla 108 m, 139 m ve 191 m). Bu noktalarda ölçülen iletkenlik ve tuzluluk değerleri tamamıyla doğal deniz suyuyla uyumludur.

İletkenlik ve tuzluluk değerlerinde olduğu gibi, deşarj bölgesi dahil tüm ölçüm noktalarında yapılan pH, ÇO doygunluk ve sıcaklık profilleri analizlerinde deşarjın etkisinden dolayı herhangi bir sorun tespit edilmemiştir. Veriler doğal deniz suyu değerleriyle uyumludur (Kitiş ve Yiğit 2013).

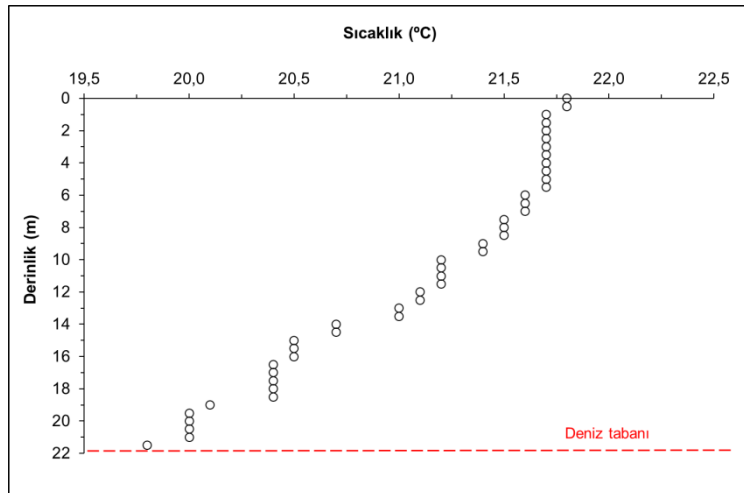
Difüzörden farklı YM ve derinliklerde yapılan ölçümler, deşarjın çok kısa yatay ve düşey mesafelerde seyredildiğini göstermiştir. Bunun temel nedenleri yukarıda detaylı olarak açıklanmıştır. Elde edilen veriler, seyrelmenin (karışım bölgesinin) deşarj noktasından itibaren yatayda yaklaşık 15 metrelik bir yarıçapta tamamlandığını göstermektedir. Tüm bu hususlar değerlendirildiğinde konsantre deşarjının denize olumsuz çevresel etkisinin bulunmadığı sonucu çıkarılabilir (Kitiş ve Yiğit 2013).



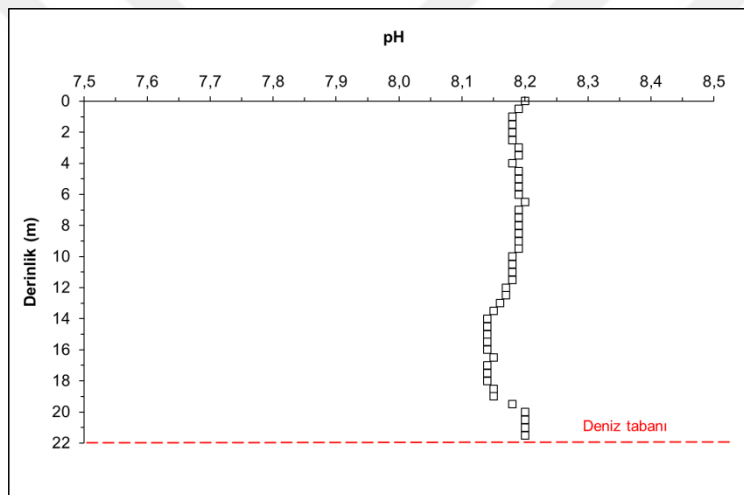
Şekil 4.6. TT Bodrum derinlik-EC ilişkisi, ÖN 8-YM 666m. (Kitiş ve Yiğit 2013)



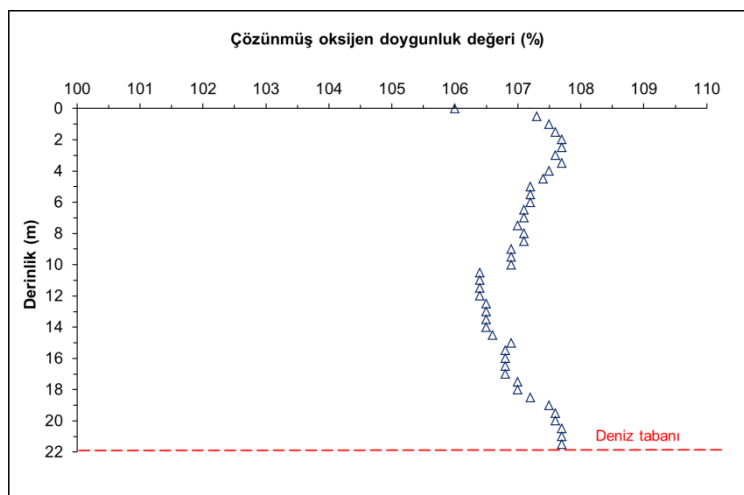
Şekil 4.7. TT Bodrum derinlik-tuzluluk ilişkisi, ÖN 8-YM 666m. (Kitiş ve Yiğit 2013)



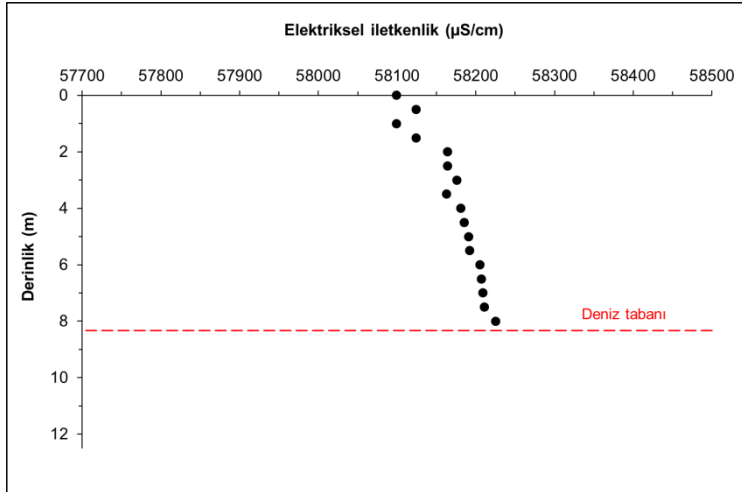
Şekil 4.8. TT Bodrum derinlik-sıcaklık ilişkisi, ÖN 8-YM 666m. (Kitiş ve Yiğit 2013)



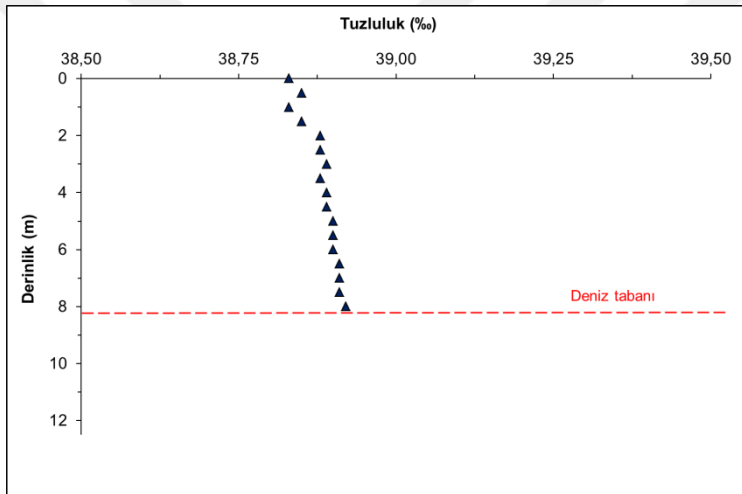
Şekil 4.9. TT Bodrum derinlik-pH ilişkisi, ÖN 8-YM 666m. (Kitiş ve Yiğit 2013)



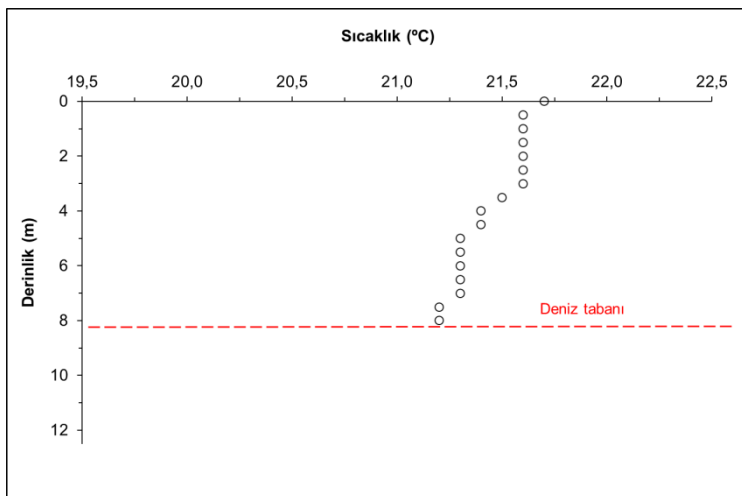
Şekil 4.10. TT Bodrum derinlik-ÇO ilişkisi, ÖN 8-YM 666m. (Kitiş ve Yiğit 2013)



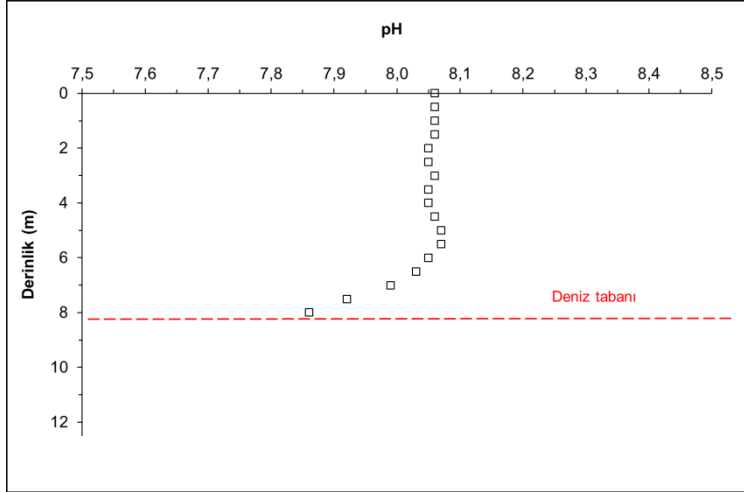
Şekil 4.11. TT Bodrum derinlik-EC ilişkisi, ÖN 1-YM 0m. (Kitiş ve Yiğit 2013)



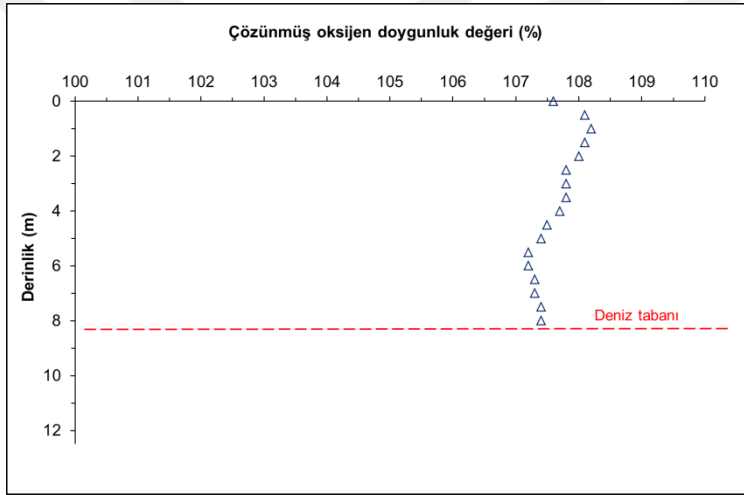
Şekil 4.12. TT Bodrum derinlik-tuzluluk ilişkisi, ÖN 1-YM 0m. (Kitiş ve Yiğit 2013)



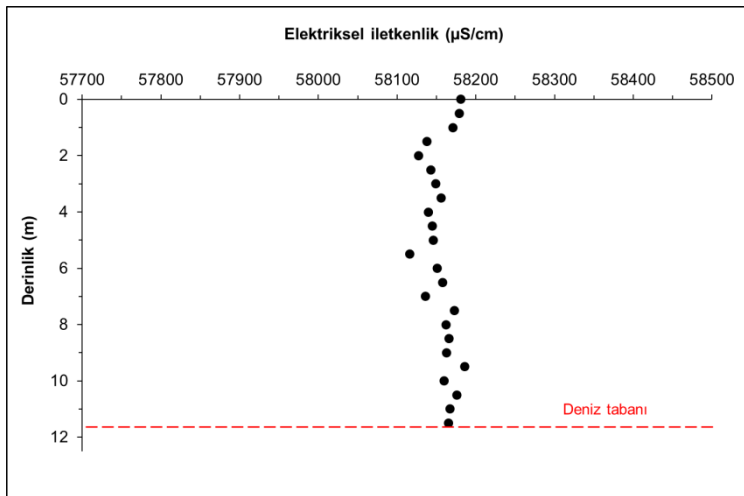
Şekil 4.13. TT Bodrum derinlik-sıcaklık ilişkisi, ÖN 1-YM 0m. (Kitiş ve Yiğit 2013)



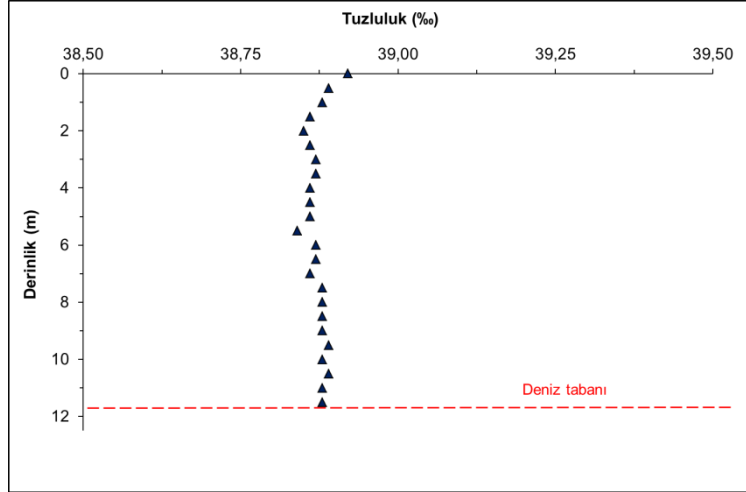
Şekil 4.14. TT Bodrum derinlik-pH ilişkisi, ÖN 1-YM 0m. (Kitiş ve Yiğit 2013)



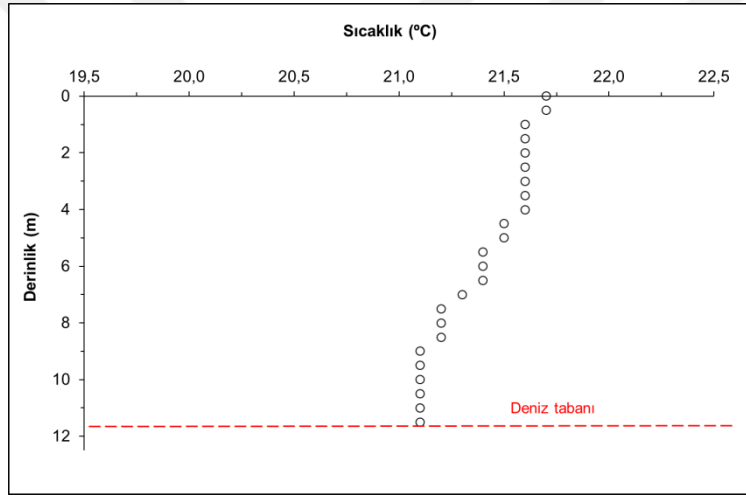
Şekil 4.15. TT Bodrum derinlik-ÇO ilişkisi, ÖN 1-YM 0m. (Kitiş ve Yiğit 2013)



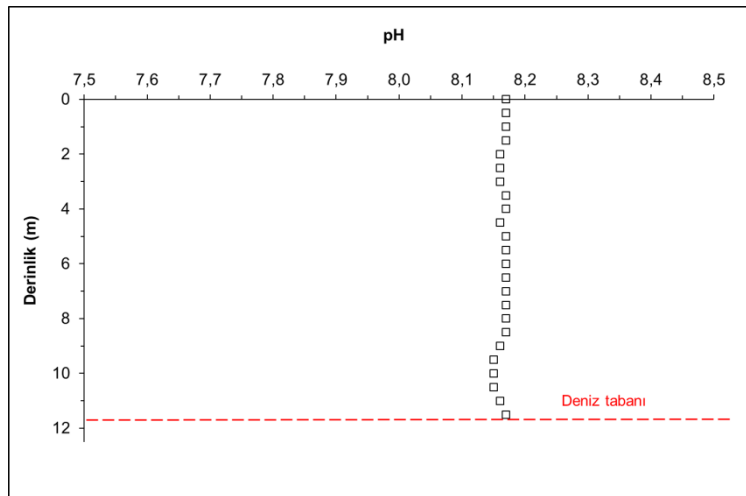
Şekil 4.16. TT Bodrum derinlik-EC ilişkisi, ÖN 2-YM 14m. (Kitiş ve Yiğit 2013)



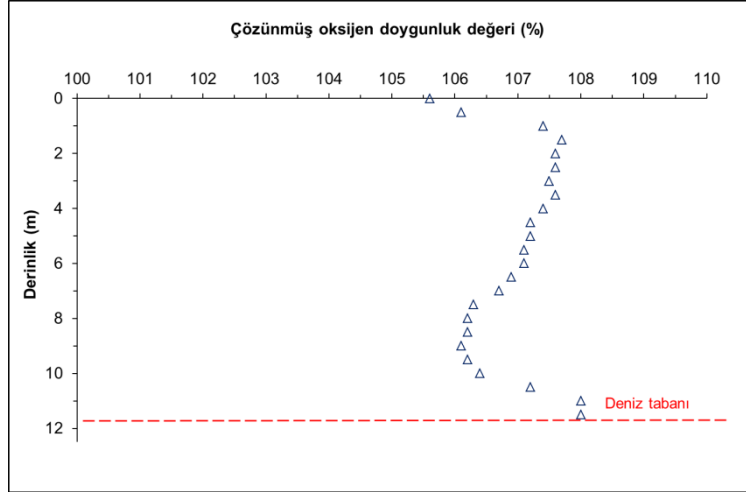
Şekil 4.17. TT Bodrum derinlik-tuzluluk ilişkisi, ÖN 2-YM 14m. (Kitiş ve Yiğit 2013)



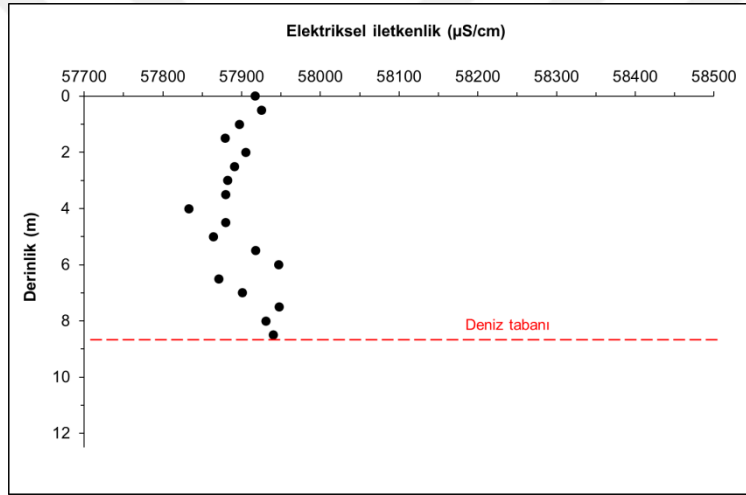
Şekil 4.18. TT Bodrum derinlik-sıcaklık ilişkisi, ÖN 2-YM 14m. (Kitiş ve Yiğit 2013)



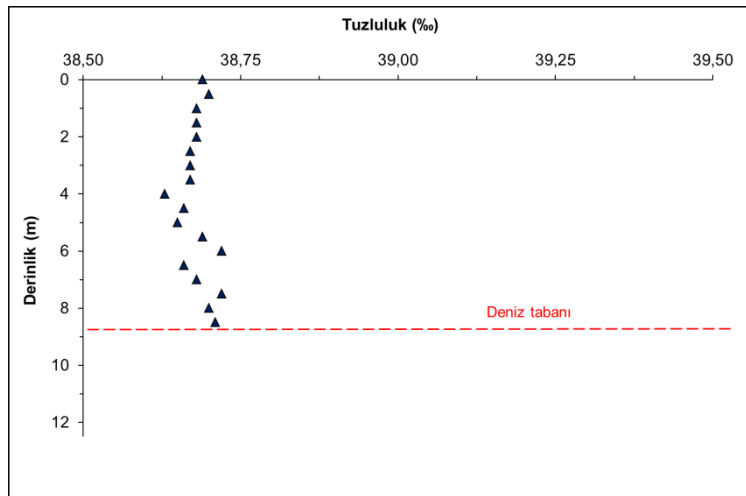
Şekil 4.19. TT Bodrum derinlik-pH ilişkisi, ÖN 2-YM 14m. (Kitiş ve Yiğit 2013)



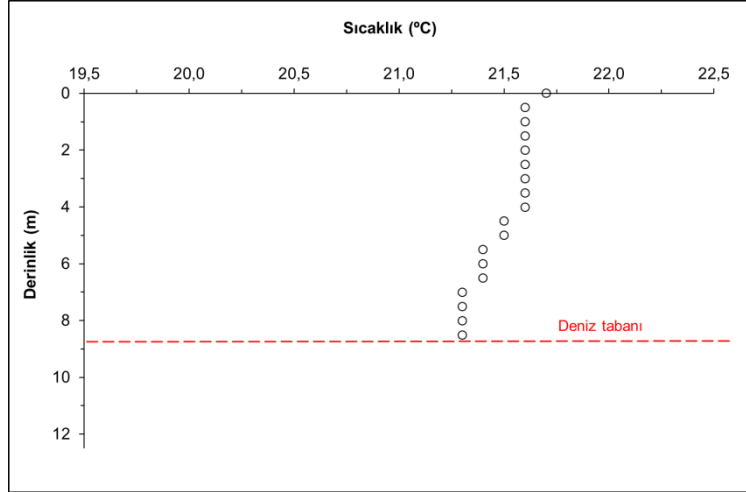
Şekil 4.20. TT Bodrum derinlik-ÇO ilişkisi, ÖN 2-YM 14m. (Kitiş ve Yiğit 2013)



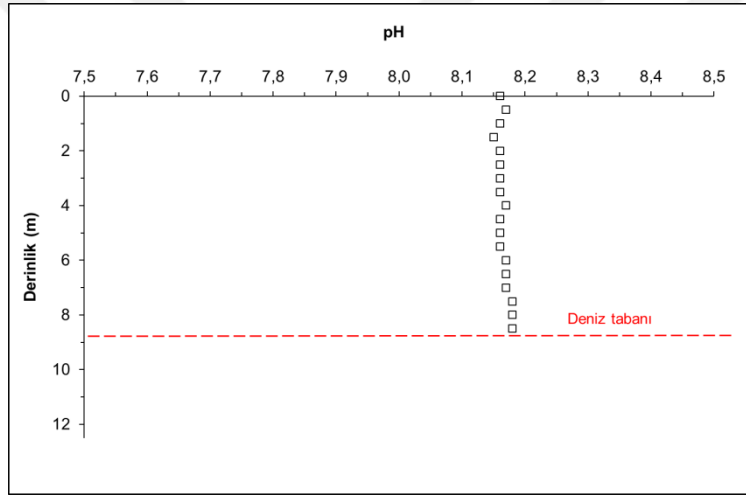
Şekil 4.21. TT Bodrum derinlik-EC ilişkisi, ÖN 3-YM 16m. (Kitiş ve Yiğit 2013)



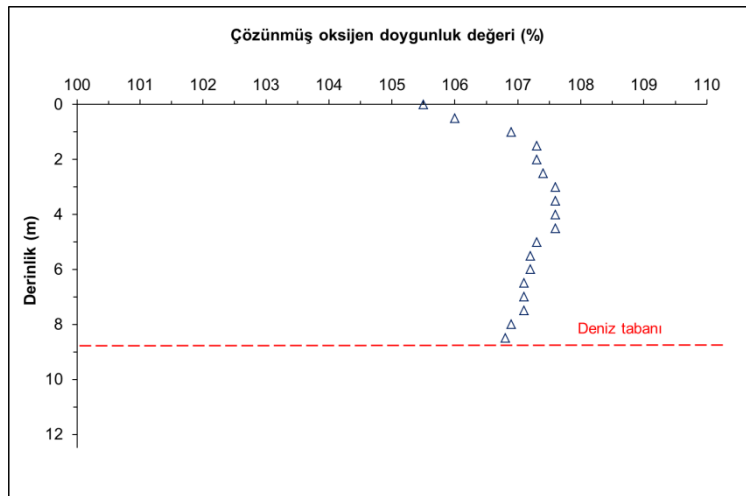
Şekil 4.22. TT Bodrum derinlik-tuzluluk ilişkisi, ÖN 3-YM 16m. (Kitiş ve Yiğit 2013)



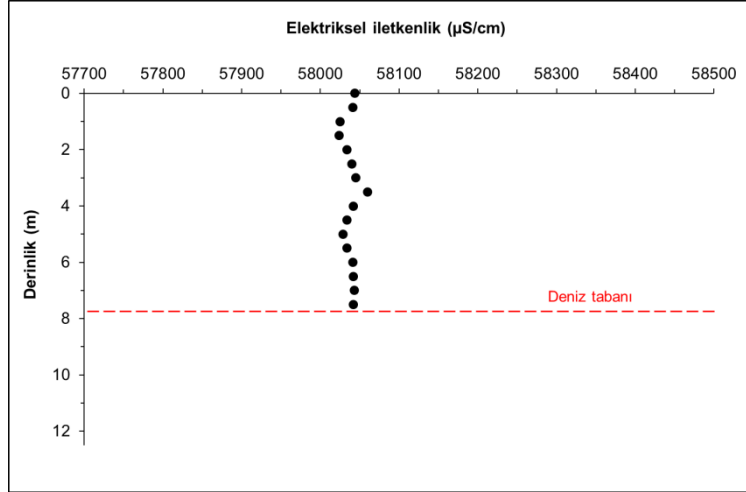
Şekil 4.23. TT Bodrum derinlik-sıcaklık ilişkisi, ÖN 3-YM 16m. (Kitiş ve Yiğit 2013)



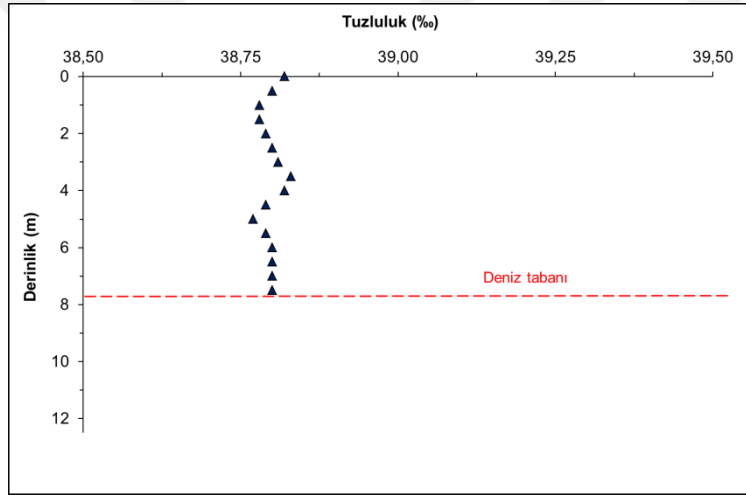
Şekil 4.24. TT Bodrum derinlik-pH ilişkisi, ÖN 3-YM 16m. (Kitiş ve Yiğit 2013)



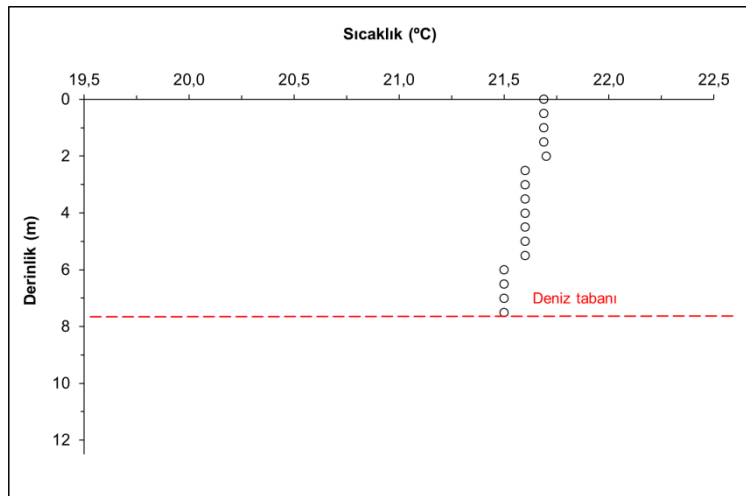
Şekil 4.25. TT Bodrum derinlik-ÇO ilişkisi, ÖN 3-YM 16m. (Kitiş ve Yiğit 2013)



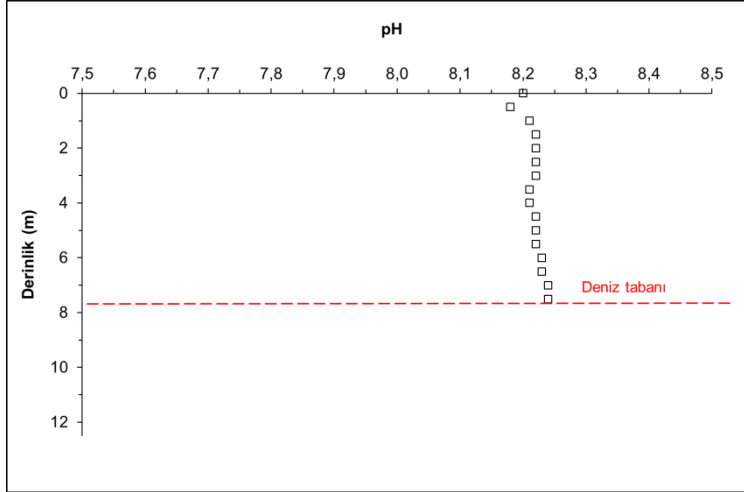
Şekil 4.26. TT Bodrum derinlik-EC ilişkisi, ÖN 4-YM 53m. (Kitiş ve Yiğit 2013)



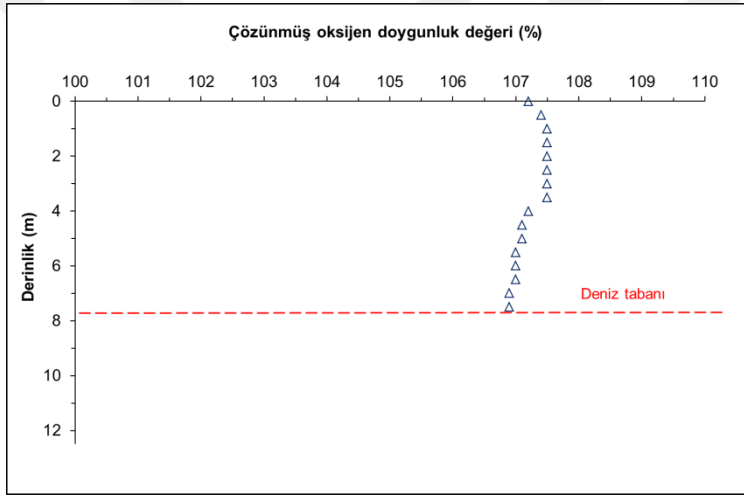
Şekil 4.27. TT Bodrum derinlik-tuzluluk ilişkisi, ÖN 4-YM 53m. (Kitiş ve Yiğit 2013)



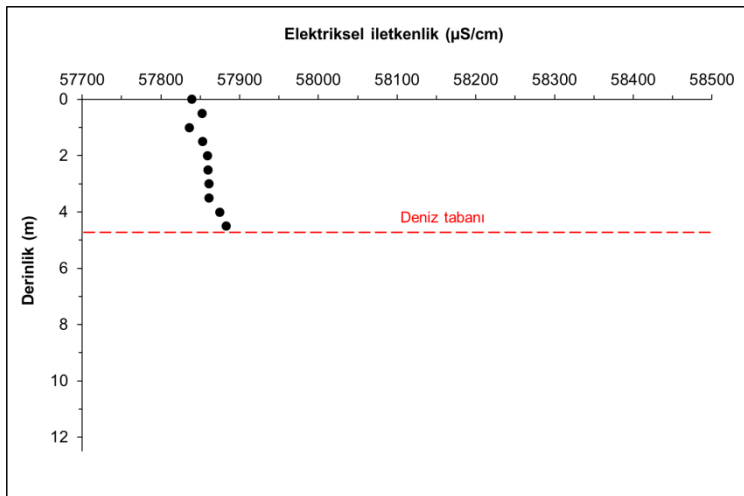
Şekil 4.28. TT Bodrum derinlik-sıcaklık ilişkisi, ÖN 4-YM 53m. (Kitiş ve Yiğit 2013)



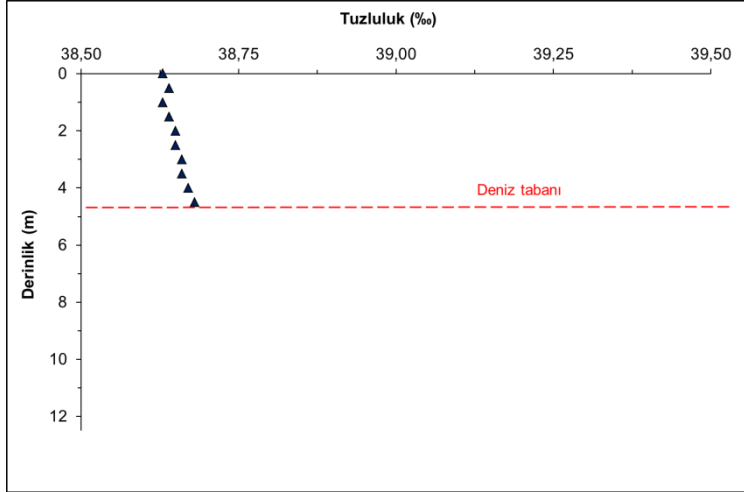
Şekil 4.29. TT Bodrum derinlik-pH ilişkisi, ÖN 4-YM 53m. (Kitiş ve Yiğit 2013)



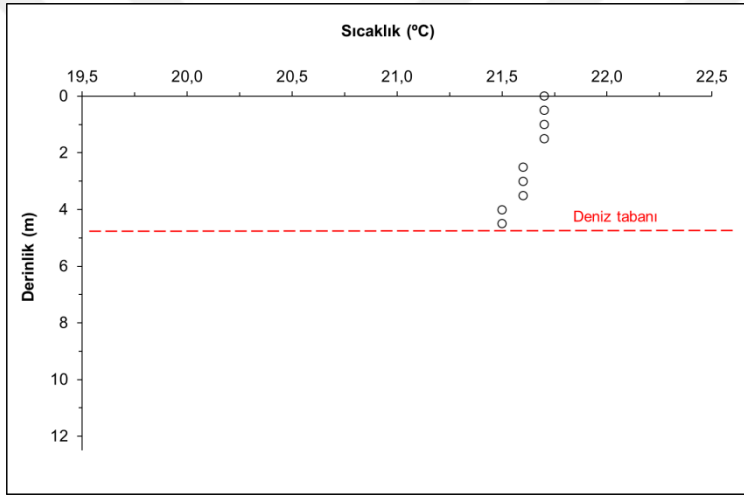
Şekil 4.30. TT Bodrum derinlik-ÇO ilişkisi, ÖN 4-YM 53m. (Kitiş ve Yiğit 2013)



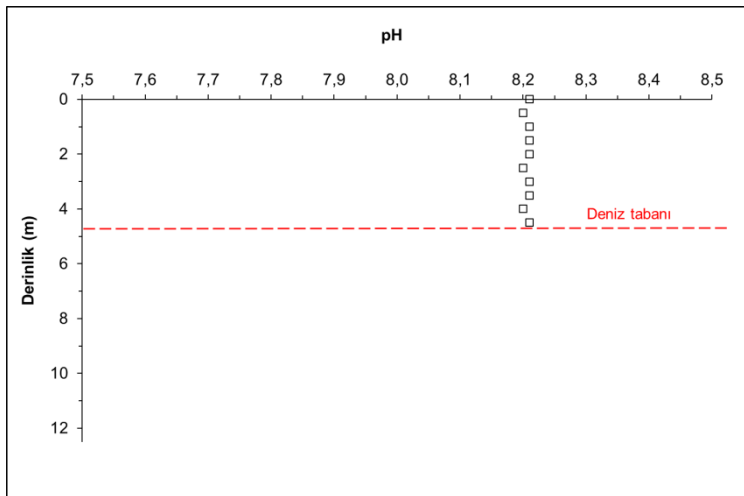
Şekil 4.31. TT Bodrum derinlik-EC ilişkisi, ÖN 5-YM 108m. (Kitiş ve Yiğit 2013)



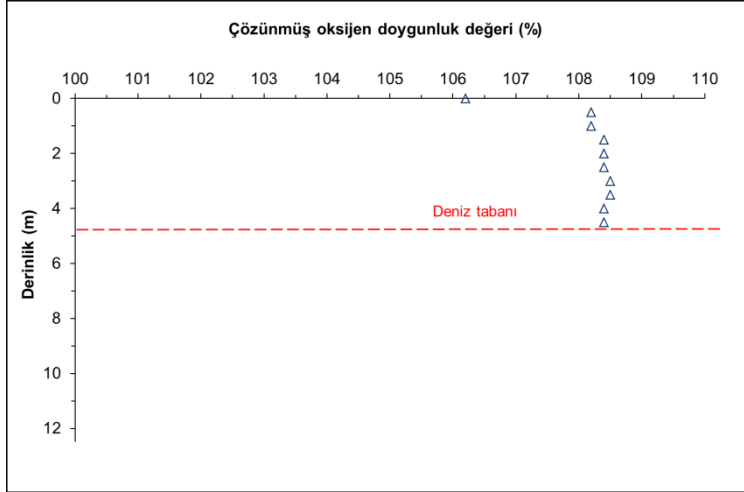
Şekil 4.32. TT Bodrum derinlik-tuzluluk ilişkisi, ÖN 5-YM 108m. (Kitiş ve Yiğit 2013)



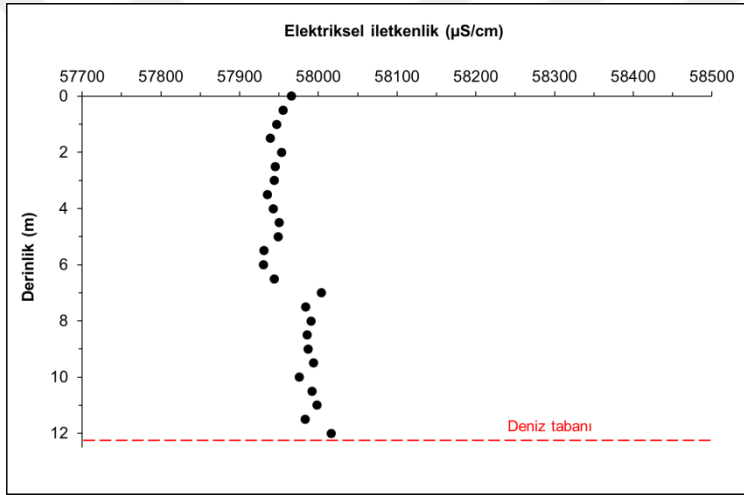
Şekil 4.33. TT Bodrum derinlik-sıcaklık ilişkisi, ÖN 5-YM 108m. (Kitiş ve Yiğit 2013)



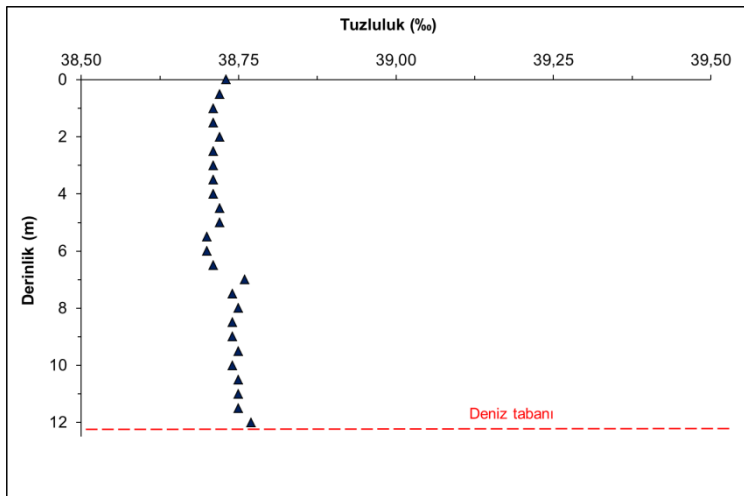
Şekil 4.34. TT Bodrum derinlik-pH ilişkisi, ÖN 5-YM 108m. (Kitiş ve Yiğit 2013)



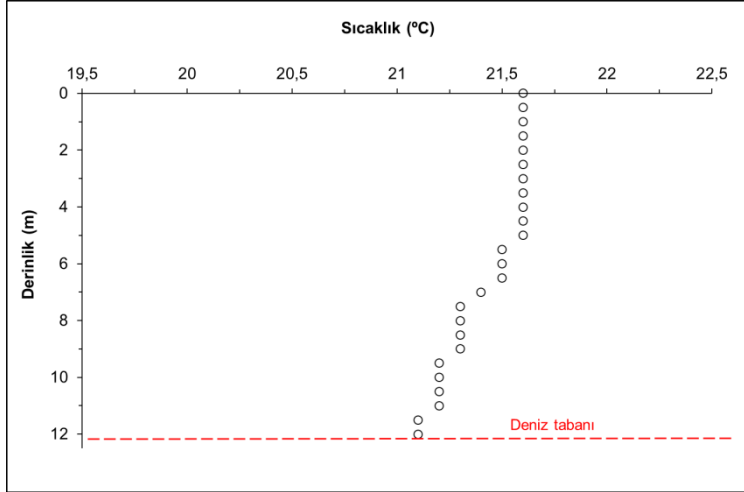
Şekil 4.35. TT Bodrum derinlik-ÇO ilişkisi, ÖN 5-YM 108m. (Kitiş ve Yiğit 2013)



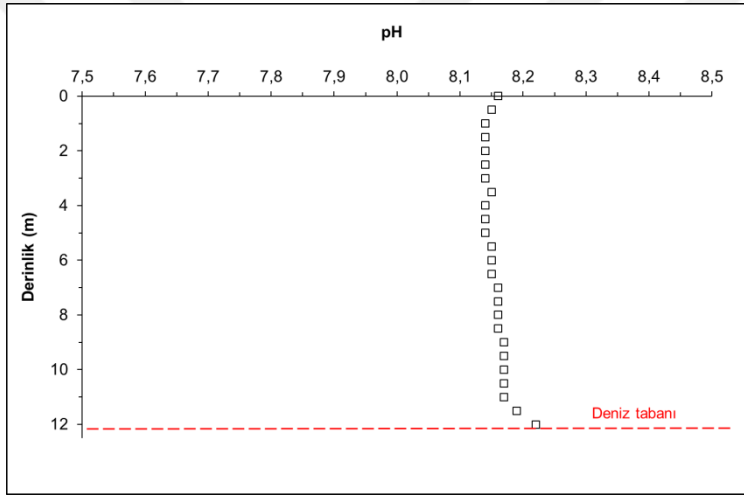
Şekil 4.36. TT Bodrum derinlik-EC ilişkisi, ÖN 6-YM 139m. (Kitiş ve Yiğit 2013)



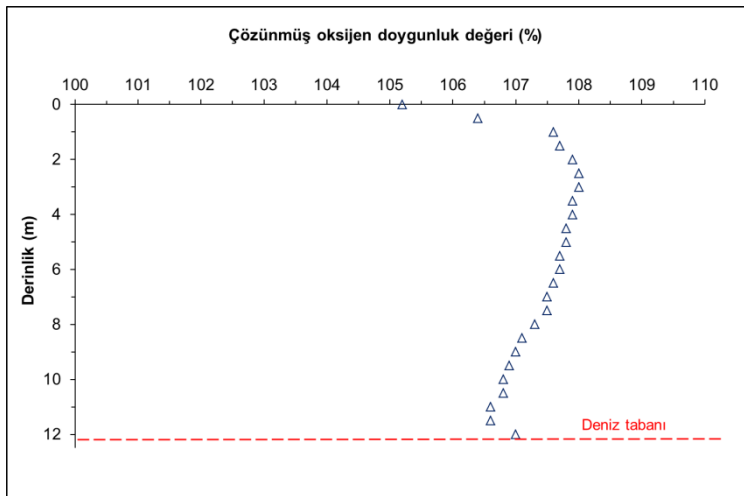
Şekil 4.37. TT Bodrum derinlik-tuzluluk ilişkisi, ÖN 6-YM 139m. (Kitiş ve Yiğit 2013)



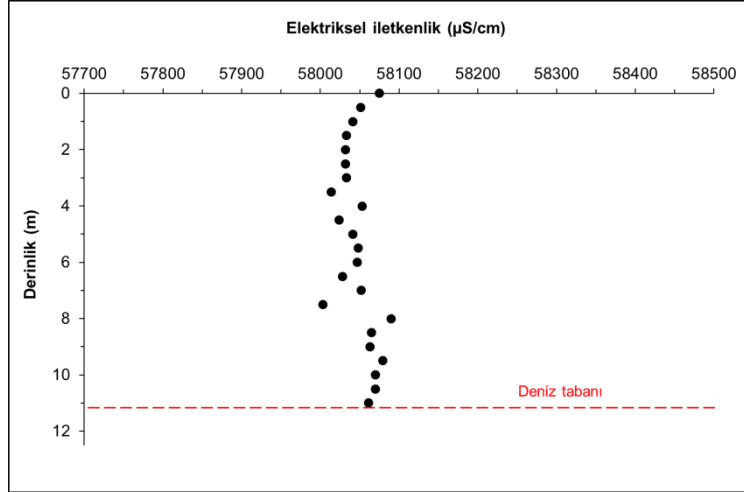
Şekil 4.38. TT Bodrum derinlik-sıcaklık ilişkisi, ÖN 6-YM 139m. (Kitiş ve Yiğit 2013)



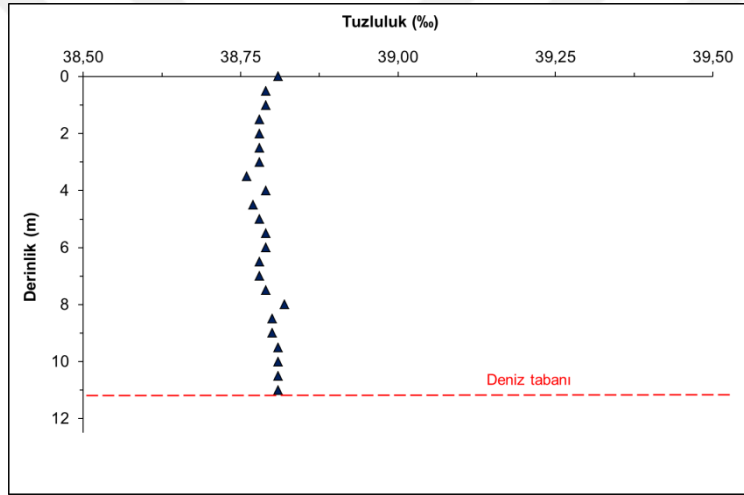
Şekil 4.39. TT Bodrum derinlik-pH ilişkisi, ÖN 6-YM 139m. (Kitiş ve Yiğit 2013)



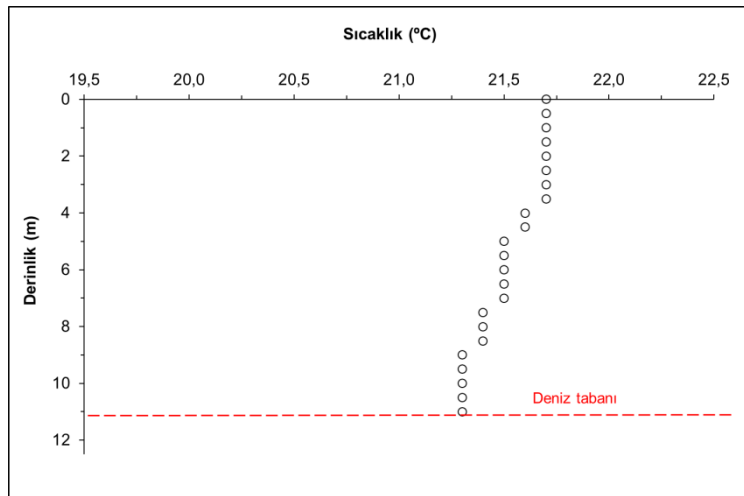
Şekil 4.40. TT Bodrum derinlik-ÇO ilişkisi, ÖN 6-YM 139m. (Kitiş ve Yiğit 2013)



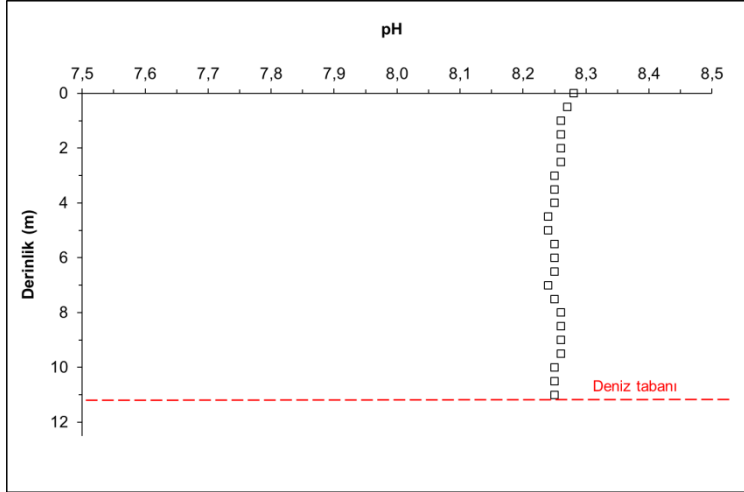
Şekil 4.41. TT Bodrum derinlik-EC ilişkisi, ÖN 7-YM 191m. (Kitiş ve Yiğit 2013)



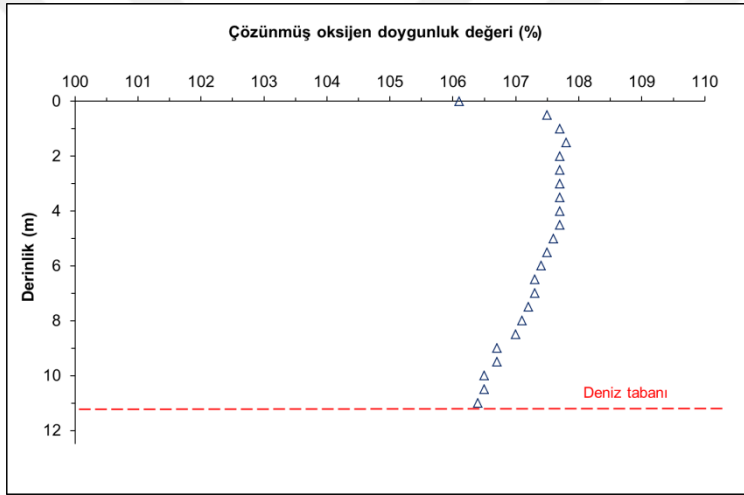
Şekil 4.42. TT Bodrum derinlik-tuzluluk ilişkisi, ÖN 7-YM 191m. (Kitiş ve Yiğit 2013)



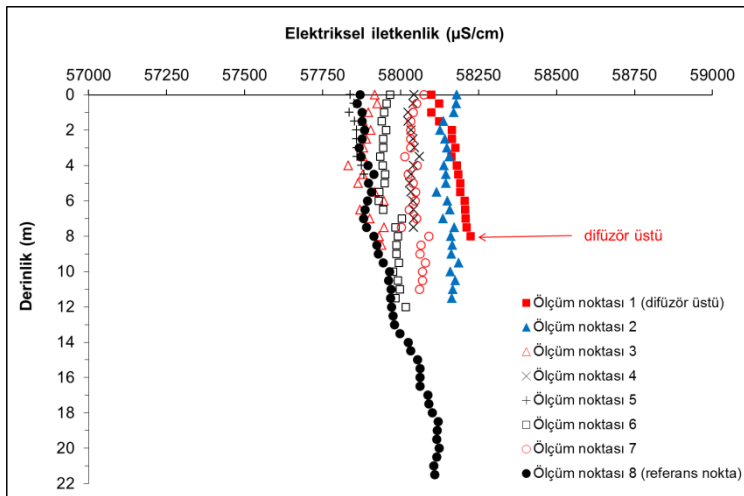
Şekil 4.43. TT Bodrum derinlik-sıcaklık ilişkisi, ÖN 7-YM 191m. (Kitiş ve Yiğit 2013)



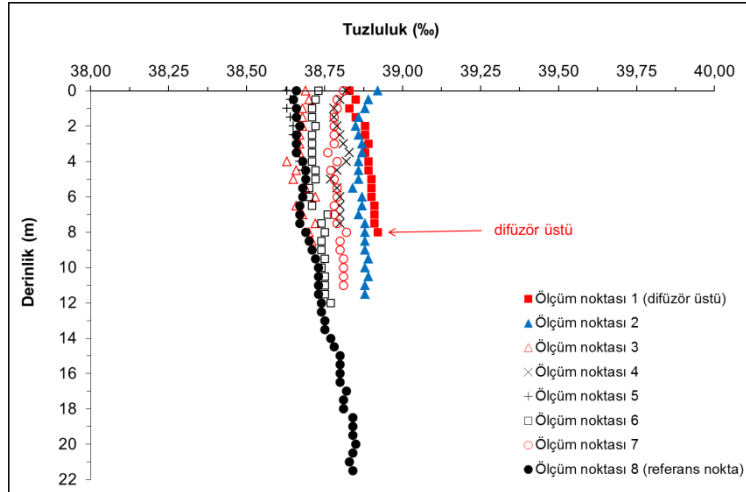
Şekil 4.44. TT Bodrum derinlik-pH ilişkisi, ÖN 7-YM 191m. (Kitiş ve Yiğit 2013)



Şekil 4.45. TT Bodrum derinlik-ÇO ilişkisi, ÖN 7-YM 191m. (Kitiş ve Yiğit 2013)



Şekil 4.46. TT Bodrum derinlik-EC ilgili sıcaklıktaki ilişkisi (Kitiş ve Yiğit 2013)



Şekil 4.47. TT Bodrum derinlik-tuzluluk ilgili sıcaklıktaki ilişkisi (Kitiş ve Yiğit 2013)

4.4.2. WOW Bodrum deniz suyu analiz bulguları

WOW Bodrum TO konsantre sularının deşarj edildiği koyda 9 noktada su kalite (sıcaklık, elektriksel iletkenlik, tuzluluk, pH, ÇÖ) analizleri yapıldığı görülmüştür. Bu ölçüm noktalarının uydu görünümü Şekil 4.48'de yer almaktadır. Çizelge 3.5'de ölçüm noktalarının koordinatlarını göstermektedir. Ölçüm noktalarının laboratuvarında analiz edilen su kalite parametreleri analiz sonuçları Çizelge 4.4'de sunulmuştur.



Şekil 4.48. WOW Bodrum ölçüm noktaları uydu görünümü (Nas ve Doğan 2016)

ÖN 1 tam difüzör ağzının bulunduğu noktayı temsil etmektedir. Difüzör ağzı boru üst kotu derinliği 12 m olarak tespit edilmiştir. Difüzör ağzının bulunduğu nokta sahilden 300 m açıktadır. Difüzörün ve dolayısıyla tuzlu su deşarjının etkisinin olmadığı doğal ve referans şartların tayini amacıyla, difüzörden 40 m açıktaki (ÖN 2-referans nokta) ölçümler yapılmıştır (Nas ve Doğan 2016).

Difüzöre yatay uzaklıklarda (35-190 m) ve derinliklerde 7 noktada daha deşarjın etkisi ve tuzluluk seyrelmelerinin tespiti amacıyla ölçümlerin yapıldığı görülmüştür. (Çizelge 3.5). WOW Bodrum referans noktada iletkenlik ve tuzluluk 56,1 mS/cm ve 37,6 PSU olarak bulunmuştur (Çizelge 4.4).

Referans noktanın diğer analiz sonuçları şu şekildedir: pH; 8,29, sıcaklık 23,4 °C, çözülmüş oksijen 8,03 mg/L' dir. Tüm bu veriler Ege Denizi sahilleri tipik deniz suyu özellikleri ile uyumludur. Bu veriler seçilen referans noktasının uygun olduğunu ve kirlenmemiş doğal deniz suyunu temsil ettiğini göstermektedir. Difüzör üstü noktada (ÖN 1) iletkenlik ve tuzluluk 56,4 mS/cm ve 37,80 PSU olarak bulunmuştur (Çizelge 4.4). Bu değerler referans noktada ölçülen değerlere çok yakındır (Nas ve Doğan 2016).

Difüzör üstü iletkenlik değeri referans noktanın ortalama iletkenlik değerinden sadece 0,3 mS/cm daha fazladır (56,1 µS/cm ve 56,4 µS/cm). Benzer şekilde difüzör üstü tuzluluk 37,80 PSU iken, referans noktada 37,60 PSU' dur. Difüzör üstünde tuzluluk artışı % 0,2 olarak çok düşük bir artış gerçekleşmiştir.

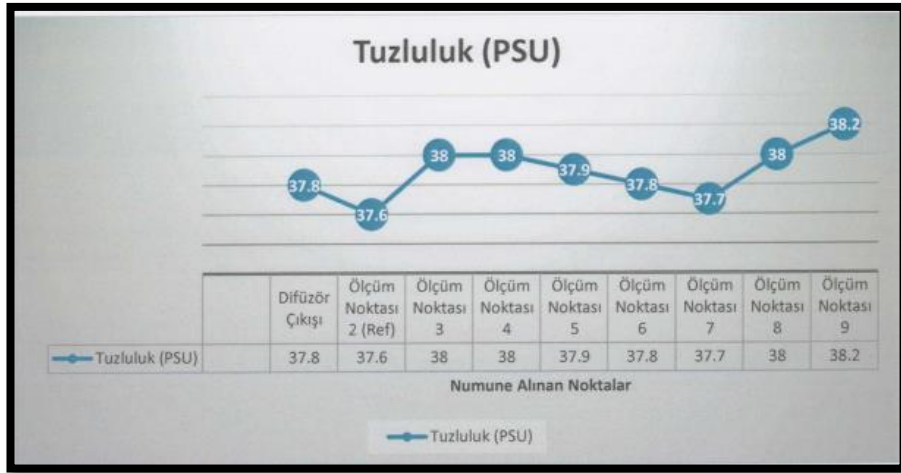
Bakanlığın mevzuatında; "ilk karışım bölgesindeki (birinci seyrelme sonrası) tuzluluk artışı hassas deniz alanlarında ‰ 2, diğer yerlerde ise ‰ 3'ü aşmamalıdır" denilmektedir. Bu analiz sonuçlarına göre; ilk karışım bölgesindeki (3,4,5,6, ve 7 numaralı noktalar) deniz suyundaki tuzluluk artışı en fazla 3 ve 4 numaralı noktalarda ‰ 0,4 olarak gerçekleşmiştir (Nas ve Doğan 2016).

Konsantre deşarjı bakanlığın öngördüğü limitler (‰ 2) içinde kalmıştır. İletkenlik ve tuzluluk parametrelerine benzer şekilde diğer parametreler için de difüzör üstü ortalama değerler referans değerlere çok yakın çıkmıştır (Çizelge 4.4). Tüm bu veriler otelin TO konsantre deşarjındaki tuzluluğun deniz suyunda derhal, çok kısa mesafelerde seyreltiğini göstermektedir (Nas ve Doğan 2016).

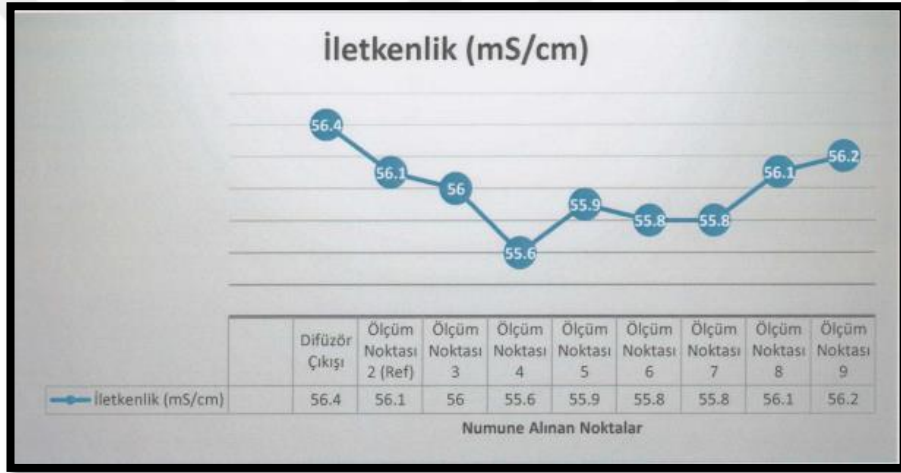
TO konsantre deşarjının Gümbet Koyu'ndaki olası etkilerinin ve seyrelmenin hangi mesafelerde tamamlandığının tespiti amacıyla difüzöre farklı yatay mesafelerde 7 noktada daha analiz yapıldığı tespit edilmiştir. Yapılan analiz sonuçları Şekil 49 ve Şekil 53 arasında yer almaktadır.

Çizelge 4.4. WOW Bodrum deniz numuneleri analiz sonuçları (Nas ve Doğan 2016)

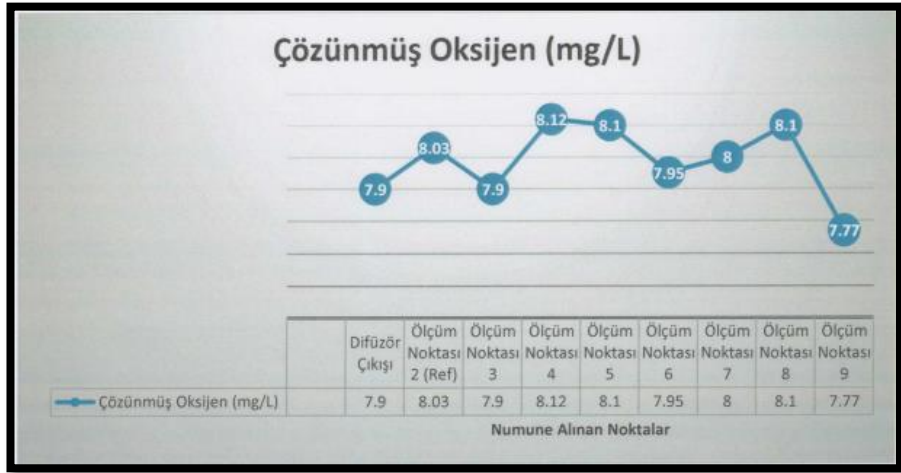
ÖN		pH	Sıcaklık (°C)	Tuzluluk (PSU)	ÇO (mg/L)	İletkenlik (mS/cm)
Difüzör Çıkışı	1	8,14	24,7	37,8	7,90 / %95,2	56,4
ÖN	2	8,29	23,4	37,6	8,03 / %95,5	56,1
ÖN	3	8,26	24,9	38,0	7,90 / %94,1	56,0
ÖN	4	8,29	24,3	38,0	8,12 / %96,2	55,6
ÖN	5	8,32	24,1	37,9	8,10 / %94,7	55,9
ÖN	6	8,32	24,0	37,8	7,95 / %94,1	55,8
ÖN	7	8,32	22,9	37,7	8,00 / %94,5	55,8
ÖN	8	8,32	24,3	38,0	8,10 / %95,5	56,1
ÖN	9	8,33	22,8	38,2	7,77 / %92,0	56,2



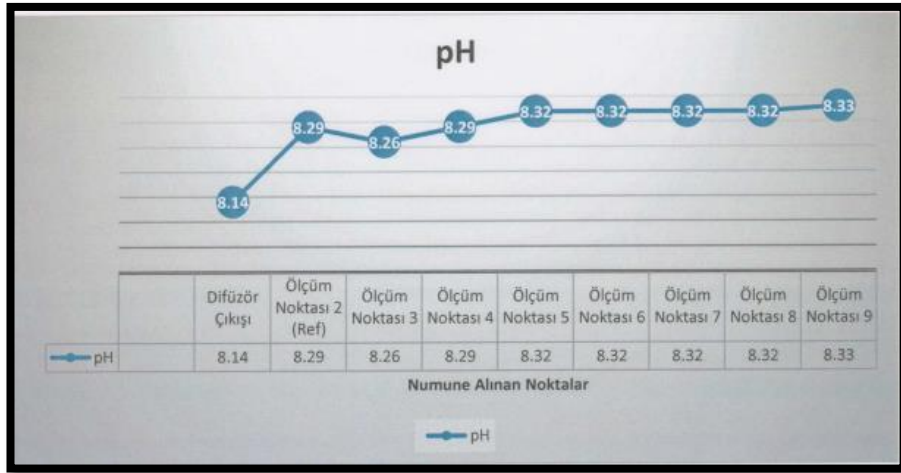
Şekil 4.49. WOW Bodrum tuzluluk ölçüm sonuçları (Nas ve Doğan 2016)



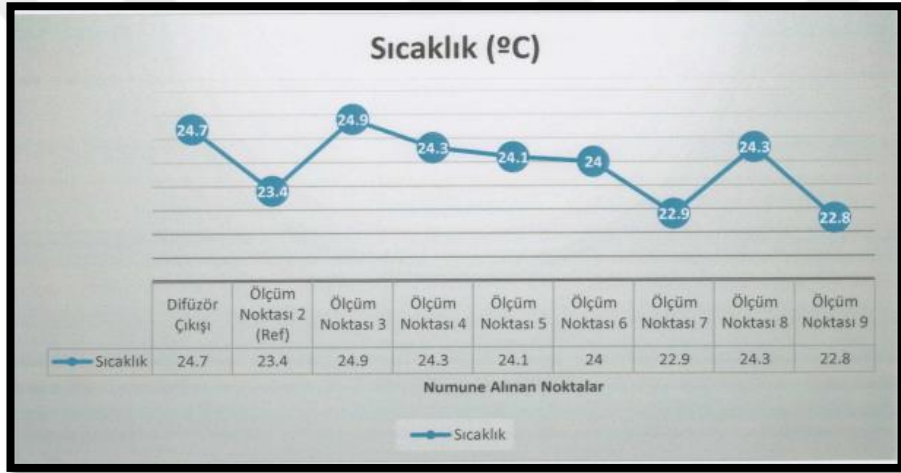
Şekil 4.50. WOW Bodrum iletkenlik ölçüm sonuçları (Nas ve Doğan 2016)



Şekil 4.51. WOW Bodrum ÇÖ ölçüm sonuçları (Nas ve Doğan 2016)



Şekil 4.52. WOW Bodrum pH ölçüm sonuçları (Nas ve Doğan 2016)



Şekil 4.53. WOW Bodrum sıcaklık ölçüm sonuçları (Nas ve Doğan 2016)

4.5. TO Konsantre Deşarjları Hakkında Yapılan Bilimsel Çalışmalar

Çevresi ile ozmotik dengede olan deniz canlıları, çevredeki tuzluluk artışı sonucu, hücrelerde su kaybı yaşatarak iç basınçlarını düşmekte ve bazı hassas türlerin genç bireyleri ve larvalarında ölüme yol açtığı yapılan araştırmalarda tespit edilmiştir.

Desalinasyon tesisleri kaynaklı konsantre akımlar yoğun tuz içerikli olduğundan, deşarj edildikleri noktalarda sucul ekosistem üzerinde olumsuz akut etkileri gözlemlenmediği hususu konusunda ortak fikir yaygındır. Konsantre su mineral, ağır metal ve spesifik kirletici içermektedir. Olası tehlikeli kirletici toksik değere ulaşarak olumsuz etkiler oluşturabileceği hususu ağırlıklı olarak araştırılmaktadır.

Deniz suyuna ön arıtmada biyosit, koagulant, flokulant, anti-skalan vd. kimyasalların eklenmesi ve besleme suyu ön arıtımı sonrasında oluşan kalıntıların uzaklaştırılması deniz ortamına etkileri olduğu yapılan araştırmalarda tespit edilmiş olup bir süredir akademisyenlerce olası etkiler araştırılmaktadır.

Yapılan bir çalışmada; konsantre su deşarjında bulunan ağır metal seviyesi talep edilen sınır değerlerin altında yer almasına karşın korelasyon analizleri bazı deniz canlılarında (deniz sedimenti, çift kabuklu yumuşakçalar) ölçülen konsantrasyon değerlerinin konsantre su deşarj değerleri ile doğrudan ilişkili olduğu tespit edilmiştir.

Konsantre suyunda bulunan Cu-Bakır ve Zn-Çinko gibi kalıntı metal elementlerin değerinin belli bir düzeyin üzerine çıkması desalinasyon tesislerinde materyal korozyonuna işaret etmektedir. Çevreyi kirletmenin yanı sıra korozyon sonucu membran tıkanmalarına yol açtıklarını göstermektedir.

Desalinasyon tesislerinde ön arıtmada kullanılan bazı kimyasallar (biyosit gibi) konsantre suyunda bulunan ağır metaller (Cu ve Zn) ile ilgili olabileceği düşünülmektedir. Tesislerin bakımlarında kullanılan toksik antifoulant ve antiskalantların kullanımı ve denize deşarjıyla da ilave çevresel sorunlar oluşturacağına işaret edilmiş ve araştırılmalarda dikkat edilmesi gereken detaylar arasında yerini almıştır.

Konsantre suyun içeriğindeki kimyasalların planktonlar, omurgasızlar, yavru balıkların zarar gördüğü araştırılmıştır. Bir çalışmada tuzluluğun % 40-53 aralığında olduğu deşarj noktasına en yakın istasyonda amfipotların (tırnaksılar) önce sayılarının azaldığı ve sonra tamamen yok olduklarını belirtmişlerdir.

SWRO tesisleri TO konsantre deşarjı noktası ve çevresinde yaşayan deniz canlıları üzerinde laboratuvar koşullarında tuzluluğa karşı tolerans değerleri tespit çalışmaları yapılmıştır. Çapı, ilk karışım bölgesi ve daha fazla alanda yapılan hidrodinamik model simülasyon çalışması ile dip bölgesindeki tuzluluk dağılımı ortaya konmuştur. Model simülasyon sonuçları ile canlıların tolerans seviyeleri karşılaştırılmıştır. Bölgeye özgü elde edilen bu sonuçlar neticesinde, tuzluluk toleransı bilinen türlere ait değerlendirme çalışmasının yapılmasının ardından, deşarj noktası ve ilk karışım mesafesi belirlenebilmektedir.

Bazı araştırmacılar SWRO tesisleri kaynaklı konsantrelerin tuzluluk değişiminin deniz suyunda çevresel olarak estetik veya fiziksel karakteristikte değişime pek sebep olmadığı görüşüne sahiptir. Konsantre suyu deşarjının deniz suyunda BOİ ve KOİ değişimine sebep olmadığı, deniz suyu tuzluluğunun büyük bir bölümünün (% 80) sodyum ve klorürden oluştuğu ve birincil gıda kaynağı olmadığıyla izah edilmektedir.

Denizlerde çevresel şartlardan kaynaklanan tuzluluk salınımları ± 10 oranında değiştiği bilinmektedir. TO deşarjı kaynaklı tuz konsantrasyonunun uzun süreli etkisi, buharlaşmadan kaynaklanan deniz suyundaki tuzluluk salınımları etkilerine denk olduğu yapılan bazı araştırmalarda ortaya konulmuştur. Sucul organizmaların bu salınım değerlerine adapte olabildiğini göstermektedir.

SWRO tesisleri konsantre deşarjı deniz ortamındaki flora ve faunayı değiştirdiği, bazı durumlarda dikey karışımın sağlanmamasından dolayı, denizdeki haloklin bölgesinde tabakalaşmaya sebep olduğu söylenmektedir. Yoğun olan konsantrenin dip bölgesine çökmesi ile partikül maddelerin sediment üzerinde birikmesine, suyun hidrografisi ve su kalitesi değişmesi kaynaklı tuzluluk artışına, buna bağlı olarak oksijen miktarındaki düşüş ve toksik elementlerden dolayı enzim aktivitelerinde, beslenmede,

üremede, nefes almada ve fotosentez üzerine olumsuz etkileri ile canlıların davranış şekillerinde farklılaşmalar yapılan araştırmalarda gözlenmiştir.

Denize yapılan tuzlu su deşarjlarında deşarj yükleri, seyrelme ve deniz ortamının hidrodinamik şartlarına (açık/kapalı koylar, sirkülasyon, akıntı durumları, vb. parametreler) göre, tuzluluk değeri zamanla artabilmektedir. Konsantre deşarjı noktası ve çevresinin mercan kayalığı, kayalık, sahil ve kum yüzey gibi ortamın doğası ve bölgedeki organizma türlerine göre tuzluluk artışının deniz ortamına etkilerinin boyutu değişmektedir. Klor ve membran temizleyicileri, dilbalığı yavruları üzerinde yüksek toksik etki yaptığı analiz edilmiştir. Diğer yandan konsantre su deşarjının deniz popülasyonu üzerinde türlerin hareketliliği ve deşarjdan etkilenen alanın sınırlı olması sebebiyle doğrudan önemli bir etkisi olmadığını belirtmektedirler.

Farklı bir çalışmada geri yıkama suyunun estetik etkisinin yanı sıra fitoplankton gelişimini etkilediğini göstermiş, artan tuzluluk ve/veya sıcaklığın, deşarj bölgesinde su kalitesini ve mikrobiyal organizmaları etkilediğini ifade etmişlerdir.

TO konsantre deşarjının etkileri araştırmalarında Akdeniz'e özgü *Posidonia Oceanica* türünün tuzluluk artışına karşı toleransının çok düşük olduğu görülmüştür. Tuzluluk artışı deniz çayırlarının gelişimini olumsuz etkilediği, kalıcı yaprak kayıplarına ve doku ölümlerine yol açtığı tespit edilmiştir. Deşarj noktasına en yakın bölgelerde; konsantre deşarjının bitkilerin yapısında (dokularda azot içeriğinin artması, bununla bağlantılı olarak glutamin sentetaz aktivitesinde azalış, bitki sağlığında bozulma gibi) önemli etkileri olduğunu ortaya koymuşlardır. Tuzluluk dalgalanmalarının deniz çayırlarında tür zenginliği ve epifit biyokütle üzerinde negatif etkileri gözlenmiştir.

5. SONUÇLAR

Ham su teminini denizden karşılayan TO tesislerinde (SWRO) sahilde açılan keson kuyulardan alınan su ve denizden doğrudan alınan suyun belirli oranlarda karışımları yapılarak su temin edilen tesislerde ham su kalitesinin önemli ölçüde arttığı tespit edilmiştir. Doğal filtrasyona uğrayan deniz suları sayesinde ön arıtma maliyetlerinin azaldığı ve ayrıca ham su kalitesindeki bu artış konsantre suyu kalitesini doğrudan etkilediği açıkça görülmüştür.

TT Bodrum SWRO tesisinde su alımı % 80 deniz ve % 20 keson kuyulardan sağlanması sayesinde TO besleme suyunun ortalama iletkenliği 42695 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olarak bulunmuştur (tuzluluk: ‰ 27,50 ve sıcaklık: 24,4 °C). Belirtilen sıcaklıklarda Güney Ege sahillerinde tipik iletkenlik ve tuzluluk değerlerinin 57000-59000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ve ‰ 38-39 olduğu tespit edilmiştir. Referans noktası olarak seçilen ve deşarja 666 m uzaklıkta bulunan 8 No'lu noktanın derinlik ortalamalı iletkenlik ve tuzluluk değerleri 57976 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ve ‰ 38,74 olarak bulunmuştur. Deşarj edilen TO konsantresinin tuzluluğu/iletkenliği doğal deniz suyundan sadece % 10-11 kadar fazla olduğu yapılan analiz sonuçlarında ortaya konulmuştur.

Alıcı ortam tuzluluktaki düşük değişimleri veya kısa süreli yüksek konsantrasyondaki değişimleri tolere edebildiği ispatlanmıştır. Uzun süreli ve yüksek debili deşarjların etkisi ise yapılacak olan yeni araştırmalara konu olacaktır. Deşarj edildiği yerde, konsantre bir akım daha sonra deniz akıntılarına bağlı olarak gittiği yöne doğru konsantrasyonu azaldığı tespit edilmiştir.

Bazı denizlerde iyi bir karışım ortamı var iken, bazı yerlerde düşük karışım olabilmektedir. Çalışmaya konu olan dip ve yüzey akıntılarının yüksek olduğu ve deniz eğitiminin % 1 den az olduğu Bağla Koyu ve Gümbet Koyu gibi iyi karışım olan yerlerde, çevresel etki minimize olduğu ve denizin kısa mesafelerde (< 15 m) tuzluluk artışını tolere ettiği görülmüştür.

Bağla Koyu difüzör üstü noktada derinlik ortalamalı iletkenlik ve tuzluluk 58171 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ve ‰ 38,88 ve referans noktasında derinlik ortalamalı iletkenlik ve tuzluluk 57976 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ve ‰ 38,74 olarak bulunmuştur. Difüzör üstü ortalama iletkenlik değeri referans noktanın ortalama iletkenlik değerinden % 0,3 daha fazladır. Difüzör üstünde derinlik ortalamalı tuzluluk ‰ 0,14 daha fazladır. İletkenlik ve tuzluluk parametrelerine benzer şekilde diğer parametrelerde de benzer durum söz konusudur.

Gümbet Koyu difüzör üstü noktada iletkenlik ve tuzluluk 56,4 mS/cm ve 37,8 PSU ve referans noktasında iletkenlik ve tuzluluk 56,1 mS/cm ve 37,6 PSU olarak bulunmuştur. Difüzör üstü iletkenlik değeri referans noktanın ortalama iletkenlik değerinden % 0,3 daha fazladır. Difüzör üstünde tuzluluk ‰ 0,2 daha fazladır. İletkenlik ve tuzluluk parametrelerine benzer şekilde diğer parametrelerde de benzer durum söz konusudur.

Sıcaklık artışını denizin kısa mesafelerde (< 10 m) tolere ettiği görülmüştür. Bağla Koyu'nda referans noktanın ve difüzör üstünde derinlik ortalamalı sıcaklıkları sırasıyla 21,1 °C ve 21,4 °C'dir.

Gümbet Koyu'nda da sıcaklık değerleri 23,4 °C ve 23,7°C'dir. Her iki deşarjın difüzör bölgesindeki sıcaklık artışı minimal seviyede (0,3 °C) olmuştur.

Deşarj hattı sonunda difüzör kullanılması ile daha iyi bir karışım sağladığı WOW Bodrum difüzör ile yapılan konsantre deşarjı için Gümbet Koyu'nda yapılan analizlerde tespit edilmiştir. Difüzör üstü iletkenlik değeri referans noktanın ortalama iletkenlik değerinden sadece 0,3 mS/cm daha fazladır (56,1 µS/cm ve 56,4 µS/cm). Benzer şekilde difüzör üstü tuzluluk 37,80 PSU iken, referans noktada 37,60 PSU' dur. Difüzör üstünde tuzluluk artışı ‰ 0,2 ve karışım bölgesinde ise en yüksek tuzluluk artışı olan ÖN 3 ve ÖN 4' de ‰ 0,4 olarak bulunmuştur.

TT Bodrum açık boru ile yapılan konsantre deşarjı için Bağla Koyu'nda yapılan analizlerde ise difüzör üstü ortalama iletkenlik değeri referans noktanın ortalama iletkenlik değerinden % 0,3 daha fazladır (58171 µS/cm ve 57976 µS/cm). Benzer şekilde difüzör üstü ortalama tuzluluk ‰ 38.88 iken, referans noktada ‰ 38,74'dür. Difüzör üstünde derinlik ortalamalı tuzluluk artışı ‰ 0,14 ve karışım bölgesinde derinlik ortalamalı tuzluluk artışı en yüksek olan ÖN 2' de ‰ 0,13 olarak bulunmuştur.

Referans noktalarındaki yatay mesafe farklılıkları (666 m ve 40 m), konsantre debisi miktarında farklılık (600 m³/gün ve 940 m³/gün) ve Bağla Koyu deşarjında ham suyun deniz ve keson kuyu karışımı olması dikkate alınmalıdır. Gümbet Koyu'nda referans nokta olarak ÖN-9'u (YM-190m) alırsak iletkenlik parametresinin 56,2 µS/cm olduğu görülebilir. Difüzör üstü iletkenlik değeri bu noktanın ortalama iletkenlik değerinden sadece 0,1 mS/cm daha fazladır (56,1 µS/cm ve 56,2 µS/cm). Tuzluluk parametresi için referans değişimi kaynaklı bu yorum geçerli olmamaktadır.

Tez çalışmasına konu olan tesislerin TO konsantrelerinin analizlerinde, bulanıklık, AKM, pH, sülfat, klorür, TOK, TN değerlerinin normal aralıklarda olduğu tespit edilmiştir. Besleme suyunun konsantrasyonlarından % 10-15 fazla olduğu görülebilir. Ölçüm noktalarında derinlik bazlı iletkenlik ve tuzluluk değerleri referans noktaya çok yakın bulunmuştur. Ölçüm noktalarında iletkenlik ve tuzluluk değerleri tamamıyla doğal deniz suyuyla uyumludur. İletkenlik ve tuzluluk değerlerinde olduğu gibi, deşarj bölgesi dahil tüm ölçüm noktalarında yapılan pH, ÇO doygunluk ve sıcaklık profilleri analizlerinde olumsuz trend tespit edilmemiş olup verilerin doğal deniz suyu değerleriyle uyumlu olduğu izahı yapılmıştır.

Bu çalışmada kullanma suyu ihtiyacı olan konaklama tesislerinin TO konsantre sularının çevresel etkileri araştırılmıştır. Bu çalışmayı bir adım ileriye taşımak isteyen araştırmacıların TO konsantre suyunun deşarjındaki tuzluluk artışının deşarj noktası/karışım bölgesinde yaşayan sucül mikroorganizma, bitki ve hayvanların tespitinin yapılması, (örneğin Akdenizde kısıtlı tuzluluk aralığında yaşayan deniz çayırı-*posidonia oceanica* vd. türler) konsantre deşarjının bu canlılara etkisinin araştırılması önerilebilir. Ham suyunda ağır metal muhteva eden sanayi tesislerinin su temininde (soğutma sularında vd.) su kalite parametreleri analizlerine ek olarak ağır metal analizlerinin yapılması gerekmektedir.

6. KAYNAKLAR

- Abart E. and Lovo R. 1998. Investigating intake System Effectiveness with Emphasis on Self-Jetting Well-(SJWP) Beachwell System 1997 Point, 2nd Acquired Experience Symposium on Desalination Plants O&M, ss. 1350-1365, September 29-October 3 1997, Denver, USA.
- Ahmad N. and Baddour Raouf E. 2014. A Review of Sources, Effects, Disposal Methods and Regulations of Brine into Marine Environments. *Ocean & Coastal Management*. 87: 1-7.
- Al-Karaghoulia A.A. and Alnaser W.E. 2004. Performances of Single and Double Basin Solar-Stills. *Applied Energy*, 78: 347-354.
- Akar A. 2000. İçme Suyu Kalitesi Açısından Kirlilik Parametrelerinin İrdelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul, 141 s.
- Anonim 1: <http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari> [Son erişim tarihi: 27.03.2018].
- Anonim 2: <http://memtek.org/memtekbulten3sayiweb.pdf> [Son erişim tarihi: 08.04.2018].
- Anonim 3: <https://vdocuments.site/49591496-membran-teknolojileri-ve-uygulamalari-sempozyumu.html> [Son erişim tarihi: 08.04.2018].
- Anonim 4: http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1019 [Son erişim tarihi: 26.03.2018].
- Anonymous 1: <http://www.albawaba.com/business/international-water-summit-2017-gcc-countries-are-global-leaders-desalination-926452> [Son erişim tarihi: 08.04.2018].
- Anonymous 2: <http://www.desalination.biz> [Son erişim tarihi: 07.02.2017].
- Anonymous 3: <http://news.mit.edu/2016/workshop-green-saltwater-desalination-1019> [Son erişim tarihi: 23.03.2017].
- Anonymous 4: <http://www.taiwandesal.com.tw> [Son erişim tarihi: 10.01.2013].
- APHA 1998. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, American Public Health Association/American Water Works Association/Water Environment Federation. 20th Edition. Washington DC, USA. pp. 127, 185-190, 224-227, 440-448.
- Aslan V. 2006. Türkiye’de Su Potansiyeli ve Atıksuların Geri Kullanımı, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası 2. Su Politikaları Kongresi, ss. 273-276, 21-23 Mart, Ankara.

- AWWA Manuel 2007. Reverse Osmosis and Nanofiltration, American Water Works Association. *Science ve Technology*, (2): 1-19.
- Aydın F. ve Ardalı Y. 2012. Deniz Suyu Arıtım Teknolojileri. *Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi Sigma* 30, ss. 156-178.
- Babuçu F.O. ve Çağlar S. 2009. Avşa (Balıkesir) Belediyesine İçme-Kullanması Temini Amaçlı Deniz Suyundan Ters Osmoz Yöntemi ile Arıtma Tesisi Projelendirilmesi ve Yapımı. *Ulusal Membran Teknolojileri ve Uygulamaları Sempozyumu*, ss. 1-4, 2-3 Kasım, İstanbul.
- Balkaya, N. ve Balkaya, M. 2004. İçme Suyu Kalitesini Etkileyen Faktörler, I. Ulusal Çevre Kongresi, ss. 147-152, 13-15 Ekim, Cumhuriyet Üniversitesi, Sivas.
- Başaran Y. 2015. Türkiye’de Deniz Suyundan İçme Suyu Üretiminin Maliyet Değerlendirmesi. *Uzmanlık Tezi*, Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Ankara 1-2 s.
- Brewster M.R. and Buros K. 1985. Non-conventional Water Resources I. Economics and Experiences in Developing Countries, Natural Resources Forum. ss. 47. United Nations, New York.
- Brown E., Colling A., Park D., Phillips J, Rothery D. and Wright J. 2004. Seawater: Its Composition, Properties and Behaviour, *The Open University*: 3-17 p.
- Buceta J.L., Gacia E., Mas J., Romero J., Ruiz J., Ruiz-Mateo A. and Sánchez-Lizaso J.L. 2003. Estudio de los Efectos de Incrementos de Salinidad sobre la Fanerógama Marina Posidonia Oceanica y su Ecosistema, con el fin de Prever y Minimizar los Impactos que Pudieran Causar los Vertidos de Aguas de Rechazo de Plantas Desaladoras, Natural Resources Forum. ss. 132. Ingeniería Civil.
- Buckley C.A., Bindoff A., Kerr C.A., Kerr A., Simpson A.E. and Cohen D.W. 1987. The use of Speciation and X-Ray Techniques for Determining Pretreatment Steps for Desalination, *Desalination*, 66: 327–337 p.
- Çakmak B., Beyribey M. and Kodal S. 2004. “Irrigation Water Pricing in WUAs Turkey”. *International Journal of Water Resources Development*, 20: 113-124 p.
- Çakmak B., Ucar Y. and Akuzum T. 2007. Water Resources Management, Problems and Solutions for Turkey. *International Congress on River Basin Management Vol:2*, 2007 DSI&WWC, ss. 867-880, 22-24 March, Belek-Antalya-Turkey.
- Çakmak B., Yıldırım M. ve Aküzum T. 2006. Türkiye’de Tarımda Su Yönetimi, Sorunlar ve Çözüm Önerileri, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası 2. Su Politikaları Kongresi, ss. 349-360, 21-23 Mart, Ankara.
- Çevre ve Orman Bakanlığı 2006. AB Entegre Çevre Uyum Stratejisi-UÇES (2007-2023) Raporu, Ankara.

- Chesher R.H. 1971. Biological Impact of a Large-Scale Desalination Plant at Key West, *Office of Research and Monitoring*. USEPA, Project No. 18080GBX12/71, Annapolis, Maryland.
- Darwish M., Hassabou A.H. and Shomar B. 2013. Using Seawater Reverse Osmosis (SWRO) Desalting System for less Environmental Impacts in Qatar, *Desalination*, 309: 113-124 p.
- Drami D., Yacobi Y.Z., Stamble N. and Kress N. 2011. Seawater Quality and Microbial Communities at a Desalination Plant Marine outfall. A Field Study at the Israeli Mediterranean Coast, *Water Research* 45: 5449-5462 p.
- Einav R., Hamssib K. and Periyb D. 2002. The Footprint of the Desalination Processes on The Environment, *Desalination* 152: 141-154 p.
- European Union (EU) 1992. Council Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the Conservation of Natural Habitats and of wild Fauna and Flora. *Official Journal of the European Communities*. Series L, 206, 7-49.
- EIT 2012. Environmental Infrastructural Technologies, Taiwan Seawater Desalination Website, Environmental & Infrastructural Technologies.
- EMWIS 2008. Non-conventional Water Resources uses Study in the Mediterranean Final Report, *Centro de Estudios y Experimentación de Obras Públicas (CEDEX)* 9-53 p.
- Eroğlu V. 1995. Su Tasfiyesi, İstanbul Teknik Üniversitesi Yayınları, İstanbul, 314 s.
- ESLİ, Aqualine AP407 Antiskalant (Sıvı formda) Ürün Bülteni ve Malzeme Güvenlik Bilgi Formu.
- Fane A.G., Wang R. and Jia Y. 2011. Membrane Technology: Past, Present and Future. In: *Membrane and Desalination Technologies*. Wang, L.K., Chen, J.P., Hung, Y.-T., Shammas, N.K. (eds.), Springer, New York, p. 1-45.
- Gacia E., Invers O., Manzanera M., Ballesteros E. and Romero J. 2007. Impact of the Brine from a Desalination Plant on a Shallow Seagrass (*Posidonia Oceanica*) Meadow, Estuarine, *Coastal and Shelf Science* 72(4): 579-590 p.
- Gupta A. 1993. Su Kaynaklarının Geliştirilmesi, Üçüncü Dünya Ülkelerinde Çevre ve Kalkınma, Kabalcı Yayınevi, İstanbul, 2-10 s.
- HACH 1989. Water Analysis Handbook, HACH Company, Colorado, USA pp. 10-61.
- HACH-LANGE 2006. Water Analysis Handbook, Hach-Lange Company, Germany pp. 23-57.

- Hassan A.M., Jamaluddin A.T.M., Rowaili A., Abart E. and Lovo R. 1999. Investigating intake System Effectiveness with Emphasis on a Self-Jetting well point Meadow, (SJWP) beachwell system, *Desalination* 123 (2-3): 195-204 p.
- Hassan A.M., Jamaluddin A.T.M., Rowaili A., Abart E. and Lovo R. 1998. Investigating intake System Effectiveness with Emphasis on Self-Jetting well-(SJWP) Beachwell System. *Research & Development Center, Saline Water Conversion Corporation (SWCC)*: 1-16 p.
- Hassan A.M., Jamaluddin A.T.M., Rowaili A. 1998. Investigating intake System Effectiveness with Emphasis on Self-jetting well-(SJWP) Beachwell System 1997 Point, 2nd Acquired Experience Symposium on Desalination plants O&M, ss. 1350-1365, September 29-October 3 1997, Al-Jubail, Kingdom of Saudi Arabia.
- Hoepner T. 1999. A Procedure for Environmental Impact Assessments (EIA) For Seawater Desalination Plants, *Desalination*, 124: 1-12 p.
- Hoepner T. and Lattemann S. 2003. Chemical Impacts from Seawater Desalination Plants a Case Study of the Northern Red Sea, *Desalination*, 152: 133-140 p.
- IDA Inventory 1998. Desalination Yearbook, Topsfield, USA pp.
- Kanber R. 2006. Türkiye’de Su Kaynakları Potansiyeli: Kullanımı, Sorunları ve Çözüm Önerileri. TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası Su Politikaları Kongresi, ss. 1-12, 21-23 Mart, Ankara.
- Kanber R., Çullu M.A., Kendirli B., Antepli S. ve Yılmaz N. 2005. Sulama, Drenaj ve Tuzluluk. Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi Bildirileri Milli Kütüphane, ss. 213-251, 03-07 Ocak, Ankara.
- Kankus J. 2011. Impact of Fish Farms on the Distribution of Organic Matters in The Aegean Sea: a Case Study. PhD Thesis, Dokuz Eylül University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, İzmir 102 p.
- Ketsezi A., Stathouloupoulou A. and Demadis K. 2008. Being Green in Chemical Water Treatment Technologies: Issues, Challenges And Development. *Desalination*, 223: 487-493.
- Kendirli B., Cakmak B. and Gokalp Z. 2005. Assessment of Water Quality in Turkey. *Water International*, 30: 446-455 p.
- Kendrick G.A., Walker D.I. and McComb A.J. 1988. Changes in Distribution of Macroalgal Epiphytes on Stems of the Seagrass *Amphibolis Antarctica* along a Salinity Gradient in Shark Bay, Western Australia. *Phycologia* 27 (2): 201-208 p.
- Khawaji A., Kutubkhanah I. and Wie J. 2008. Advances in Seawater Desalination

- Technologies. *Desalination*, 221 (1-3), 47-69.
- Kılınçer N., Çakmak İ., Eriş A., Kanber R., Kınacı E. ve Yurdakul O. 2002. Tarım Sektörüne Yönelik Yaklaşım ve Politikalarını Belirlemesine İlişkin Yapılan Değerlendirme Çalışması. TÜBİTAK-TOGTAĞ, Çittage Raporu, (yayınlanmamış), Ankara, 146 s.
- Kitiş M. 2017. Desalinasyon Membran Proseslerinde Konsantre Yönetimi. Prof. Dr. Dinçer TOPACIK Ulusal Membran Teknolojileri Uygulama ve Araştırma Merkezi (MEM-TEK), MEM-TEK Bülteni Nisan 2017, Yıl 2, Sayı 3, İstanbul, 24-27 s.
- Kitiş M. ve Yiğit Ö.N. 2013. TT Hotels Bodrum Imperial RO Konsantreleri Revize Bilimsel Raporu. Süleyman Demirel Üniversitesi, Eylül 2013.
- Koyuncu İ. 2018. Su/atıksu Arıtımı ve Geri Kazanılmasında Membran Teknolojileri ve Uygulamaları. Türkiye Çevre Koruma Vakfı Yayınları, Kitap, Ankara, 3-554 s.
- Kucera J. 2010. Reverse Osmosis Design, Processes, and Applications for Engineers. John Wiley & Sons, Hoboken, New Jersey.
- Ladewig B. and Asquith B. 2012. Desalination Concentrate Management. Springer Briefs in Molecular Science, Green Chemistry for Sustainability, Springer Science & Business Media, New York.
- Lattemann S., Kennedy M.D., Sadhwaniippers J.C. and Amy G. 2010. Global Desalination Situation. *Sustainability science and engineering* 2: 7-38 p.
- Lin Y.C. 2013. Potential Impacts of Discharges from Seawater Reverse Osmosis on Taiwan Marine Environment. *Desalination*, 322: 84–93 p.
- Lin Y.C., Chang-Chien G.P., Chiang P.C., Chen W.H. and Lin Y.C. 2013. Potential Impacts of Discharges from Seawater Reverse Osmosis on Taiwan Marine Environment, *Desalination*, 322: 84-93 p.
- Madaeni S.S., Tahmasebi K. and Kerendi S. H. 2004. Sugar Syrup Concentration using Reverse Osmosis Membranes, *Engineering in Life Sciences*, 4: 187-190 p.
- Meriç B.T. 2004. Su Kaynakları Yönetimi ve Türkiye. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi*, 28 (1): 27-38 s.
- Miri R. and Chouikhi A. 2005. Ecotoxicological Marine Impacts from Seawater Desalination Plants, *Desalination* 182: 403-410 p.
- Mulder M. 2000. Basic Principles of Membrane Technology Kluwer Academic Publishers. *Enschede Netherlands* 27 p.
- MEDRC (Middle East Desalination Research Center, Muscat Sultanate of Oman) 2010.

- Environmental Planning, Prediction and Management of Brine Discharges from Desalination Plants Final Report. Principal Investigators, Dr. Ing. Tobias Bleninger and Prof. G.H. Jirka PhD. pp. 70-102, December, From Institute for Hydromechanics, Karlsruhe Institute of Technology, Germany.
- Nas B. ve Doğan S. 2016. WOW Bodrum Resort Otel RO Konsantreleri Deniz Deşarjı Bilimsel Raporu. Selçuk Üniversitesi, Aralık 2016.
- Ossa-Carretero J.A., Pilar-Ruso Y., Loya-Fernández A., Ferrero-Vicente L.M., Marco-Méndez C., Martinez-Garcia E. and Sánchez-Lizaso J.L. 2016. Response of Amphipod Assemblages to Desalination Brine Discharge: Impact and recovery, *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 172: 13-23 p.
- Onen S.A., Kocak F. and Kucuksezgin F. 2012. Evaluation of Spatial and Temporal Variations of Inorganic Nutrient Species in the Eastern Aegean Sea Waters, *Marine Pollution Bulletin*, 64: 2849-2856 p.
- Park G.S., Yoon S. and Park K. 2011. Impact of Desalination Byproducts on Marine Organisms: A Case Study at Chuja Island Desalination Plant in Korea, *Desalination and Water Treatment* 33: 262-272 p.
- Raventos N., Macpherson E. and Rubies A.G. 2016. Effect of Brine Discharge from a Desalination Plant on Macrobenthic Communities in the NW Mediterranean, *Marine Environmental Research* 62: 1-14 p.
- Reclamation Managing Water In The West 2007. Evaluation of Membrane Pretreatment for Seawater Reverse Osmosis Desalination, Desalination and Water Purification, *Research and Development Program Report No.106* Denver, Colorado.
- Roberts D.A., Johnston E.L. and Knott N.A. 2010. Impacts of Desalination Plant Discharges on the Marine Environment: a Critical Review of Published Studies, *Water Res*, 44: 5117–5128 p.
- Robert C. 2010. Reverse Osmosis Design & Concentrate Discharge Evolution in Florida The Past Three Decades. *Florida Water Resources Journal*, 19-31 p.
- Sánchez-Lizaso J. L., Romero J., Ruiz J., Gacia E., Invers O., Torquemada Y. F., Mas J., Ruiz-Mateo A. and Manzanera M. 2008. Salinity Tolerance of the Mediterranean Seagrass *Posidonia Oceanica*: Recommendations to Minimize the Impact of Brine Discharges from Desalination Plants, *Desalination*, 221 (1-3): 602-627 p.
- Sadhwani J.J., Veza J.M. and Santana C. 2005. Case Studies on Environmental Impact of Seawater Desalination, *Desalination*, 185: 1-8 p.

- Sartorius Handbook 2003. Microbiological Testing of Foods, Beverages and Pharmaceuticals, Sartorius Company, Germany, pp. 4-26 p.
- Schiffler M. 2004. Perspectives and Challenges for Desalination in the 21st Century, *Desalination*, 165: 1-9 p.
- Shih M.C. 2005. An overview of Arsenic Removal by Pressure - Driven Membrane Processes, *Desalination* 172 (2): 85-97 p.
- Spellman F.R. 2016. Reverse Osmosis, A Guide for the Nonengineering Professional. CRC Press, New York.
- Squire D. 2000. Reverse Osmosis Concentrate Disposal in the UK. *Desalination*, 132 (1), 47-54.
- Şengür-Taşdemir R. ve Yüksekdağ A. 2017. Desalinasyon Membran Proseslerinde Konsantre Yönetimi. Prof. Dr. Dincer TOPACIK Ulusal Membran Teknolojileri Uygulama ve Araştırma Merkezi (MEM-TEK), MEM-TEK Bülteni Nisan 2017, Yıl 2, Sayı 3, İstanbul, 32-33 s.
- Tsiourtis N.X. 2001. Desalination and the Environment, *Desalination*, 141: 223-236 p.
- TÜBİTAK MAM SİNHA Projesi 2012. Türkiye Kıyılarında Kentsel Atıksu Yönetimi (SİNHA Projesi): Sıcak Nokta ve Hassas Alanların Yeniden Tanımlanması Atık Özümsenme Kapasitelerinin İzleme Modelleme Yöntemleriyle Belirlenmesi ve Sürdürülebilir Kentsel Atıksu Yatırım Planlarının Geliştirilmesi, TÜBİTAK KAMAG Projesi, Rapor No: 107G066, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, Ankara.
- TÜRKAK Akrediteli Özel Egelab Laboratuvarı, Özel Akademi Laboratuvarı ve Özel AST Laboratuvarı 2011-2012-2013 Yıllarına ait Konsantre Su Analiz Raporları.
- TW EPA 2004. Taiwan Environmental Protection Agency.
- Tekinel O., Kanber R. ve Çetin M. 2000. Su Kaynaklarının Geliştirme ve Kullanımı. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, Türkiye Ziraat Mühendisliği V. Teknik Kongresi, ss. 231-257, 17-21 Ocak, Milli Kütüphane, Ankara.
- US Department of the Interior, Bureau of Reclamation 2004. Treatment of Concentrate, Mickley & Associates.
- US Department of the Interior, Bureau of Reclamation 2006a. Membrane Concentrate Disposal: Practices and Regulation (Second Edition), Final Report, *Desalination and Water Purification Research and Development Program*, Report No. 123, Mickley & Associates, USA.
- US Department of the Interior, Bureau of Reclamation 2006b. Zero Discharge Seawater Desalination: Integrating the Production of Freshwater, Salt, Magnesium, and Bromine, Final Report, *Desalination and Water Purification Research and*

- Development Program*, Report No. 111, Thomas A. Davis, University of South Carolina Research Foundation, USA.
- United Nations Environment Programme (UNEP) 2008. Desalination Resource and Guidance Manual for Environmental Impact Assessments. *Regional Office for West Asia, Manama, and World Health Organization*, Regional Office for the Eastern Mediterranean, Cairo.
- Uslu O. ve Türkman A. 1987. Su Kirliliği ve Kontrolü. T.C. Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü Yayınları, Ders Kitabı, Ankara, 364 s.
- Uyak V. 2013. İçme Sularının Özellikleri, Kalite Parametreleri ve Kirleticilerin Sağlık Etkileri. PAÜ Çevre Mühendisliği Bölümü, Ders Kitabı, Denizli 1-32 s.
- Voutchkov N. 2005. SWRO Desalination Process: on the Beach-Seawater intakes, *Filtration & Separation*, 42 (8): 24–27 p.
- Voutchkov N. 2008. Seawater Reverse Osmosis Design and Optimization, *Advanced membrane technologies*, Stanford University, 1-27 p.
- Voutchkov N. 2011. Re-mineralization of Desalinated Water, *A SunCam online continuing education course*, 1-43 p.
- Voutchkov N. 2012. Overview of Seawater Concentrate Disposal Alternatives, *Desalination*, 273 (2011): 205-219 p.
- Water for People 2003. Water for Life. World Water Assessment Program. The United Nations World Water Development Report, Kyoto, Japan.
- Water Corporation of Western Australia 2006. An Environmental Literature Review and Position Paper for Reverse Osmosis Desalination Plant Discharges.
- Water Consultants Intl. WaterReuse Association 2011. Seawater Concentrate Management, White Paper, USA.
- WHO (World Health Organization) 2007. Desalination for Safe Water Supply, Guidance for the Health and Environmental aspects applicable to Desalination, *Public Health and the Environment*, WHO/SDE/WSH/07/0 Geneva.
- WHO (World Health Organization) 2011. Publication of Safe Drinking-Water from Desalination, WHO/HSE/WSH/11.03 9-26-27-28 p.
- Yalçın H. ve Gürü M. 2002. Su Teknolojisi, Palme Yayıncılık, Ders Kitabı, Ankara, 640 s.
- Yudelman M. 1994. Feeding The World. *Int. Irrig. Manage. Institute Rev.* 8 (1): 4-15.
- R.K. Pandey et al. *Agricultural Water Management* 46 (2000) 1-13 p.

- 31.12.2004 tarih ve 25687 sayılı Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği,
<http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2004/12/20041231.htm#9> [Son erişim tarihi: 29.03.2018].
- 10.10.2009 tarih ve 27372 sayılı Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Numune Alma ve Analiz Metodları Tebliği,
<http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2009/10/20091010-6.htm> [Son erişim tarihi: 29.03.2018].
- 20.03.2010 tarih ve 27527 sayılı Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği,
<http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2010/03/20100320-7.htm>
- 29.04.2009 tarih ve 27214 sayılı Çevre Kanununca Alınması Gereken İzin ve Lisanslar Hakkında Yönetmelik,
<http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2009/04/20090429-8.htm> [Son erişim tarihi: 10.09.2014].
- 10.09.2014 tarih ve 29115 sayılı Çevre İzin ve Lisans Yönetmeliği,
<http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2014/09/20140910-4.htm> [Son erişim tarihi: 29.03.2018].
- 17.02.2015 tarih ve 25730 sayılı İnsani Tüketim Amaçlı Sular Hakkında Yönetmelik,
<http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2005/02/20050217-3.htm> [Son erişim tarihi: 29.03.2018].
- 30.11.2012 tarih ve 28483 sayılı Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliği,
<http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2015/04/20150415-18.htm> [Son erişim tarihi: 15.04.2015].
- 15.04.2015 tarih ve 29327 sayılı Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik (*Yerüstü Su Kalitesi Yönetmeliği*),
<http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2016/08/20160810-9.htm> [Son erişim tarihi: 15.04.2015].
- 11.02.2014 tarih ve 28910 sayılı Yüzeysel Sular ve Yeraltı Sularının İzlenmesine Dair Yönetmelik, <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2014/02/20140211-4.htm> [Son erişim tarihi: 15.04.2015].
- 09.01.2006 tarih ve 26048 sayılı Yüzme Suyu Kalitesi Yönetmeliği,
<http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2006/01/20060109-2.htm> [Son erişim tarihi: 30.04.2013].
- 27.06.2009 tarih ve 27271 sayılı Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği Hassas ve Az Hassas Su Alanları Tebliği,
<http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2009/06/20090627-18.htm> [Son erişim tarihi: 30.04.2013].

08.01.2006 tarih ve 26047 sayılı Kentsel Atıksu Arıtımı Yönetmeliği,
<http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2006/01/20060108-2.htm> [Son erişim
tarihi: 10.01.2016].



ÖZGEÇMİŞ

Mehmet Can AVŞAR

m.can.avsar@cmo.org.tr

m.can.avsar@gmail.com



ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi (PAÜ Yatay Geçiş)
2014 - Devam ediyor	Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı, Antalya
Lisans	Süleyman Demirel Üniversitesi
2005 - 2009	Mühendislik-Mimarlık Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Isparta

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Karakol Komutanı (P. Teğmen)	K.K.K. Kıbrıs Türk Barış Kuvvetleri Komutanlığı
2010 - 2011	Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti
Çevre Mühendisi	ISIS Tur. Hijyen Dan. Çevre Sağ. Tic. Ltd. Şti.
2011 - 2012	Antalya
Çevre Mühendisi	Ariv Çevre Müh. Müş. Hiz. İnş. San. ve Tic. A.Ş.
2012 - Devam Ediyor	Antalya
Yönetim Kurulu Üyesi	TMMOB Çevre Mühendisleri Odası Antalya Şubesi
2018 - Devam Ediyor	Antalya
Üye	TMMOB Çevre Mühendisleri Odası
2009 - Devam Ediyor	Ankara