

**İZMİR ÇEŞME KÜLTÜR VE TURİZM KORUMA VE GELİŞİM  
BÖLGESİ (KTKGB) PROJE ALANI-  
KONSANTRE TUZLU SUYUN DERİN DEŞARJ İLE DENİZE  
GERİ VERİLMESİNİN ETKİLERİNE İLİŞKİN ÖN İNCELEME  
RAPORU**



**Orta Doğu Teknik Üniversitesi  
Deniz Bilimleri Enstitüsü**



Proje Yürütücüsü

**Dr. Öğr. Gör. Hasan Örek**

Hazırlayanlar

**Prof. Dr. Barış Salihoglu  
Dr. Öğr. Üyesi. Devrim Tezcan  
Dr. Öğr. Gör. Hasan Örek**

20 Aralık 2021

Bu rapor **Kültür ve Turizm Bakanlığı, Yatırım ve İşletmeler Genel Müdürlüğü** için  
hazırlanmıştır.

(Bu raporun hiçbir parçası **ODTÜ-DBE** ve/veya **Kültür ve Turizm Bakanlığı** izni olmadan kullanılamaz)

**İZMİR ÇEŞME KÜLTÜR VE TURİZM KORUMA VE GELİŞİM  
BÖLGESİ (KTKGB) PROJE ALANI-  
KONSANTRE TUZLU SUYUN DERİN DEŞARJ İLE DENİZE  
GERİ VERİLMESİNİN ETKİLERİNE İLİŞKİN ÖN İNCELEME  
RAPORU**



**Orta Doğu Teknik Üniversitesi  
Deniz Bilimleri Enstitüsü**



**Hazırlayanlar**

**Prof. Dr. Barış Salihoğlu**  
**Dr. Öğr. Üyesi. Devrim Tezcan**  
**Dr. Öğr. Gör. Hasan Örek**

*Barış Salihoğlu*  
*Devrim Tezcan*  
*Hasan Örek*

20 Aralık 2021

Bu rapor **Kültür ve Turizm Bakanlığı, Yatırım ve İşletmeler Genel Müdürlüğü** için  
hazırlanmıştır.

(Bu raporun hiçbir parçası **ODTÜ-DBE** ve/veya **Kültür ve Turizm Bakanlığı** izni olmadan kullanılamaz)

**ONAYLAYAN**

**Prof. Dr. Barış Salihoğlu (Müdür)**

*Barış Salihoğlu*





## İçindekiler

1. Giriş.....	5
2. Literatür Özeti.....	5
2.1. Denizden Tatlı Su Eldesi.....	5
2.2. Yüksek Tuzluluğun Deniz Çayırlarına Etkisi .....	8
2.3. Yüksek tuzluluğun yumuşak ve sert substratta yaşayan canlılar üzerine etkisi.....	13
2.4. Diğer Kimyasallar .....	17
2.5. Yoğun Tuzlu Su Bertaraf Yöntemleri.....	19
2.5.1. Kıyısal ve Deniz deşarjları.....	20
2.5.2. Difüzyon Yöntemi .....	21
2.5.3. Diğer faktörler.....	24
2.5.4. Su Altı Deşarj Sistemleri .....	24
3. Saha Çalışmaları .....	28
3.1. Deniz Tabanı Akustik Çalışmaları .....	28
3.1.1. Çalışma Sahası Jeolojisi.....	28
3.1.2. Kullanılan Cihaz ve Yöntemler .....	29
3.1.3. Akustik Verilerin Değerlendirilmesi.....	31
3.2. Sualtı Gözlemleri.....	39
4. Sonuçlar ve Öneriler .....	48
5. Kaynaklar.....	50



## Şekil Listesi

Şekil 1. Akdeniz'de dağılım gösteren deniz çayırları: A- P.oceanica, B- C. nodosa, C- Z. noltii, D- Z. marina, E- H. stipulacea. ....	9
Şekil 2. Ruso ve ark., 2014 yaptığı çalışmadan elde edilen sonuçların şematik anlatımı. ....	15
Şekil 3 A: İyileştirme yapılmadan önce dip tuzluluk dağılımı. B: Difüzyörlü sisteme geçildikten sonraki dip tuzluluk dağılımı .....	15
Şekil 4: Ashkelon SWRO tesisinden ön arıtmadan kaynaklı Fe+3 renkliliği.....	21
Şekil 5. Sulaltı deşarj sistemi genel tasarımı (Ahmad ve Baddour, 2013'dan alınmıştır). ....	25
Şekil 6. Farklı difüzyör tasarımları (Ahmad ve Baddour, 2013'dan alınmıştır).....	27
Şekil 7. İzmir ilinde yer alan çalışma sahası. Çalışma sahası kırmızı ile işaretlenmiştir.....	28
Şekil 8. Çalışma sahasının kıyı tarafının denizden görünüşü .....	29
Şekil 9. Çalışmada kullanılan balık bulucu ve yandan taramalı sonar transducer'i. ....	30
Şekil 10. Veri toplanan çalışma hatları .....	30
Şekil 11. Çalışma sahasının derinlik haritası. Derinlik değerleri metredir. 10, 20, 30 ve 40 metre konturları siyah ile belirtilmiştir. ....	33
Şekil 12. Çalışma sahasında yandan taramalı sonar ile elde edilen deniz tabanı sonar haritası ...	34
Şekil 13. Kıyısal alan deniz tabanı sonar görüntüsü. Konturlar metre cinsinden derinlik değerlerini göstermektedir.....	35
Şekil 14. Çalışma sahasının kuzey batısında alınan sonar görüntüsü. Görüntüde yer alan yama görünümlü yapılar deniz çayırları arasında oluşmuş aşınma bölgelerini göstermektedir.....	36
Şekil 15. Çalışma sahasının derin kısımlarının sonar görüntüsü. Altlık olarak kullanılan eski tarihli uydu resminde daha önce çalışma sahasında kurulu olan balık çiftlikleri görülmektedir. ....	37
Şekil 16. Çalışma sahası deniz tabanı sınıflandırması.....	38
Şekil 17. Çalışma alanında aletli dalış hattı .....	40
Şekil 18. Çalışma alanındaki drop-down noktaları.....	41
Şekil 19 P. oceanica çayırı alt sınır ortalama yoğunluklarına göre kategorilendirilmesi (UNEP/MAP-RAC/SPA, 2011).....	42
Şekil 20 P. oceanica çayırlarının alt sınır derinliğine göre kategorilendirilmesi (UNEP/MAP-RAC/SPA, 2011).....	43



## Tablo Listesi

Tablo 1. Ters Osmoz atıklarının etkisini gösteren, temsili yayınlar ve etkiler.....	16
Tablo 2. Marsa Huminara ve Shalateen desalinizasyon tesislerine giren ve çıkan suyun ortalama ve standart sapma fizikokimyasal parametre değerleri. (Nasr ve ark., 2019).....	17
Tablo 3. Konsantre bertaraf yöntemlerinin karşılaştırılması (Başaran 2015'den alınmıştır) .....	20
Tablo 4. Konsantre suyun alıcı ortamdaki etki mesafesi ve seyrelme ile ilgili değişik çalışmalar (Roberts ve diğ, 2010'den alınmıştır) .....	23
Tablo 5. Çalışma alanındaki drop down kamera istasyonlarında tespit edilen taban yapıları.....	43
Tablo 6. Çalışma alanında drop down kamera ile gerçekleştirilen zemin görüntüleri. ....	44



## 1. Giriş

Bu çalışma İzmir Çeşme KTKGB proje alanında, bölgenin kullanım suyu ihtiyacını karşılamak için kurulmak istenen desalinasyon tesisinin denizden su alma ve konsantre suyun tekrar denize verilmesi sırasında deniz ekosistemine olası etkilerini incelemek üzere hazırlanmıştır.

Çalışmada öncelikle bir literatür taraması gerçekleştirilmiştir. Bu kapsamda başka ülkelerdeki örnekler incelenmiş, benzer tesisler ve bu tesislerin özellikle konsantre suyun geri deniz boşaltımı sırasındaki deneyimleri incelenmiştir. Denize geri verilen konsantre su ve diğer olası kimyasalların deniz çevresine yapabileceği etkiler, buna karşın alınan önlemler araştırılmıştır.

Ayrıca çalışma sahasında bir deniz çalışması gerçekleştirilmiş, derinlik ölçümleri alınmış, deniz tabanı sonar görüntüleri toplanmıştır. Bunun yanında dalış yapılarak deniz tabanı yakından incelenmiş, video görüntüleri toplanmıştır. Bu görüntüler bu rapora ek olarak sunulmuştur.

## 2. Literatür Özeti

### 2.1. Denizden Tatlı Su Eldesi

Yapılan tahminler tüm dünyada desalinizasyon tesislerinde günlük 25 milyon metreküplük içme suyu üretildiğini göstermektedir (Lattemann ve Höpner, 2008). Özellikle su sıkıntısı çekilen Orta Doğu ülkelerinin (Suudi Arabistan, Kuveyt, BAE) yanında Amerika, Avrupa, Çin ve Avustralya'da içme sularının önemli bir kısmı desalinizasyon tesislerinden elde edilmektedir. Sadece California'da 2030 yılına kadar günlük 2 milyon metreküp kapasitede 20 tesis inşa edilmesi öngörülmektedir (Lattemann ve Höpner, 2008). Benzer şekilde Avustralya'da da şehirlerin su ihtiyacını karşılanmasına yönelik projeler geliştirilmektedir (Cannesson ve diğ., 2009; Christie ve Bonnellye, 2009; Port ve diğ., 2009; Trousdale ve Henderson, 2009).

Dünyadaki artan nüfus, iklim değişikliği birlikte tatlı su kaynaklarının azalması gibi faktörler göz önüne alındığında büyük şehirlerin ve endüstrinin içme ve kullanma suyu ihtiyacının karşılanması için desalinizasyon küresel anlamda önemi artan bir yöntem haline gelmiştir (Roberts ve diğ., 2010).

Deniz suyundan su elde edilmesi (de-salination), küresel iklim değişikliği etkilerinin ve kuraklık yaşayan bölgelerin artması ve özellikle içme suyu yönünden fakir olan bölgelerde giderek daha



büyük sıklıkla başvurdukları bir metottur. Akdeniz ve Ortadoğu havzasında bulunan birçok ülke denizden tatlı su elde etmek için ters ozmos dahil, tümleşik veya tekil deniz suyu dönüşüm sistemleri kullanmaktadır (Pistocchi ve ark., 2020; European Commission, 2021).

Deniz suyundan içme suyu elde edilmesi için farklı yöntemler geliştirilmiştir. Ancak her ne kadar uygulanan yöntemler teknolojik açıdan sürekli gelişiyor olsa da bu yöntemlerin çevreye ve özellikle deniz ekosistemi üzerine olan etkisi de çok yoğun şekilde tartışılmaya başlanmıştır. Burada en çok tartışılan ve araştırılan konuların başında bu tesislerdeki proses sonrası yoğun tuzlu suyun deniz canlıları üzerinde yaratacağı etkidir (Roberts ve diğ., 2010).

Tuzdan arındırma tesisleri genellikle su çıkarmayı, ön arıtmayı (örneğin kirleticileri, kireç oluşumunu veya membran kirlenmesini gidermek için tasarlanmıştır), arıtmayı (örneğin ters ozmoz veya 'RO'), arıtma sonrasını (dezenfeksiyon ve şartlandırma) ve işlenmiş suyun depolanmasını içerir. Son olarak, faaliyet, genellikle derin deniz boruları veya yeterli seyreltme sağlayan çıkışlar yoluyla gerçekleştirilen tuzlu suyu ortadan kaldırmayı kapsar. Daha iç bölgelerde bulunan tesisler için (acı suların tuzdan arındırılması gibi), tuzlu suyu arıtma teknikleri farklı olabilmektedir.

Tuzdan arındırma ile su üretiminin 2 yöntemi vardır;

1. Isıtma/buharlaştırma
2. Membran/Ozmoz

Membrandan geçirilen tuzlu suyun içme ve kullanma suyu kalitesine getirilmesi sonucu salamura (brine) denilen ve yüksek konsantrasyonda tuz içeren bir atık üretilir. Ortaya çıkan yoğun tuzlu atık suyun nerede ve nasıl bertaraf edileceği bu sistemlerin planlanmasında düşünülmesi gereken en önemli konudur. Özellikle, yoğun tuzlu suların her ne olursa olsun alıcı ortamın yoğunluğundan yüksek olacağından, verilen bölgeye çökme ihtimali vardır. Sistemde kullanılan filtreler ve diğer sistem bileşenleri kaynaklı kirleticiler de atık su arıtması yapılmadığı durumlarda alıcı ortama karışabilmektedir. Denizde çok düşük derişimlerde bulunan ve bu değerleri ekosistemin doğal döngüsü içinde herhangi bir olumsuz etkiye sahip olmayan diğer iz elementlerin de yoğun bir şekilde alıcı ortama seyreltilmeden verilmesi sorun olmaktadır (Pistocchi ve ark., 2020). Uzun yıllardır kullanılan ve bunun sonucu olarak, uzun dönemli etkiler ve bunlara çözüm önerileri son yıllarda yapılan çalışmalarla ortaya konmaktadır (Geniş bilgi için Kaynakça). Konsantre deşarjı



tasarımında seyreltme, dispersiyon ve biyolojik etkiler, sahaya ve deşarja özgü birçok faktörün etkileşimi ile belirlenir.

Denizel ortamlara verilecek olan atıklar ulusal ve uluslararası kurallara göre yapılmaktadır (Bleninger ve Jirka., 2011). Örneğin Türkiye son on yıldır AB direktiflerine uyum için yasalar, yönetmelikler ve ek çalışmalar yaptırmaktadır. Atık sorunu, faydalı ve doğa dostu yöntemlerle yapılan faaliyetlerde de ortaya çıkacağından bunların yönetilmesi, doğru şekilde, uygun yöntemle bertaraf edilmesi, sürdürülebilir bir çevre ve fayda için şarttır. Son yıllarda ilan edilmiş olan AB, Mavi Büyüme, BM Sürdürülebilir Gelişme Hedefleri gibi ajandalarda özellikle yapılacak tüm faaliyetlerin sürdürülebilir ve sıfır karbon prensibi ile çalıştırılması, önümüzdeki yüzyılda daha yaşanabilir bir dünya için hedeflenmektedir. Bu durumda yeni yapılacak deniz suyu tatlı su dönüşüm sistemlerinin alıcı ortama etkilerinin yanında verimli enerji kullanımının, özellikle güneş enerjisi tesisleri ile tümleşik yaptırılması önerilmektedir (European Commission, 2021). Bu prensiplerle yapılacak olan yatırımların, çevreye zararı çok az birçok durumda ihmal edilebilir seviyede olacaktır.

Ters Ozmos sistemlerinin doğaya en büyük etkisi, deniz suyundan tatlı su elde edildikten sonra alıcı ortama verilen çok tuzlu sudur. Bu genellikle normal tuzluluğun 2 katına kadar çıkabilmektedir (44–90 psu) (Fernández-Torquemada ve Sánchez-Lizaso., 2007). Yüksek tuzlu ve sıcaklığı artırılmış bu suyun oksijen çözme kapasitesi de oldukça düşeceği, besin tuzlarının ve kirleticilerin daha derişik hale geleceği için alıcı ortamdaki oksijen seviyelerini ve diğer kimyasal kompozisyonu etkileyecektir (Dawoud, 2012, Cotruvo ve ark., 2010). Sıcaklığın artması ve oksijen seviyelerinin ortamda düşmesi zehirli alg patlamaları dahil başka ekosistem sorunlarına neden olabilmektedir (Villacorte ve ark., 2015). Bunun için tesis uygun koşullarda üretime başlamış olsa bile alıcı ortamdaki izleme çalışmaları devam ettirilmelidir. Yeni yapılan tesislerin hemen hepsi bu sorunlarla karşılaşmamak için atık suyu belli oranlarda dinlendirerek ve seyrelterek denize vermektedirler.

Son yıllarda yapılan çalışmalar içme ve kullanma suyu kaynaklarında, iklim değişikliği, nüfus artışı ve yanlış sulama uygulamaları sonucunda ciddi bir azalma olacağı yönündedir. Bu kısıtın aşılması için, verimli kullanım ve geri kazanım yanında özellikle artan nüfusu ile Akdeniz ve Orta Doğu bölgelerinde denizden tatlı su elde edilmesine ihtiyaç duyulacaktır.



Bu rapor, ters ozmos ve/veya diğer sistemlerin nasıl kurulacağı, nasıl çalıştırılacağı üzerine değil, bu faaliyetler sonucu denize verilecek olan yüksek tuzlulukta suyun olası etkileri, etkilerin en aza indirilmesi ve bertaraf noktaları için bir ön çalışma yapmayı amaçlamaktadır. Rapor içeriği olabildiğince sade ve anlaşılır tutulmaya çalışılmıştır. Rapor içerisinde faydalanılan tüm kaynaklar, kaynakçada verilmiştir. Ters Ozmos sistemlerinin en büyük atığı, denize yüksek tuzlulukta su verilmesidir. Bunun yanında sistemde kullanılan (ön arıtma ve yıkama) sülfürik asit, sodyum hipoklorit, Sodyum Bikarbonat ve kireç önleyiciler vb. kimyasallar da bu atıkla alıcı ortama verilmektedir (K. Tarnackia ve ark., 2012). Bu atıkların denize girdiği yerin yapısı (tuzluluk, sıcaklık, bio-çeşitlilik ve diğer ekosistem ve çevre parametreleri), miktarına ve içeriğine göre ortama kısa, uzun, bölgesel ve geniş yayımlı etkisi olabilmektedir. Konunun kapsamlı ele alınması için aşağıda sıralanmış konular tek tek ele alınacaktır. Bu konuların bir kısmı atığın ortama verilme biçimleri ve yöntemleri bir bölümü de alıcı ortama olabilecek etkileri ve doğru uygulama yöntem ve önerilerini kapsamaktadır.

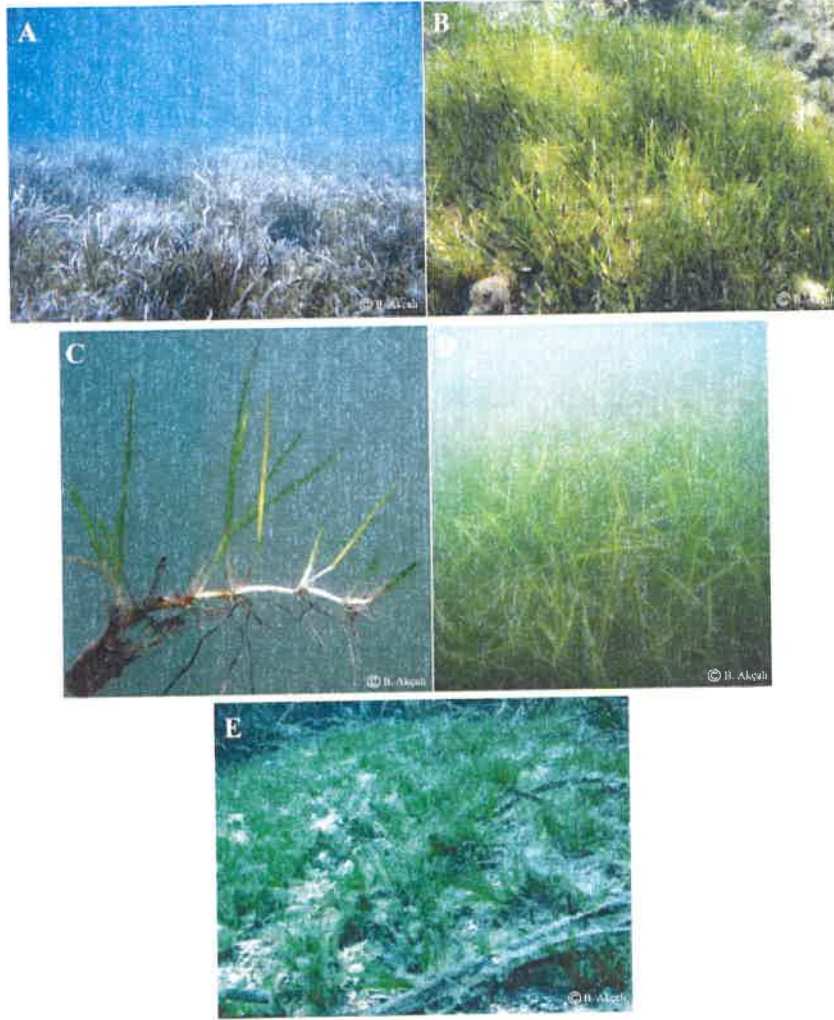
## 2.2. Yüksek Tuzluluğun Deniz Çayırlarına Etkisi

Deniz çayırları, denizlerin akciğerleri olarak tanımlanan deniz bitkileridir. Deniz çiçekli bitkileri (fanerogam) deniz yosunlarına oranla çok az türü içermekle birlikte biyokütle yönünden Akdeniz ekosisteminde ön sıralarda yer alır. Vejetatif üremelerinin yanı sıra uygun şartların olduğu ortamlarda eşeyli olarak tohumla ürerler. Kök, gövde ve yapraklardan oluşan deniz çiçekli bitkilerinin oluşturdukları biyotop denizel canlılar için ideal yaşam alanıdır ve en uygun yaşama, sığınma, barınma üreme ortamıdır. Balıkçılıkta en verimli bölgeler bu biyotopların bulunduğu yörelerdir. Fotosentez olayı ile suyun oksijence zenginleşmesini sağlayan çiçekli bitkiler, uzun yaprakları, yatay uzanan gövde ve kökleriyle sudaki askı yükleri ve sedimentasyonu tutup zemin hareketlerini düzenler, kıyı çizgisini korurlar. Deniz zemininde sık çayırlar oluştururlar. Bu nedenle "Deniz çayırı" (seagrasses) olarak adlandırılır. Birçok epifit ve epibionth canlıyı üzerinde barındıran deniz bitkileri herbivor canlılarında besi kaynağını oluştururlar (Cirik ve Cirik, 1999).

Akdeniz kıyısındaki insan etkisi özellikle 20. yüzyıldan sonra hızla artmaktadır. Turizm, kıyısal yapılaşma, akvakültür faaliyetleri gibi insan kaynaklı etkiler nedeniyle yoğun baskı altındadır. Artan insan baskısı, ötrofikasyon, bulanıklık artışı, erozyon ve biyolojik çeşitlilik kayıpları gibi etkenlerle birlikte Akdeniz kıyılarının bozulmasına neden olmuştur (Benoit ve Comeau, 2005).



Kıyısal ekosistemin anahtar türlerinden olan deniz çayırları yukarıda sayılan etkilere hassas ve gösterge türlerdir. Akdeniz’de dağılım gösteren 5 tür deniz çayırı bulunmaktadır. Bunlar; *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile, 1813 , *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson, *Zostera noltii* Hornemann, *Zostera marina* Linnaeus ve *Halophila stipulacea* (Forsk.) Ascherson (Şekil 1). Bu türlerden *P. oceanica* Akdeniz için endemik tür olurken diğerleri dünyadaki sıcak denizlerde dağılım göstermektedirler. *H. stipulacea* türü deniz çayırı ise Akdeniz’e Süveyş Kanalı yoluyla 1970’li yıllarda giriş yapmış (Lipkin 1975) lesepisyen deniz çayırı türüdür.



Şekil 1. Akdeniz’de dağılım gösteren deniz çayırları: A- *P.oceanica*, B- *C. nodosa*, C- *Z. noltii*, D- *Z. marina*, E- *H. stipulacea*.

Bir Akdeniz endemiği olan *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile Akdeniz kıyılarında sığ sulardan başlayarak 40 metre derinliğe kadar yayılış gösterir (Buia ve diğ., 2004; Relini ve Giaccone, 2009).



Kökleri ile deniz içindeki erozyona engel olması, dipte gerçekleştirdiği fotosentez ile denizel ortamın oksijen kaynağı teşkil etmesi, balık ve diğer deniz canlılarının barınmasına, beslenmesine ve üremesine ortam oluşturması, besin zincirinin ilk halkasını oluşturması nedeniyle denizde ekonomik ve ekolojik olarak çok önemlidir (Boudouresque, Meinesz 1982, Cirik ve Cirik, 1999). Deniz çayırlarının ekosisteme sağladığı ekonomik fayda ile ilgili yapılan çalışmalarda bu türün katkısının 15837 Avro ha<sup>-1</sup> yıl<sup>-1</sup> olduğu tespit edilmiştir ki bu tarımsal alanların sağladığından fazladır (Terados ve Borum, 2004). Sıralanan bu ekolojik ve biyolojik özellikleri ile karadaki ormanlara eşdeğer fonksiyonu olan *Posidonia oceanica* denizdeki hayatın kaynağını oluşturur (Boudouresque ve Meinesz, 1982; Pergent, 1994). Adını mitolojide deniz tanrısı "Poseidon'dan" alan ve sadece Akdeniz'de geliştiği için Akdeniz'e has bir endemik deniz çiçekli bitkisi olan *Posidonia oceanica*'yı Egeli balıkçılar erişte otu olarak tanımlarlar. Akdeniz'in bir çok kesiminde olduğu gibi ülkemiz kıyılarında da denizel ekosistem, evsel ve endüstriyel atıklar, denizel ulaşım, yoğun kıyı kullanımı, zemin tarayıcı yöntemlerle aşırı avcılık ve yetiştiricilik faaliyetlerinden etkilenmektedir. Sıralanan bu faaliyetler ile başta *Posidonia oceanica* olmak üzere deniz bitkilerinin (çayırları) yaşam alanı sınırlanmakta eşeyli üremeleri durmaktadır (Pergent-Martini ve diğ., 1994 a,b,c,d; Rico-Raimondino ve diğ., 1994). *P. oceanica* çayırları, antropojenik etkilere karşı çok hassastır. Sonuç olarak, Günümüzde, özellikle 1960'lardan başlayarak *P. oceanica* çayırlarının dağılımında gerilemeler başlamıştır. Bu regresyon özellikle büyük kentleşmiş bölgelerin ve liman tesislerinin çevresinde dramatikleşmektedir: Barcelona (İspanya), Marseilles, Toulon, Nice (Fransa), Cenova, Napoli (İtalya), Atina (Yunanistan), Gabès (Tunus), vb. (Boudouresque ve Meinesz, 1982; Astier, 1984; Pérès, 1984; Gravez ve diğ., 1992; Chessa ve Fresi, 1994; Bianchi ve Peirano, 1995). Bütün bu nedenlerle akuatik ortamda çok önemli işlevleri olan deniz çiçekli bitkisi *Posidonia oceanica*'nın hassasiyetle korunması gerekmektedir. Günümüzde Fransa, İtalya, İspanya gibi birçok Avrupa ülkesinde bu tür özel koruma alanlarında nesli korunması gereken türler listesine alınmıştır (Boudouresque ve diğ., 1994; Jeudy de Grissac 1989; Meinesz ve diğ., 1991). *Posidonia oceanica* çayırları doğrudan korunmaktadır çoğu ülke tarafından onaylanan uluslararası sözleşmeler Akdeniz Bern Sözleşmesi, Avrupa Yaban Hayatı Koruma ve Doğal Habitatların Araştırılması, Barselona Sözleşmesi (bölgelerin ve Akdeniz'deki türler ve Habitatlar Direktifi Avrupa Topluluğunun (HD) (1992/43 / EEC); Ekolojik ağ Natura'ya ait Akdeniz 2000, 1120 habitatının korunması için oluşturulmuştur.



Özellikle son yıllarda deniz çayırlarının yok olmaya başladığı yerlerde yabancı- yayılımcı deniz bitkilerinden *Caulerpa racemosa*'nın geliştiği gözlenmiştir. (Cirik ve diğ., 2001 a,b) Yabancı- yayılımcı deniz canlılarının Akdeniz'e giriş ivmelerinin son yıllarda artması ve biyolojik çeşitliliğin etkilenmesi ekolojistleri endişelendirmekte, bu canlılara yönelik uluslararası araştırma projeleri, işbirliği ve önlemler geliştirilmektedir (MED-POL, UNEP, Akdeniz'in Kirliliğe Karşı Korunması Protokolü, MARPOL vd.) (Cirik ve Akçalı,2004).

Deniz Çayırları Akdeniz'in en önemli bitkileri arasındadır. Türkiye'de *Cymodocea*, *Posidonia*, *Zostera* ve *Halophila* türleri yaygın olarak yaşamaktadır. Bu Türler arasında en yaygın olanı *Posidonia oceanica* (L.) Doğu Akdeniz (Ovacık Yarımadasının Doğusu) dışında tüm Akdeniz, Ege ve Marmara kıyılarımız boyunca en çok 40-50 metre derinliğe kadar dağılım göstermektedir. *Posidonia* dışındaki türler bu kadar daha yoğunlukta ve daha bölgesel olmak üzere, bazıları (ör. *Zostera*) Karadeniz kıyıları dâhil tüm kıyılarımızda dağılım gösterir. *Posidonia* ve *Cymodocea* türleri derin deşarj yapılacak bölgelere kadar daha fazla dağılım gösterirler ve diğer türlere göre daha yaygın oldukları için literatürde bu türlerle ve çok tuzlu su deşarjlarının etkileri ile ilgili oldukça fazla yayın vardır. Özellikle İspanya kıyılarında yapılan çalışmalar oldukça doyurucudur.

*Posidonia* ve *Cymodocea* türleri tuzluluk toleransları çok yüksek bitkiler değildirler ve ortamdaki ani tuzluluk değişimleri ölmelerine, üremelerinin yavaşlamasına veya her ikisine de sebep olabilir. Bu türlerin ötrefikasyon, yanlış kıyı kullanımı, yasak avcılık (trol ve diğer sürütme ağları), demirleme ve iklim değişikliği nedeni ile tehdit altındadır. Türler üzerine kurulacak ek bir baskı bu süreci hızlandıracaktır. Bu canlıların güneşe ulaşması suyun ışık geçirgenliğine bağlıdır. Geçirgenlik arttıkça dağılımları daha derinlere kadar uzanabilir. Deniz çayırları sadece sisteme oksijen pompalamakla kalmaz, balıklar ve diğer türlerin yavruları için korunma/beslenme alanı (nursery ground) ve kıyı erozyonunu engellemektedir. Bu yönü ile *Posidonia* değişken çevresel koşulların akut hale gelmesinde büyük ölçekte dayanamamaktadır.

Deniz çayırları yüksek tuzluluk düzeylerine uyum sağlayabilmek için, ozmo-aklimitizasyon mekanizmalarını harekete geçirirler (Kirst., 1989). Bu mekanizmalar, hücre içi yoğunluğun çevreye uydurulması hücre duvarlarının ve yaprakların kalınlaştırılması gibi mekanizmalardır.

Bu mekanizmalarının hepsi için bitki enerji harcamak, su kaybetme, mineral depolamak veya tümünü yapması gerekebilir. Bu mekanizmalarının hepsinin bitkiye biyolojik bir maliyeti vardır.



Bu maliyet kritik değerlere ulaştığında bitki ya ölür, ya da üremesi/büyümesi durdurur (Garrote-Moreno ve ark. 2012). Kontrolü bir deneyde ani tuzluluk değişiklerine tepki veren *Posidonia* ve *Cymodocea* ani 43 PSU tuzluluk değişimlerini (Akdeniz'in Tuzluluğu kabaca 38-39 PSU arası değişir), deney süresince tolere edebildikleri görülmüştür. Ancak deney süresi uzadıkça sürgünlerde ve yapraklarda büyümenin durduğu tespit edilmiş, ve 50 PSU üzeri tuzluğa ulaşıldığında %100 ölüm olduğu bulunmuştur (Torquemada ve Lizaso., 2005; Garrote-Moreno ve ark. 2012). *Posidonia*'nın sağlıklı büyüme tuzluluk aralığının 25-39 PSU yapılan deneyler sonucunda bulunmuştur. Bu tuzluluk aralığı *Posidonia*'nın dağılım gösterdiği denizlerdeki tuzluluk değişimleri ile aynıdır (Meinesz ve ark., 2009; Tomasello ve ark., 2009). Deneyler sırasında belli bir süre 39-46 PSU tuzluluğa maruz bırakılan grupların tuzluluğun normal şatlara dönmesi ile toparlandığı da rapor edilmiştir (Torquemada ve Lizaso., 2005). Benzer sonuçlar sahada yapılan çalışmalar sonucu da elde edilmiştir (Marín-Guirao ve Sandoval-Gil., 2009; Marín-Guirao ve ark., 2013).

*Posidonia* özelinde ve diğer deniz çayırlarını da genelleyerek, tuzluluk değişiminin, özellikle yüksek tuzluluğun bu türleri olumsuz etkilediği görülmektedir. Sürekli olmayan tuzluluk artışlarını her ne kadar da direnç gösterebilirler bile, böyle bir etkinin metabolik yükünü uzun dönemde kaldıramayacaklardır. Bu çayırların dağılım ve/veya yayılım alanları içerisine seyreltilmiş bile olsa 40 PSU üzerinde atık verilmemelidir (Avrupa, Amerika ve Avustralya da benzer değerler kullanılmaktadır). Eğer verilecekse bu bölgenin dışından ortama verilmesi veya akıntılarla seyrelerek deniz çayırlarının olduğu bölgeye gelmelidir.

Sonuç olarak deniz çayırlarının dağılım gösterdiği derinlik dışına bu atıkların verilmesi çayırlar için en iyi çözümdür. Bunun mümkün olmadığı durumlarda, *Posidonia* ve diğer çayırların dağılım göstermediği bölgelere yasa/yönetmeliklerce izin verilen sınırlar içerisinde deşarj verilmesidir. Böyle bir durumda deniz çayırlarının olduğu bölgede tuzluluğu en çok 2 ppt artıracak deşarj yapılabilmektedir (Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde (SKKY). "Derin ve sığ sulara yapılan deniz deşarjları için uygulanacak kriterler"). Aynı yönetmelik deniz çayırlarının bulunmadığı bölgeler için 4 ppt sınır değeri belirlemiştir. Bu yönetmelik ayrıca derin deşarjın nasıl yapılacağını seyrelme hesaplamalarını ve seyrelme değerlerinin ne olması gerektiğini belirler. Bu hesaplamaların yapılmaması istenen değerleri tutmaması halinde derin deşarja izin verilmez. Tüm bu ön hesaplamalar doğru ve yeterli olsa da deşarjın yapılacağı alanda, her durumda kapsamlı bir



ÇED raporu gerekmektedir. Tesis yapıldıktan sonra da yönetmelik uyarınca; “Derin deniz deşarjı ile sonuçlanan bütün atıksu arıtma veya ön arıtma tesislerinin çıkış noktasında numune alma bacası, atıksu debisi 1000 m<sup>3</sup>/gün üzerinde olan tesislerin ise, ayrıca otomatik numune alma ve debi ölçme cihazlarını bulundurmaları zorunludur.”

### **2.3. Yüksek tuzluluğun yumuşak ve sert substratta yaşayan canlılar üzerine etkisi.**

Deniz çayırları kadar olmasa da yumuşak ve sert substratta yaşayan canlılar üzerine de tuzluluk artışının etkileri incelenmiştir. Özellikle derisi dikenliler (Echinodermata) (ör. Denizkeşanesi, Deniz Yıldızı) göreceli olarak buldukları ortamı hızlıca terk edemeyecekleri ve Ozmotik dengelerinin oldukça hassas olduklarından, en çok etkilenen gruplardan biridir. Özellikle sert substratlardan, kıyı bölgesinde bulunan kayalıklar ve tropik bölge için mercan resif ekosistemlerine verilecek olan yüksek tuzlu atıktan doğrudan etkilenecektir. İsrail de yapılan çalışmalarda her ne kadar da bu konu şüpheli görülse de diğer bölgelerde yapılan çalışmalarda etkiler gözlenmiştir.

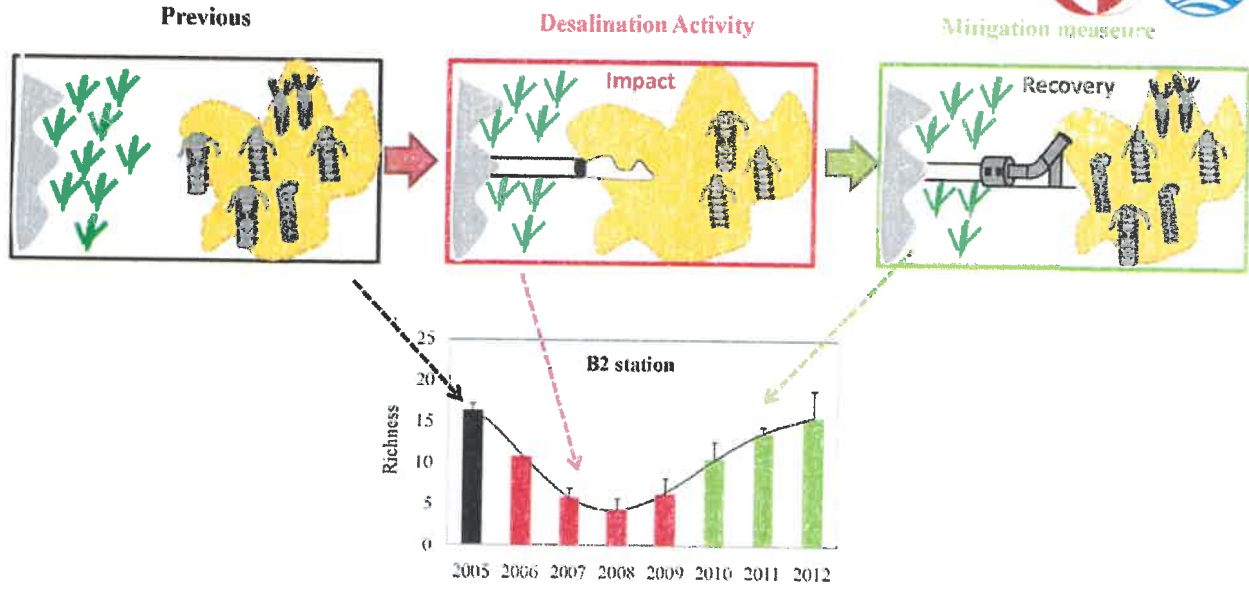
Hassas türler olarak görülen derisi dikenliler yanında yumuşak substrat kirlilik indikatörü olarak da kullanılan poliket türleri de tuzluluğun artmasından etkilendiği ve etki alanı içerisindeki bio-çeşitliliğin azaldığı görülmüştür. Ruso ve ark., 2014 tarafından yapılan çalışma dönemini kapsayan zaman içerisinde atık taşıma sisteminin difüzyörlü sisteme geçirilerek yapılan iyileştirme sonrasında tür çeşitliliğinin artmaya başladığı görülmüştür. Yakın dönemli sonuçlara göre tüm gruplar olmasa da en azından önemli miktar canlılığın çok hızlı tekrar burada görülmeye başlanmıştır. Diğer türlerin ise daha uzun sürede bölgeye dönmesi beklenmektedir (Ruso ve ark., 2014) (Şekil 1,2).

Değişik tuzluluk değerlerinin, farklı ortamlardaki etkisi de farklılık göstermektedir. Aynı özellikteki atık suyun kayalık bir bölgeye verilmesi ile Mercanlar üzerine verilmesi arasında etkilenen canlı çeşitliliği arasında farklar vardır. Bunun yanında, atık suyun bertarafının hangi yöntemle yapıldığı ve ne kadar derine uzatıldığına bağlı olarak etki farklılaşacaktır (Tablo 1.). Benzer çalışmalar, regülasyonların biraz daha gevşek olduğu Mısır’da yapılmış ve sonuç olarak yanlış verilen deşarjın bölgedeki tüm canlılar, özellikle mercanlar üzerinde yıkıcı bir etkisi olduğu bulunmuştur (Nasr ve ark., 2019). Bu çalışmada dikkat çeken bir diğer nokta ise ölen mercanların bir kısmının, iklim değişikliği ve okyanus asitleşmesinin nedeni olan mercan ağarması (Coral



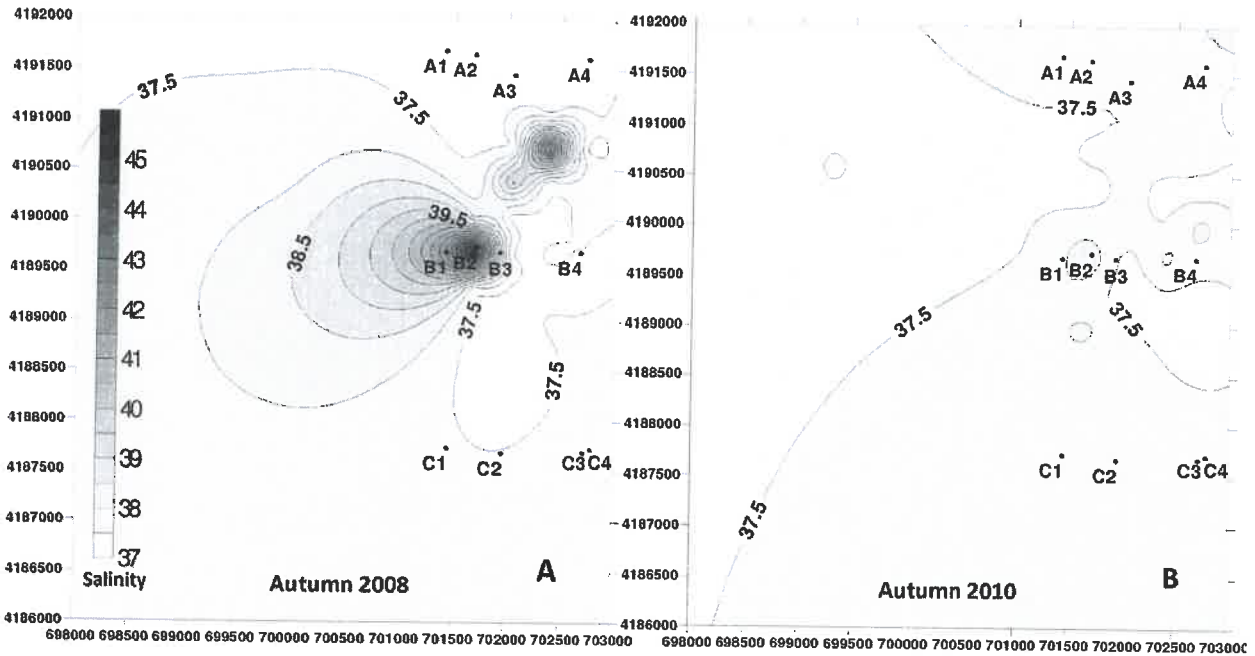
Bleaching) sonucu olmasındır. Ters ozmos atık suyunun sadece yüksek tuzluluk olarak değil ayrıca sıcaklık ve pH ile de ele alınması bu gibi durumlarda önemli olacaktır. Bu çalışmada giriş ve çıkış pH değerleri arasında 1 birim kadar farklılık ölçülmüştür (Global olarak PH değerinin 0.1 birim düştüğü kabul edilir) (Tablo 2.). Bu fark özellikle daha eski teknoloji kullanılan Marsa Humira tesisinde ortaya çıkmıştır (Nasr ve ark., 2019).

İncelenen tüm yayınlarda, denize verilen yüksek tuzluluktaki suyun, herhangi bir seyreltme yapılmadan doğrudan verilmesi kıyı alanlarında ciddi tahribata sebep olacağı sonucu çıkacaktır. Derin deniz deşarjı ile ilgili çok detaylı bir çalışmaya rastlanmamıştır ancak doğru yapılmış bir derin deşarjın uygun akıntı koşullarında en azından bentik komünitelerin yaygın olarak yaşadığı kıyusal bölgeyi etkilemeyeceği ön görülebilir. Tesislerin yapımı öncesi yapılan ön değerlendirme, çevresel etki değerlendirmesine ek olarak tesis devreye girdikten sonra da sürekli izleme yapılması önerilmektedir. İzlemenin verimli yapılabilmesi için bölgede dağılım gösteren, derisi dikenli (echinodermata) türlerinin indikatör tür olarak kullanılması önerilmektedir (Torquemada ve Sánchez-Lizaso., 2007; Fuentes-Bargues., 2014). İzleme çalışmaları, toplumsal algının desteklenmesi yanında, olabilecek aksaklıkların örneğin; akıntıların çok fazla değişmesi, atık suyun yayılımının farklılaşması ve epizodik olayların incelenmesi için de gereklidir. İzleme çalışmalarından elde edilecek veriler ışığında, gerekli durumlarda örneğin, seyreltme artırılarak veya deşarj hatlarının yerleri değiştirilerek veya iyileştirilerek doğaya verilecek zarar en aza indirilecektir. Yukarıda belirttiği üzere, kısa dönem yoğun tuzlu suya maruz kalan canlıların hemen hepsi, *Posidonia* dahil, şartların düzelmesini takiben tekrar doğal dağılımlarına ve sağlıklarına kavuşabilmektedir. Bu eşğin kaçırılmaması için izleme programlarının titizlikle uygulanması gerekir.



Richness changes at B2 station related to salinity changes due to desalination activity and mitigation measures

Şekil 2. Ruso ve ark., 2014 yaptığı çalışmadan elde edilen sonuçların şematik anlatımı.



Şekil 3 A: İyileştirme yapılmadan önce dip tuzluluk dağılımı. B: Difüzörlü sisteme geçildikten sonraki dip tuzluluk dağılımı



Tablo 1. Ters Osmoz atıklarının etkisini gösteren, temsili yayımlar ve etkiler.

Bölge	Tuzluluk	Türler	Bulgular	Kaynak
<b>Cabahar Körfezi, İran</b>	38–46	Polychaeta	Tür Bolluğu, zenginliği ve Çeşitliliğinde Azalma	S.M. Begher Nabavi, M. Miri, B. Doustshenas, A.R. Safahieh. Effects of a brine discharge over bottom polychaeta community structure in Chabahar bay. J. Life Sci., 7 (3) (2013), pp. 302-307
<b>Kanarya Adaları</b>	45 ± 1	Mollusca, Oligochaete, Polychaeta, Amphypoda	Deşarj çevresinde genellikle bolluğun azalması, topluluk yapısının değişmesi, tür yoğunluğunun referans istasyona göre azalması.	R. Riera, F. Tuya, E. Ramos, M. Rodríguez, Ó. Monterroso. Variability of macrofaunal assemblages on the surroundings of a brine disposal. Desalination, 291 (2012), pp. 94-100
<b>Alikante, Güney Doğu İspanya</b>	< 38.3	Echinoderm (Deniz Kestanesi, Patlıcanı ve yıldızı)	Tür Bolluğunda Sert Düşüş.	Y. Fernández-Torquemada, J.M. González-Correa, J.L. Sánchez-Lizaso Echinoderms as indicators of brine discharge impacts Desalin. Water Treat., 51 (2013), pp. 567-573
<b>Balerik Adaları, Kuzey Batı Akdeniz, İspanya</b>	39.7–40	<i>Posidonia oceanica</i>	Deşarj çevresinde bitki fizyolojisinin bozulması, yaprak ölümleri, ve yayılımının azalması.	E. Gacia, O. Invers, M. Manzanera, E. Ballesteros, J. Romero Impact of the brine from a desalination plant on a shallow seagrass ( <i>Posidonia oceanica</i> ) meadow Estuar. Coast. Shelf Sci., 72 (2007), pp. 579-590.
<b>Suudi Arabistan</b>	41.3–49.4	<i>Fungia granulosa</i> (Kızıl deniz mercanı)	<i>Mercanlarla birlikte yaşayan Simbiodinume kültürlerinin fotosentez verimliliğinde ve büyümesinde belirgin bir etki yok</i>	V. Der Merwe, A. Michael, L. Gary High salinity tolerance of the Red Sea coral <i>Fungia granulosa</i> under desalination concentrate discharge conditions : an <i>in situ</i> photophysiology experiment Front. Mar. Sci., 1 (2014), pp. 1-8



Tablo 2. Marsa Huminara ve Shalateen desalinizasyon tesislerine giren ve çıkan suyun ortalama ve standart sapma fizikokimyasal parametre değerleri. (Nasr ve ark., 2019)

Bölge	Marsa Humira		Shalateen	
Faktör	Giriş Suyu	Çıkış Suyu	Giriş Suyu	Çıkış Suyu
Sıcaklık	31.403±0.006	31.633±0.058	33.067±0.462	33.36±0.165
pH	7.910±0.010	<b>7.081±0.001</b>	7.823±0.040	<b>7.887±0.085</b>
Toplam Çözünmüş Katı Maddeler (TDS)	40.463±0.006	41.007±0.012	42.547±0.739	43.940±3.247
Tuzluluk	42.353±0.006	55.697±0.006	43.210±0.139	54.72±0.49
Çözünmüş Oksijen	4.100±0.000	2.700±0.100	4.967±0.808	2.680±0.289
Bulanıklık	2.733±0.544	3.400±0.082	2.433±0.047	4.200±0.082
ORP	245.267±0.252	232.000±1.732	225.900±13.139	221.200±4.158

#### 2.4. Diğer Kimyasallar

Ters Ozmos tesislerinde çeşitli düzeylerde, su içerisindeki biyolojik materyalin membran filtreleri tıkamaması, üzerlerinde yığılmaması için, kireç tutucular, ayrıştırıcılar, biosidler ve pH dengeleyici kimyasallar kullanılmaktadır. Zaman zaman yapılan geri yıkamalar sırasında ise daha büyük bir miktar kimyasal temizlik malzemesi kullanılmaktadır. Kullanım amaçlarına göre (R.G. Maliva, ve T.M. Missimer., 2012 alınmıştır);

##### Bio-Fouling:

A: Klor: Giriş suyu sisteme girmeden nötralize ediliyor.

B: Halojenli Organikler: genellikle toksisite oluşturmayacak düzeyde kullanılıyor.

##### Askıda Katı Madde:

A: Pıhtılaştırıcılar (Coagulants): Giriş suyu yumuşatılmışsa (örneğin. Demir III klorid) veya yıkama suyu ön arıtmadan geçmemişse kullanılmaz. Ortama verilmeden dengelenmezse atık suda bulanıklık yapabilir.



**Kabuklanma:**

A: Kabuklanma önleyiciler (Antiscalant): genellikle toksisite oluşturmayacak düzeyde kullanılıyor

B: Asit. ( $H_2SO_4$ ): Asit giriş suyu ile reaksiyonu gireceği için çıkış suyunun Ph değerini düşürecektir.

**Köpük:**

A: Köpük önleyiciler: Herhangi bir önlem gerektirmez.

**Yıpranma:**

A: Metaller: Sistemin yıpranmasına bağlı olarak atık suda, demir, krom, nikel ve düşük kaliteli paslanmaz çelik kullanılmışsa, molibden bulunabilir.

**Temizlik:**

A: Alkali (PH 11-12) veya Asidik (PH 2-3) temizleyiciler

B: Deterjanlar (ör: sülfatlı)

C: Kompleksleştirici Ajan (Complexing Agent) (ör: EDTA)

D: Oksitleyiciler, (ör: sodyum perporbat)

E: Biosidler, (ör: formaldehit)

Tüm bu kimyasalların denize ortama verildiklerinde bir etkilerinin olacağı varsayılsa da taranan yayınlarda içerisinde bu konuda somut verilere ulaşılamamıştır. Her durumda atık su içerisindeki derişimlerinin tehlikeli sınır değerlerin altına çekilerek alıcı ortama verilmesi gerekmektedir. Bu değerler atık su yönetmelikleri ile belirlenmiştir. Bu etkinin en aza indirilmesi için son yıllarda çok tuzlu atık su ön arıtma yapılarak ve sisteme alınan suyun kalitesinin artırılarak, temizlik



ajanlarının daha az kullanılmasına çalışılmaktadır. Literatürde bu kimyasalların ters ozmos tesislerinden çıktıktan sonra doğaya bir zararı olup olmadığı tartışma konusudur.

### *2.5. Yoğun Tuzlu Su Bertaraf Yöntemleri*

Desalinasyon tesislerinde temel işlem sırası denizlerden su alınması, bu sudan içme suyu elde edilmesi için çeşitli proseslerden geçirilmesi ve artan tuzlu suyun ortama bırakılması şeklindedir. Ortamdan suyun alınması ve yoğun tuzlu atık suyun ortama geri verilmesi süreçlerinde kurulacak altyapının (boru, difüzör, giriş ağzı) deniz tabanında yaratacağı çeşitli etkiler olacaktır.

Yoğun tuzlu suyun bertarafı için çok çeşitli yöntemler bulunmaktadır. Bu yöntemlerin avantajları ve dezavantajları Tablo 3'de özetlenmiştir. Bertaraf yöntemi seçimi su kaynağı, alıcı ortam, membran tipi, işlemde geçen suyun miktarı ve alıcı ortam koşulları gibi birçok parametreye bağlıdır. Tesisin tasarlanması aşamasında bu parametrelerin göz önünde bulundurulması önemlidir.

Bahsedilen çok çeşitli bertaraf yöntemlerine karşın dünyadaki büyük ölçekli SWRO tesislerinin %90 oranında yoğun tuzlu suyu deşarj sistemleri ile denizlere verdiği bildirilmiştir (WHO, 2007).



Tablo 3. Konsantre bertaraf yöntemlerinin karşılaştırılması (Başaran 2015'den alınmıştır)

Metodu	Avantajı	Dezavantajı
Yerüstü sularına deşarj	<ul style="list-style-type: none"> <li>Büyük hacimlerde uygulanabilme</li> <li>Doğadaki süreç konsantrenin parçalanmasını hızlandırmakta</li> <li>Su kütlesi seyrelmeyi artırmakta</li> <li>Düşük maliyet</li> <li>Enerji üretim tesisi deşarjı ile karışım sağlanabilmesi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kıyı ekosistemi üzerinde zararlı etkileri bulunan doğal asimilasyon kapasitesinin sınırlı olması</li> <li>Seyrelme bölgesel hidrodinamik şartlara göre değişmektedir</li> <li>İyi bir kalite izleme çalışması gerektirmektedir.</li> </ul>
Kanalizasyon Sistemine deşarj	<ul style="list-style-type: none"> <li>Atık hattı ile seyrelme</li> <li>Mevcut altyapı kullanımı</li> <li>Arıtmaya yardımcı olma ihtimali</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Atık toplama sistemindeki potansiyel kısıtlaması</li> <li>Atıksu kalite standartlarını karşılamaması</li> <li>Son bertaraf genellikle yüzeysel sulara olması</li> </ul>
Arazi uygulamaları	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kıyı ekosistemine zarar yoktur</li> <li>Sulama için alternatif kaynak olması</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Düşük deşarjlar için uygun</li> <li>Bitkiler üzerinde zararlı etkileri olabilmektedir</li> <li>Toprak ve yeraltı suyu kontaminasyonu</li> <li>İhtiyaç duyulan tuzların kullanılmadan bertarafı</li> </ul>
Buharlaştırma havuzları	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kıyı ekosistemine zarar yoktur</li> <li>Muhtemel ticari tuz olarak kullanım</li> <li>Düşük ölçekte teknoloji gereksinimi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Sınırlı kapasitesi mevcuttur</li> <li>Geniş kurulum alanı gerektirir</li> <li>Yalnızca kuru iklim şartlarında yüksek buharlaştırma olabilmekte</li> <li>Toprak ve yeraltı suyu ihtiyaç duyulan tuzların kullanılmadan bertarafı</li> </ul>
Sıfır likit deşarjı	<ul style="list-style-type: none"> <li>Likit atığın hiç oluşmaması</li> <li>Mineral ve tuzların geri kazanımı</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Endüstriyel ölçekte kullanımı yok</li> <li>Katı kalıntılar fazla</li> <li>Yüksek enerji gereksinimi</li> <li>Pahalı ilk yatırım ve işletme</li> </ul>
Derin kuyu enjeksiyonu	<ul style="list-style-type: none"> <li>Kıyı ekosistemine zarar yoktur</li> <li>Küçük tesisler için uygun</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Maksimum kapasitenin tespitinin mümkünün olmayışı</li> <li>Uygun ve izole olan akifere olan ihtiyaç</li> <li>Tehlikeli yer altı suyu kontaminasyonu</li> <li>Yalnızca daha büyük uygulamalarda maliyeti uygundur</li> </ul>

### 2.5.1. Kıyısız ve Deniz deşarjları

SWRO tesislerinde yoğun tuzlu suyun denize deşarjında seyreltme, karıştırma ve difüzyon yöntemleri kullanılmaktadır. Seyrelme yönteminde konsantre su enerji tesisi bulunan SWRO'larda soğutma suyu olarak kullanılan deniz suyu ile karıştırılarak ya da kentsel atıksu arıtma tesislerinin derin deniz deşarj hatlarına bağlanarak seyreltilmektedir. Bu yöntemin uygulanabilmesi için SWRO tesisinin soğutma suyu kullanan tesislere ve/veya kentsel atıksu arıtma tesislerine mekânsal olarak yakın olması gerekmektedir.



Karıştırma yönteminde ise kıyı bölgesindeki gel git seviyesine konsantre suyun yüzeysel olarak deşarj edilmesi ile yapılmaktadır. Ancak karıştırma yönteminde konsantre suyun doğrudan kıyılara etkisinin yanında deşarj yapısının dalgalardan korunması için inşa edilen dalga kıran gibi yapıların kıyı sediman taşınımına etkisi olmaktadır. Diğer taraftan ön arıtmada kullanılan Fe (Demir) gibi kimyasalların deniz yüzeyinde renk kirliliği yaratmaları söz konusudur (Şekil 4).



Şekil 4: Ashkelon SWRO tesisinden ön arıtmadan kaynaklı Fe+3 renkliliği

Seyrelme yönteminin fiziksel gereklilikleri ve karışma yönteminin neden olduğu etkilere alternatif olarak SWRO tesislerinde genel olarak etkin bir yöntem olan difüzyon yöntemi yaygın olarak kullanılmaktadır.

### 2.5.2. Difüzyon Yöntemi

Denize geri verilecek, ortamdaki daha tuzlu proses suyunun miktarı, oluşacak su bulutunun deniz ortamında nasıl dağılacığı ve seyreceği, bu suyun deniz tabanında ve su kolonunda mevcut canlı organizmalara nasıl etki edeceğinin önceden belirlenmesi önemlidir. Alıcı ortam tuzluluktaki düşük değişimleri veya kısa süreli yüksek konsantrasyondaki değişimleri tolere edebilirken, sürekli deşarjlar kalıcı etkiler bırakabilmektedir.

Dünyadaki çeşitli tesislerin denize verdikleri tuzlu su ve ortamdaki etkileri Tablo 4'de verilmiştir (Roberts ve diğ., 2010). Deşarj sistemi ile verilen yoğun tuzlu suyun su kolonunda yarattığı bulutun etkileri bazı yerlerde on metreler içinde azalmakta olduğu (Gacia ve diğ., 2007; Raventos ve diğ., 2006; Sadhwani ve diğ., 2005; Talavera ve Ruiz, 2001), bazı yerlerde yüzlerce metre (Abdul-Wahab, 2007; Chesher, 1971; Einav ve diğ., 2002; Malfeito ve diğ., 2005; Ruso ve diğ., 2007),



bazı ekstrem durumlarda da kilometrelerce etkili olduğu (Fernandez-Torquemeda ve diğ., 2005) rapor edilmiştir. Bu farklı yayılma ve seyrelme davranışları tesislerin tasarım ve kapasitelerindeki farklılıklar ile alıcı ortamdaki koşullarındaki farklılıklardan kaynaklandığı öne sürülmektedir (Höpner ve Windelberg, 1996; Einav ve diğ., 2002). Bu çalışmalar incelendiğinde birçok yerde tuzlu su bulutunun etkili olduğu ilk 20 metrelik bir alan içinde tuzluluğu ortam değerinden 2 ppt (binde 2) yükselttiği, 100 metrelik alan içinde ise en fazla 0.5 ppt yükselttiği rapor edilmiştir (Roberts ve diğ., 2010).

Çevresel etki olarak dikkat edilmesi gereken bir nokta denize geri verilen tuzlu su bulutunun ortamdaki daha yoğun olmasından dolayı tabana çökerek ilerleme eğilimidir (Chesher, 1971; Cintron ve diğ., 1970; Gacia ve diğ., 2007; Purnama ve diğ., 2005). Bu tuzlu su bulutunun özellikle tabanda yaşayan bentik canlılar ve deniz çayıruları gibi canlı gruplarını etkileme ihtimalini yükseltmektedir (Gacia ve diğ., 2007).

Denize verilen tuzlu suyun oluşturduğu su bulutunun ortamdaki dağılımı ve seyrelmesi çeşitli parametrelere bağlıdır. Bunlar arasında ortamdaki tuzlu su bulutunun içindeki tuz konsantrasyonları arasındaki fark, bölgedeki gel-git akıntılarının etkisi, kıyı akıntıları, dalga ve rüzgâr rejimi sayılabilir.

Tuzlu su bulutunun davranışını öngörmek açısından sayısal modellerden faydalanılmaktadır. Bu modeller ortama verilen suyun ve ortamdaki fiziksel parametreleri, akıntı, rüzgar ve benzeri diğer doğal güçleri göz önünde bulundurarak zaman içinde yayılma ve seyrelme hesapları yapabilmektedir. Bu modellerin tesislerin tasarımından önce yapılması durumunda çevreye en az etki edecek şekilde tasarım yapılması sağlanabilir.



Table 4. Konsantre suyun alıcı ortamdaki etki mesafesi ve seyrelme ile ilgili değişik çalışmalar (Roberts ve diğ., 2010'den alınmıştır)

Reference	Capacity (ML/d)	Discharge (ML/d)	Salinity of brine (ppt)	Location	Habitat	Plume extension and intensity
Abdul-Wahab, 2007	92.4	NR	37.3	Muscat, Oman	Soft sediments	Returned to background levels within approximately 100 m of outlet
Abdul-Wahab, 2007	191	NR	40.11	Muscat, Oman	Soft sediments	Appeared to return to background levels 980 m from outlet
Altayaran and Madany, 1992	106	288	51	Sitra Island, Bahrain	Soft sediments	Salinity of receiving water reach 51 ppt, relative to reference areas of 45 ppt, plume extended at least 160 m from discharge. Temperature also affected, discharged at 10–15° C above ambient, receiving water up to 7° C above ambient
Chesher, 1971	9.1	22	40–55	Florida, USA	Artificial hard substrata and soft sediments	0.5 ppt above background levels within 10–20 m of outlet. Nevertheless, slight elevation was maintained for 600 m within the harbour basin
Talavera and Ruiz, 2001	25	17	75.2	Canary Islands, Spain	Sub-tidal rocky reef	2 ppt above background on the seabed and 1 ppt on the surface within the 20 m of the outlet; similar to background levels at 100 m.
Einav et al., 2002	NR	NR	NR	Dhkelia, Cyprus	NR	Above background 100–200 m from outlet, occasionally as high as 60 ppt.
Fernández-Torquemedas et al., 2005	50	75	68	Alicante, Spain	Seagrass and soft sediments	0.5 ppt above ambient for up to 4 km from outlet along the seafloor
Malfeito et al., 2005	28	NR	44	Javea, Spain	Seagrass and soft sediments	Slightly above background up to 300 m from the outlet
Raventos et al., 2006	60	33	60 <sup>b</sup>	Blanes, Spain	Seagrass and soft sediments	At background levels within 10 m of outlet. No apparent measurement or analysis of salinity
Ruso et al., 2007	50	65	68	Alicante, Spain	Soft sediments	2.6 ppt above ambient within 300 m <sup>b</sup> of outlet; 1 ppt within 600 m <sup>b</sup> ; similar to background at 1300 m <sup>b</sup>
Safrai and Zask, 2008	274	600	42	Ashkelon, Israel	NR	Approximately 2 ppt above ambient within 400 m of outlet, <1 ppt above ambient within 4000 m of the outlet
Sadhvani et al., 2005	25	NR	75	Canary Islands, Spain	Soft sediments	75 ppt effluent diluted to 38 ppt within 20 m of outlet, no details given as to background salinity
Gacia et al., 2007	NR	2	60	Formentera, Balearic Islands, Spain	Seagrass and soft sediments	5.5 ppt above background 10 m from outlet; 2.5 ppt at 20 m; 1 ppt at 30 m; not measured any further than this

NR = not reported. <sup>a</sup> - g/L, <sup>b</sup> Inferred from figure, estimate only.

Akıntıların doğru şekilde bilinmesi tuzlu su bulutunun kıyılara değil ama açığa hareket edilecek şekilde denize verilmesini sağlayabilir (Shao ve Law, 2009).



Yapılan genel model çalışmaları denize verilen konsantre tuzlu suyun derinlik, akıntılar gibi oşinografik koşulların yanında gel-git gibi zamana bağlı koşulların altında farklı zaman ölçeğinde on metrelerden yüz metrelere kadar olan bir alanda etkili olabileceğini ortaya koymuştur (Roberts ve diğ., 2010).

### 2.5.3. Diğer faktörler

Desalinizasyon tesislerinin en büyük atığı yoğun tuzlu su olmasına karşın, bu atık suyun içerisinde proses işlemleri içinde kullanılan değişik kimyasalların varlığı ile verilen atık suyun sıcaklığı da tuzlu su bulutunun hareketini belirleyecek etmenlerdir.

Bazı tesislerde atık suyun aynı zamanda tesis ya da yanındaki enerji tesisi için soğutma suyu kullanılması denize verilen yoğun tuzlu suyun sıcaklığının 10-15°C artmasına neden olabilmektedir. Örneğin Arabistan da kurulu tesislerde proses sırasında sular 90-115°C'ye ısınmakta (Al-Mutaz ve Al-Namlah, 2002), denize verilmeden önce enerji üretim tesislerinin soğutma suları ile karıştırılarak sıcaklığı alıcı ortam olan denizden 10-15°C'ye daha yüksek sıcaklığa düşürülmektedir (Hoepner, 1999).

Yüksek sıcaklıkta suyun deniz verilmesi, aynı tuzlulukta olduğu gibi bu tesisin bulunduğu yerdeki oşinografik koşullar kapsamında kimi yerlerde çok az ısınmaya neden olurken (Altayaran ve Madany, 1992; Elhassadi, 2008), bazı yerlerde yüzlerce metre alanda 0,5-1 derece arasında ısınmaya neden olduğu bildirilmiştir (Bath ve diğ., 2004).

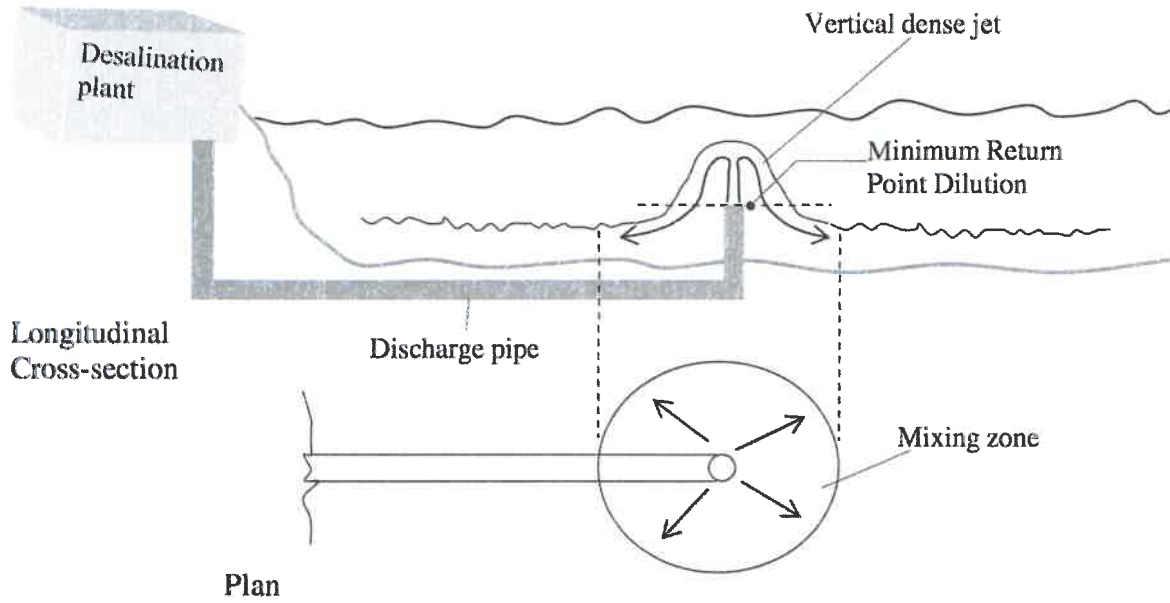
### 2.5.4. Su Altı Deşarj Sistemleri

Tuz oranındaki ufak bir artışın bile deniz ekosistemi üzerinde tehlikeli olabileceği dünyadaki çeşitli bölgelerde yapılan çalışmalarda ortaya konmuştur (Einav ve diğ., 2002; NOAA, 1978; Gacia ve diğ., 2007; Matsumoto ve Martin, 2008; Talavera ve Ruiz, 2001; Pillard ve diğ., 1999; Mabrook, 1994). Bu riski en aza indirmek için yüksek tuzluluk ve sıcaklıkta atık su üretme olasılığı olan desalinizasyon tesislerinin atık sularını oşinografik koşullara en uygun şekilde tasarlanmış sualtı deşarjları ile bırakmaları gereklidir (Jirka, 2008).



Sualtı deşarjına bir örnek Şekil 5’de verilmiştir. Burada desalinizasyon tesisinden çıkan atık su, uzun bir sualtı boru hattı ile oşinografik koşulların en uygun olduğu derinliğe kadar pompalanmaktadır. Boru hattının sonunda yukarı doğru bakan düşey bir boru ile atık suyu su kolonuna bırakılmaktadır. Düşey borunun ağzında istenilen seyrelmeyi sağlaması için atık suyun momentumunu arttıran dar bir ağız (difüzör) yer almaktadır (Ahmad ve Baddour, 2013). Ağızdan ortam suyuna karışan atık su sahip olduğu momentum ile su kolonunda önce bir miktar yükselmekte, daha sonra ortam suyundan daha yoğun olmasından dolayı aşağı doğru batarak deniz tabanında yayılmaktadır (Ahmad ve Baddour, 2013).

Atık suyun ortam ile karıştığı yerde bir karışma bölgesi meydana gelmektedir (Şekil 5). Karışma bölgesi genel olarak atık suyun çıkış noktasından yönetmeliklerce belirlenmiş su kalitesi standartlarına ulaştığı bölge olarak tanımlanmaktadır (Ahmad ve Baddour, 2013).



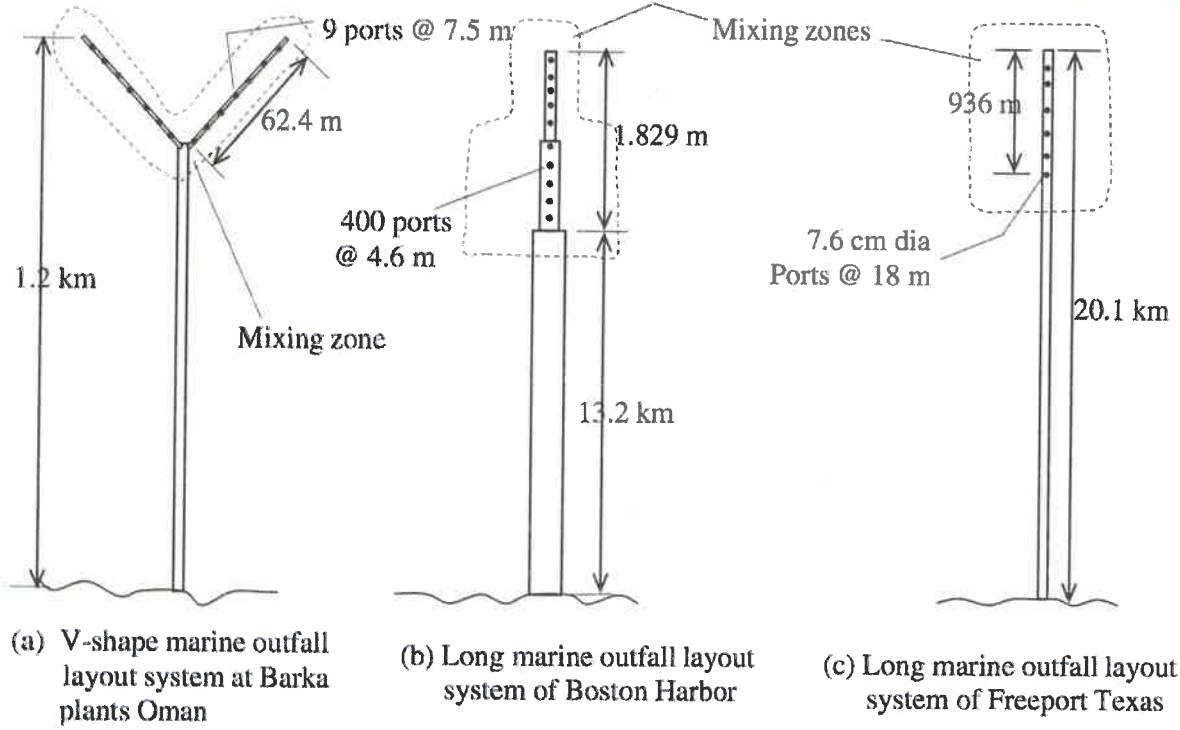
Şekil 5. Sualtı deşarj sistemi genel tasarımı (Ahmad ve Baddour, 2013’den alınmıştır).



Tesisin kapasitesine ve alıcı ortamın koşullarına bağlı olarak sualtı boru deşarj sistemi seyreltmeyi arttırmak için genel olarak birden fazla dar ağızlar sahip bir difüzör sisteminden meydana gelmektedir. Boru hattının çapı ve uzunluğu, yönü, ağızların tasarımı ve deniz tabanından yüksekliği difüzör tasarımının önemli parametreleri arasında yer almaktadır. Difüzör tasarımında ayrıca deniz tabanı topografyası, çevresel öncelikler, maliyet ve oşinografik koşullar dikkate alınmalıdır (Ahmad ve Baddour, 2013).

Değişik difüzör tasarımlarına örnekler Şekil 6'da verilmiştir (Ahmad ve Baddour, 2013). Umman'da Barka II tesisinde V şeklindeki difüzörler kıydan 1.2 km açıktaki yer almaktadır. 60 metre uzunluğundaki difüzör borularının üzerinde 9'ar adet ağız bulunmaktadır (Purnama, 2011). Amerika'da bulunan Boston Harbor tesisindeki boru hattı 13.2 km uzunluğa sahiptir. Bu boru hattının ucunda gittikçe daralan yaklaşık 1829 m uzunluğunda, üzerinde 400 ağızın yer aldığı bir difüzör sistemi bulunmaktadır (Sherman ve diğ., 1994). Yine Amerika'da bulunan başka bir tesiste ise 20 km uzunluğunda bir boru hattının ucunda 936 metrelik bir difüzör sistem, üzerine 52 ağız bulunmaktadır (McLellan ve Randall, 1986).

Tüm bu değişik sistemler ortam koşullarına bağlı olarak atık suyun seyrelip yayılacağı en verimli karışma bölgesi oluşturmak için tasarlanmıştır.



Şekil 6. Farklı difüzör tasarımları (Ahmad ve Baddour, 2013'dan alınmıştır).

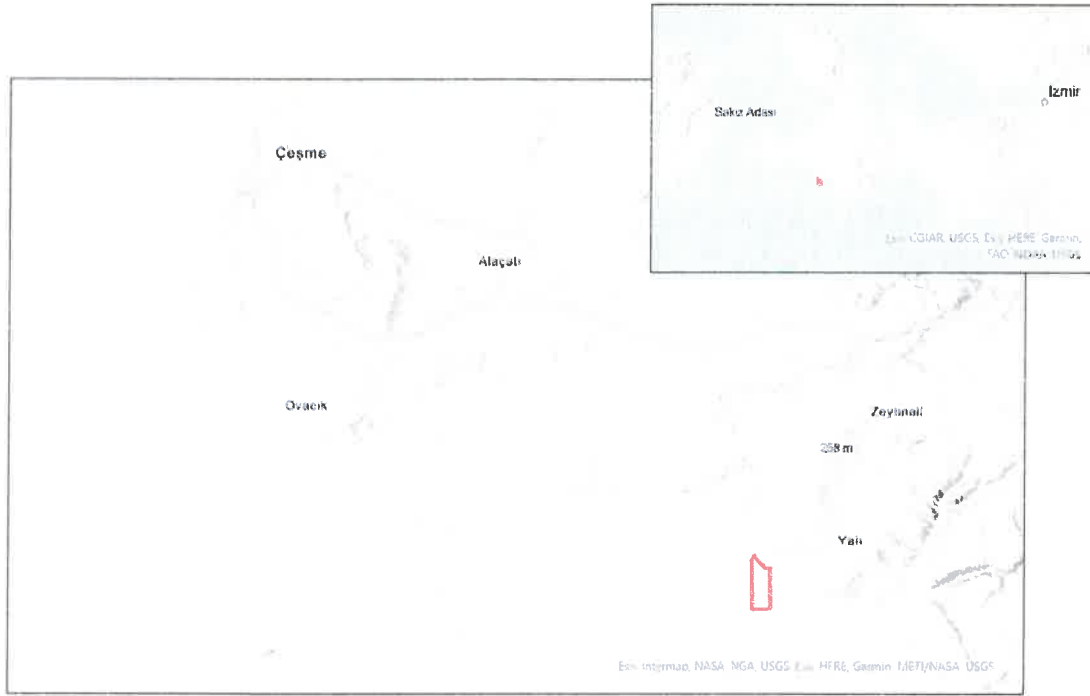
H.O B.S. D



### 3. Saha Çalışmaları

#### 3.1. Deniz Tabanı Akustik Çalışmaları

Proje kapsamında yer alan çalışma sahasının yer bulduru haritası Şekil 7’de verilmiştir. Çalışma sahasında desalinasyon tesisinin su altı yapılarının kurulması planlanan sahada akustik sistemler ile veriler toplanmıştır.



Şekil 7. İzmir ilinde yer alan çalışma sahası. Çalışma sahası kırmızı ile işaretlenmiştir.

#### 3.1.1. Çalışma Sahası Jeolojisi

Çalışma sahası Çeşme yarımadasının güney doğusunda yer almaktadır. Çalışma sahası ve etrafı “Armağan Dağı” olarak adlandırılan volkanitlerden meydana gelmiştir. Armağan Dağı volkanitleri Alaçatı piroklastikleri, Reisdere volkanoklastikleri ve Zeytineli lavları birimlerinden oluşmaktadır. Çalışma sahası Zeytineli lavları biriminin olduğu bölgede yer almaktadır. Çalışma sahasının kıyı görüntüsü Şekil 8’de verilmiştir.



Şekil 8. Çalışma sahasının kıyı tarafının denizden görünüşü

### 3.1.2. Kullanılan Cihaz ve Yöntemler

Derinlik ölçümü ve deniz tabanının sedimantolojik ve morfolojik yapısının anlaşılması için hem düşey yönde akustik sinyal gönderen, hem de yandan taramalı sonar özelliğine sahip transducer'a sahip HUMMINBIRD Helix 7 marka bir balık bulucu kullanılmıştır (Şekil 9). Yandan taramalı sonar özelliğinde cihaz temel olarak geminin gidiş istikametine dik olacak şekilde iki tarafa yüksek frekanslı akustik dalgalar göndermekte, tabandan yansıtılarak geri dönen sinyalleri kaydederek deniz tabanının yapısını haritalamaktadır. Konumlandırma amacıyla metre-altı hassasiyete sahip Hemisphere marka A100 Cressent DGPS kullanılmıştır. DGPS cihazı doğrudan sonar cihazına bağlanmış, böylelikle doğru konum alınan veriye eklenmiştir.



Şekil 9. Çalışmada kullanılan balık bulucu ve yandan taramalı sonar transducer'i.

Çalışma sırasında veri toplanan hatlar Şekil 10'da gösterilmiştir. Derinlik ve yandan taramalı sonar kullanılarak toplanan veriler SONARTRX isimli bir yazılım tarafından işlenmiştir. Elde edilen veriler ArcGIS Pro yazılımı kullanılarak haritalanmıştır.



Şekil 10. Veri toplanan çalışma hatları



### 3.1.3. Akustik Verilerin Değerlendirilmesi

Çalışmalar sırasında toplanan verilerden hazırlanan derinlik ve deniz tabanı sonar haritaları Şekil 11 ve Şekil 12’de verilmiştir.

Derinlik haritasına göre 10 metre derinlik konturundan daha sığ bölgelerde deniz tabanı derinliği düzensizdir. Bu düzensizliğin temel nedeni kıyı yapısından kaynaklanmaktadır. Çalışma sahasının kıyı tarafı aniden yükselen bir burun şeklindedir (Şekil 8). Burnu oluşturan kayaların zaman içinde aşınmaya uğradığı, kopan büyük parçaların burnun eteklerine, suya düştüğü gözlenmiştir. Bu düşen kayalar 10 metrenin altındaki düzensizliği yaratmakta, büyük kayalar ani yükselti oluşturmaktadır. Bu kayalar sonar görüntülerinde çok net izlenmektedirler (Şekil 13).

Derinlik haritasında 10 metre ile 20 metre arasında yer alan derinlik konturlarının birbirlerine çok yakın olduğu görülmekte, burada eğimin daha fazla olduğunu göstermektedir. Burası için eğim yaklaşık 5 derece hesaplanmıştır, ayrıca büyük kaya kütleleri lokal olarak 10-15 derecelik daha yüksek eğimli bölgeler oluşturmaktadır. 22-26 metre derinlik konturları arasında eğimi 1 dereceden daha az bir lokal düzlük yer almaktadır. 27 metreden itibaren derinlik konturları birbirlerine yaklaşık olarak paralel uzanmakta, deniz tabanı ortalama 1 derecelik eğimle derinleşmektedir.

Yandan taramalı sonar cihazı ile elde edilen görüntüler incelendiğinde sığ alanların kıyının uzantısı olan büyük kaya kütleleri ile daha küçük kayalar tarafından kaplı olduğu görülmektedir (Şekil 13). 10 metre derinlik konturundan sonra deniz tabanı aniden dikleşip sonradan düzleşmektedir. Bu alanda deniz tabanı tek tip yansıma göstermeye başlamaktadır. Bununla birlikte çalışma sahasının kuzeybatısında deniz tabanında yamalar göze çarpmaktadır (Şekil 14). Bu yamalar kıyıya yakın bölgelerde akıntı ve dalga etkisi ile deniz çayırlarının (*Posidonia oceania*) aşındığı bölgeleri göstermektedir. Bu yapı sualtından alınan video görüntüleri ile de doğrulanmıştır.

Çalışma sahasında 36 metre derinlik ve sonrasında alınan sonar görüntüleri deniz tabanının yansıma karakterinin biraz değiştiğini göstermektedir. Ayrıca deniz tabanı üzerinde birçok muhtemelen insan yapısı nesne göze çarpmaktadır (Şekil 15). Daha sığ bölgelere göre burasının daha yoğun yansıma vermesinin temel nedeni olarak daha önceden burada kurulu olan balık çiftlikleri olduğu değerlendirilmiştir. Şekillerde kullanılan eski tarihli uydu resimlerinde çalışma sahasının içinde bulunan balık kafesleri görülebilmektedir. Bu derinlerdeki deniz tabanı karakter



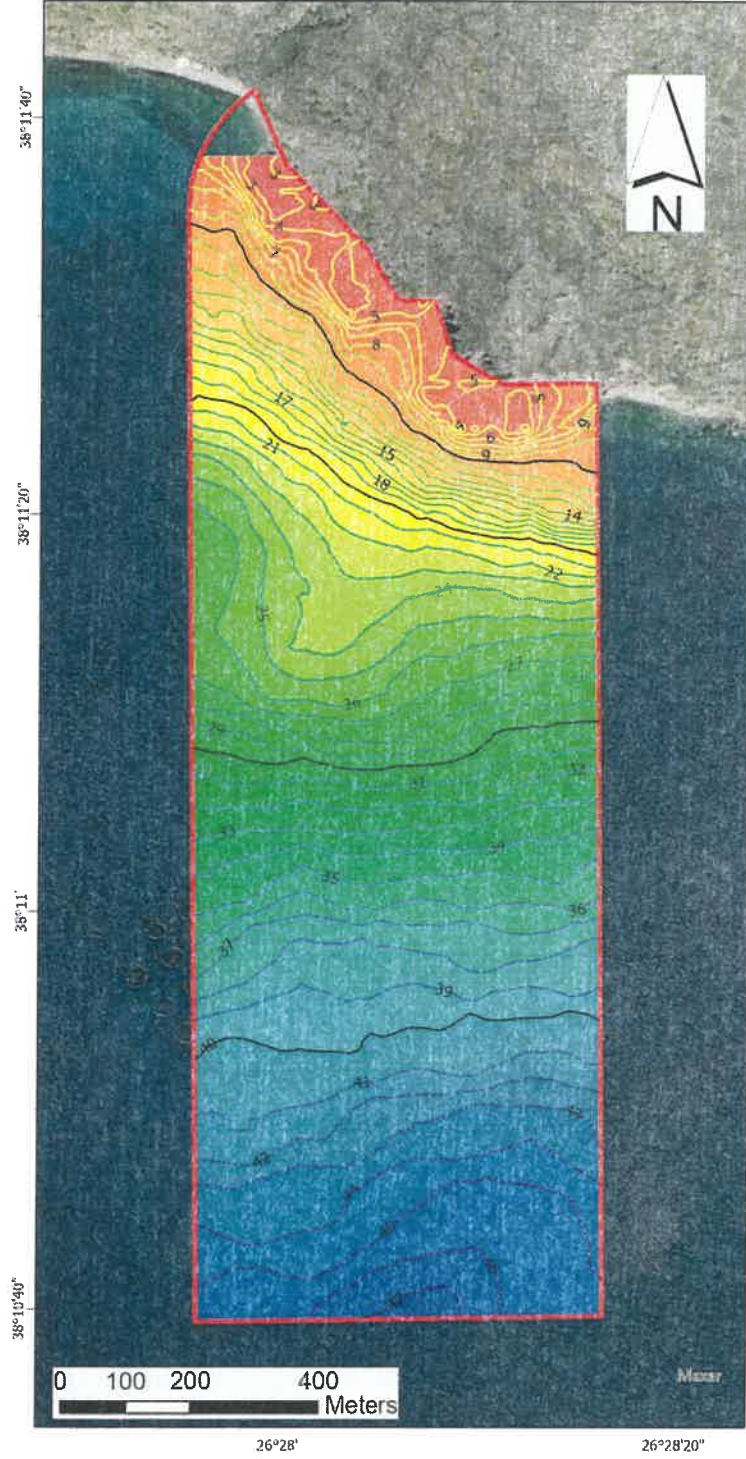
değişimi büyük ihtimalle balık çiftliklerindeki besleme ve benzeri aktivitelerden kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Ayrıca yine sonar görüntülerinde ağ, çeşitli ağırlık ve benzeri malzemeler olarak tanımlanan nesnelere bu balık kafeslerinden kaynaklı olduğuna inanılmaktadır (Şekil 15).

Proje sahasında elde edilen sonar görüntüleri ve sonrasında yapılan sualtı dalgışları, çalışma sahasının 10 metreden itibaren yoğun *Posidonia oceania*, deniz çayırları ile kaplı olduğunu göstermiştir. Deniz çayırları yaklaşık 33 metre derinliğe kadar kendilerini göstermekte, daha sonra seyrelerek, yaklaşık 35 metreden sonra görülmemektedirler.

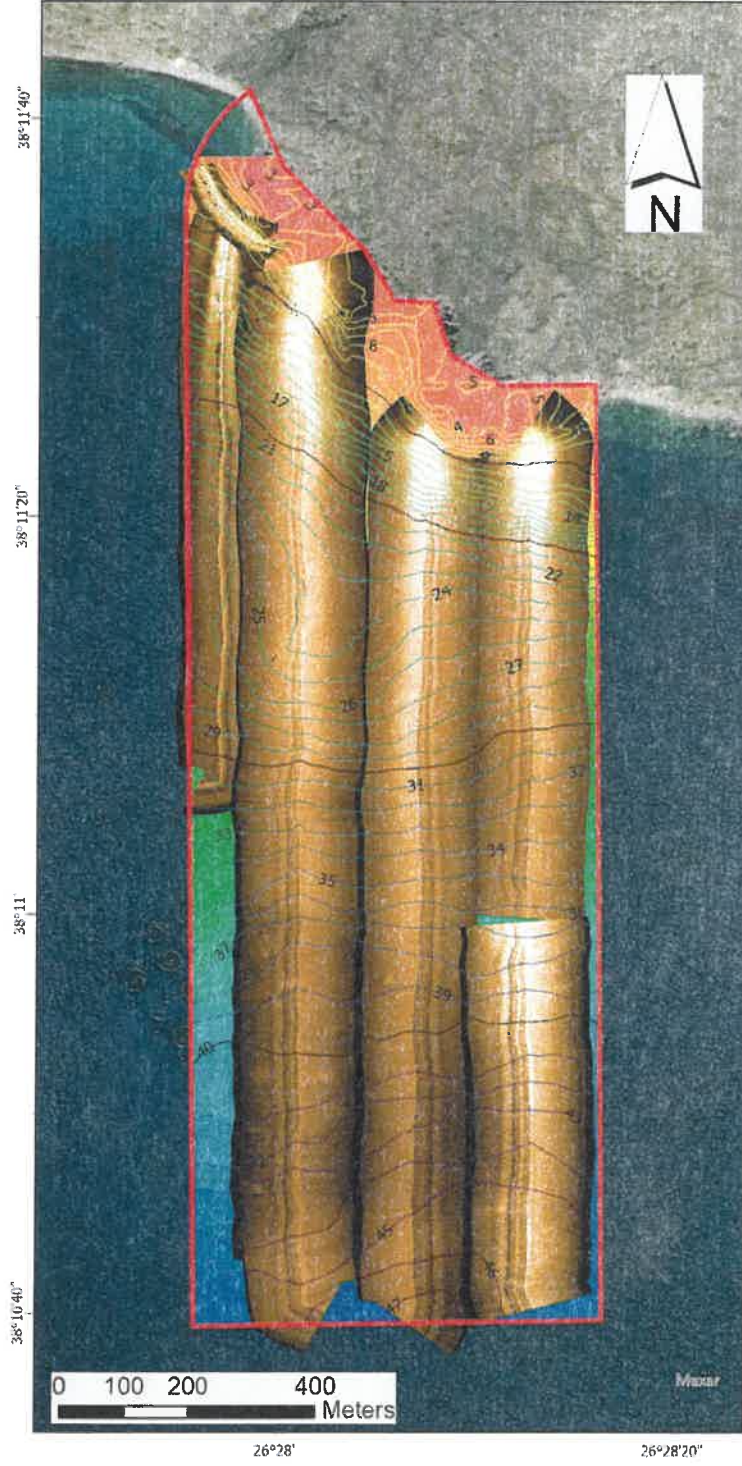
Bu değerlendirmeler ışığında deniz tabanı sınıflandırması Şekil 16'da verilmiştir. Bu kapsamda alanın önemli bir kısmında deniz çayırları yer almaktadır.

Bu proje sahasında yapılması planlanan yapılar için:

- Kıydan 100 metre açıklığa kadar olan 10 metre derinlik konturuna kadar olan kesimin çok kayalık yapıda olduğu,
- 10-20 metre derinlik konturları arasında kalan yaklaşık 120 metre alanda yaklaşık 5 dereceye varan bir eğim ile ani derinleşme olduğu,
- 10 metre konturundan itibaren açığa doğru yaklaşık 500-600 metrelik alanın (35 metre su derinliği) yoğun deniz çayırı ile kaplı olduğu,
- Bu deniz çayırlarının Akdeniz'e özel, türü tehlike altında olan *Posidonia oceania* isimli türe ait olduğu göz önünde bulundurulmalıdır.



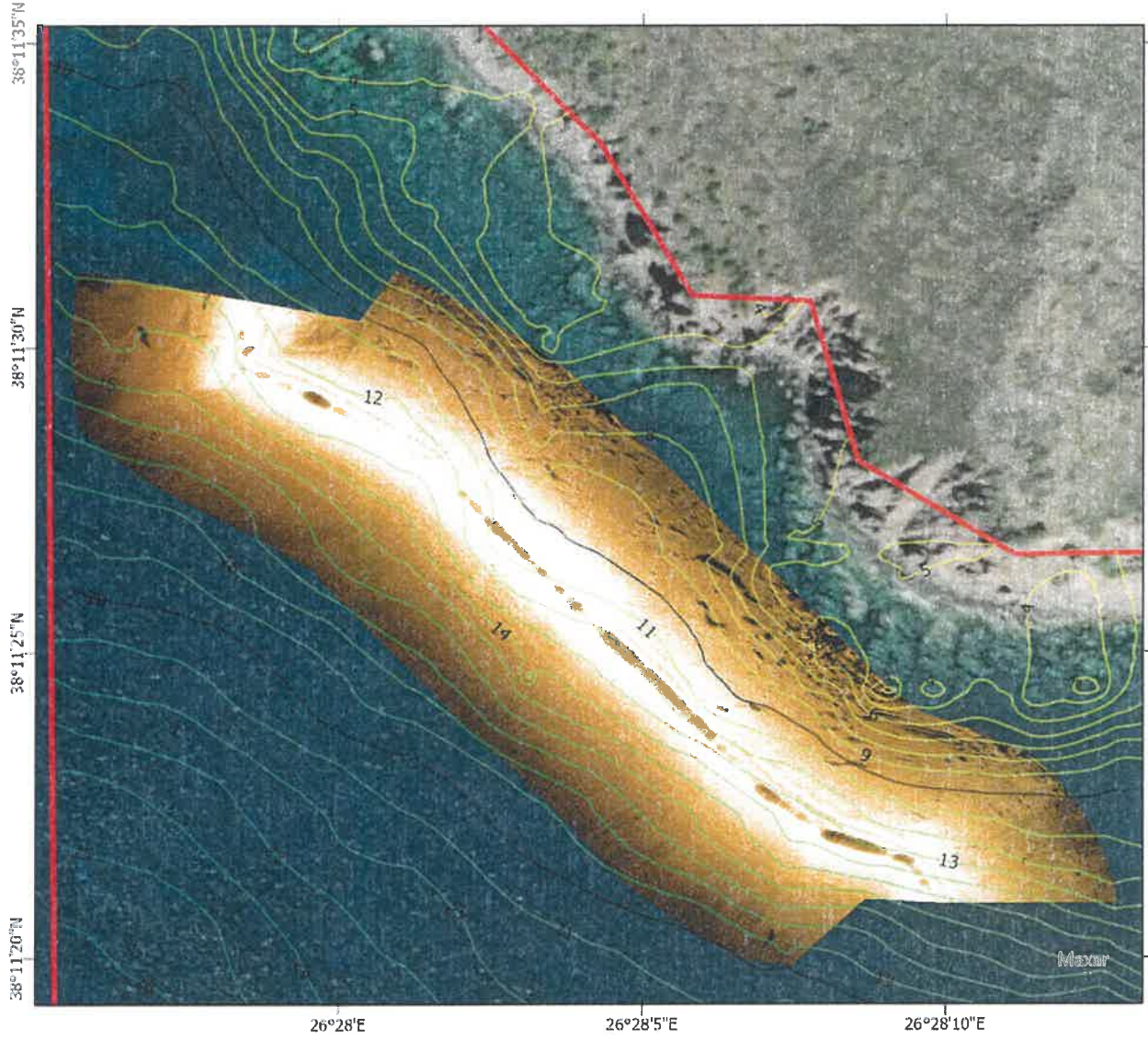
Şekil 11. Çalışma sahasının derinlik haritası. Derinlik değerleri metredir. 10, 20, 30 ve 40 metre konturları siyah ile belirtilmiştir.



Şekil 12. Çalışma sahasında yandan taramalı sonar ile elde edilen deniz tabanı sonar haritası

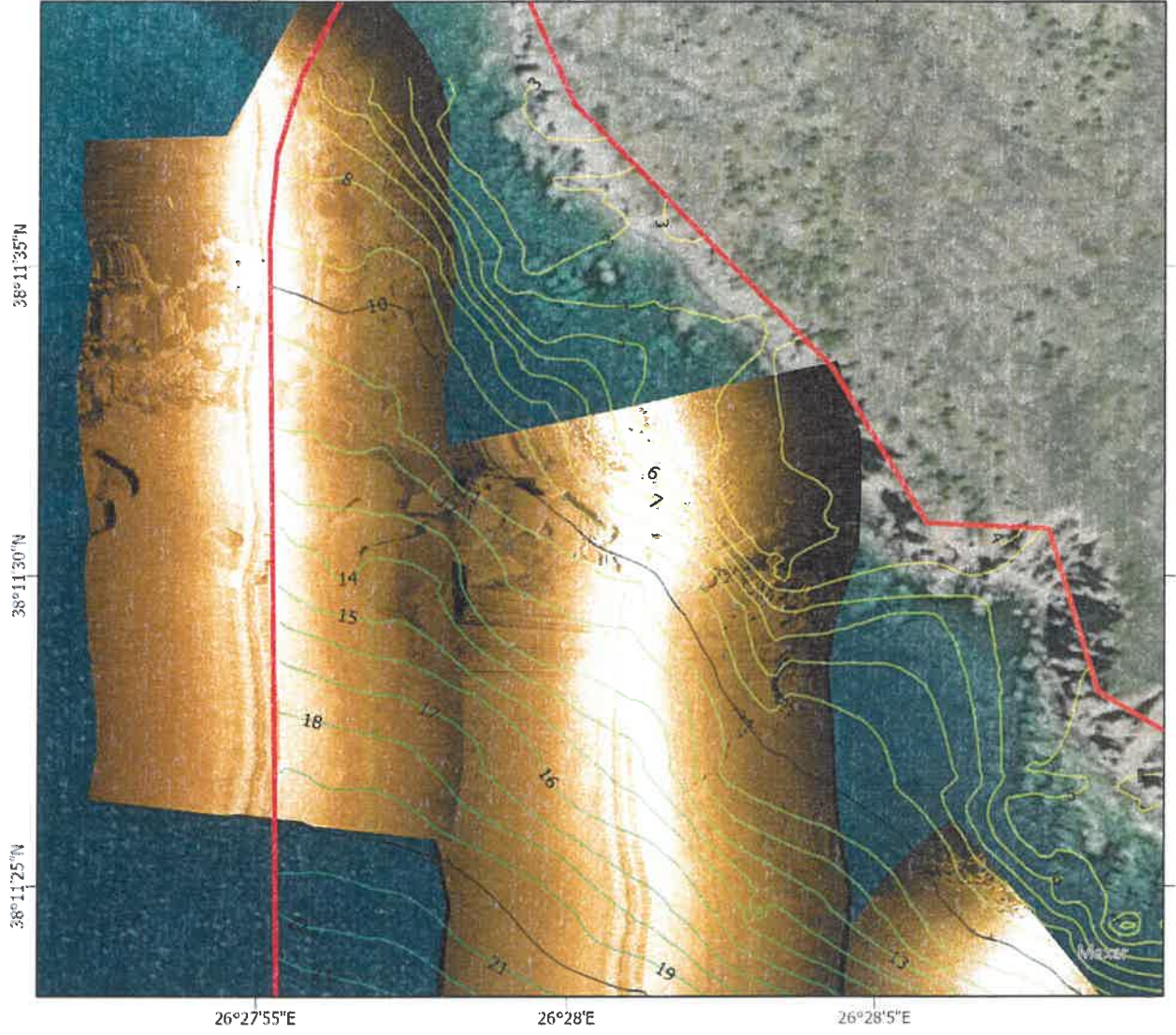
H.0

B.S. DT

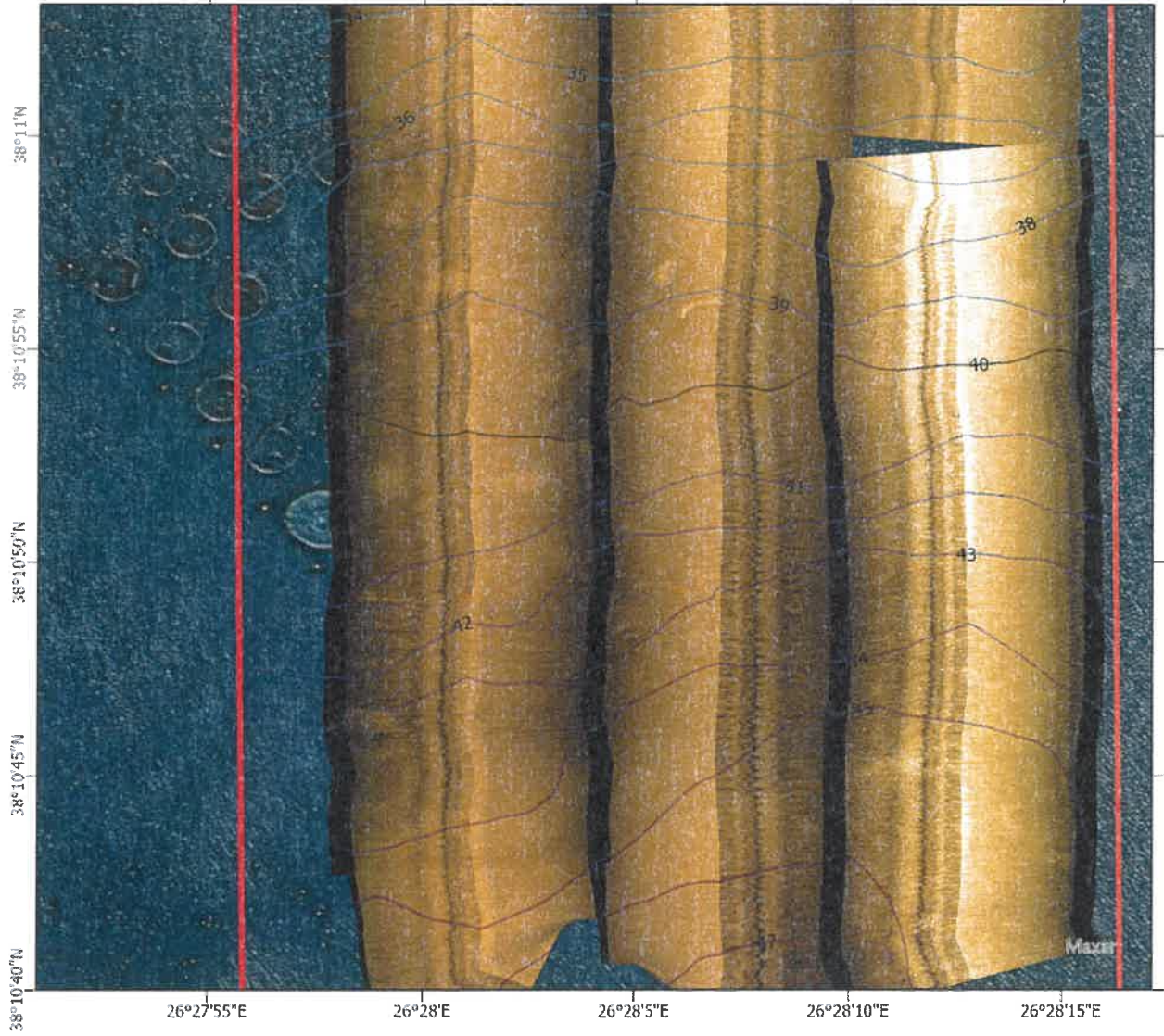


Şekil 13. Kıyasal alan deniz tabanı sonar görüntüsü. Konturlar metre cinsinden derinlik değerlerini göstermektedir.

H.O  
B.S. D

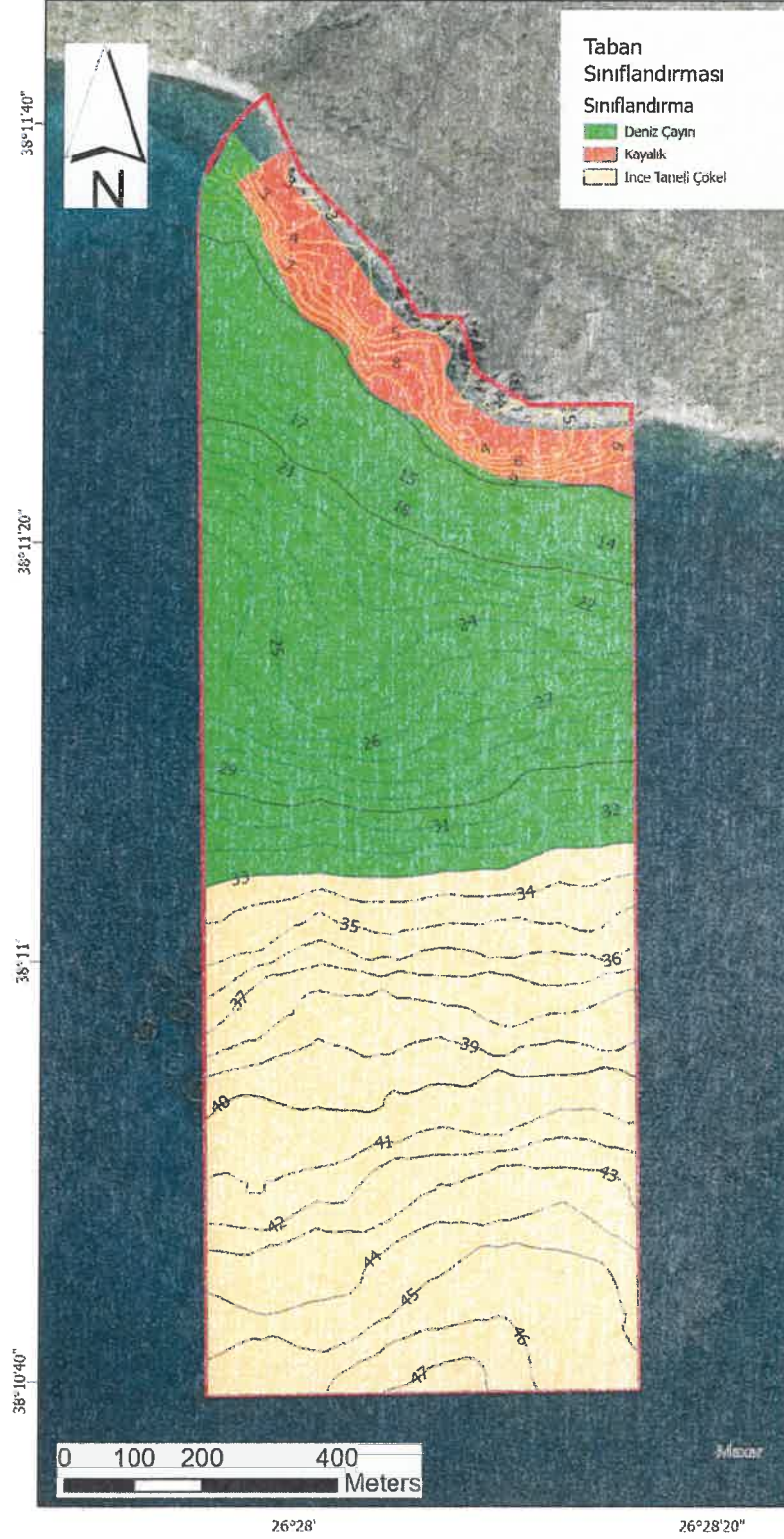


Şekil 14. Çalışma sahasının kuzey batısında alınan sonar görüntüsü. Görüntüde yer alan yama görünlü yapılar deniz çayırлары arasında oluşmuş aşınma bölgelerini göstermektedir.



Şekil 15. Çalışma sahasının derin kısımlarının sonar görüntüsü. Altlık olarak kullanılan eski tarihli uydu resminde daha önce çalışma sahasında kurulu olan balık çiftlikleri görülmektedir.

H.0  
B.S. DR



Şekil 16. Çalışma sahası deniz tabanı sınıflandırması

H.O  
B.S. DT



### 3.2. Sualtı Gözlemleri

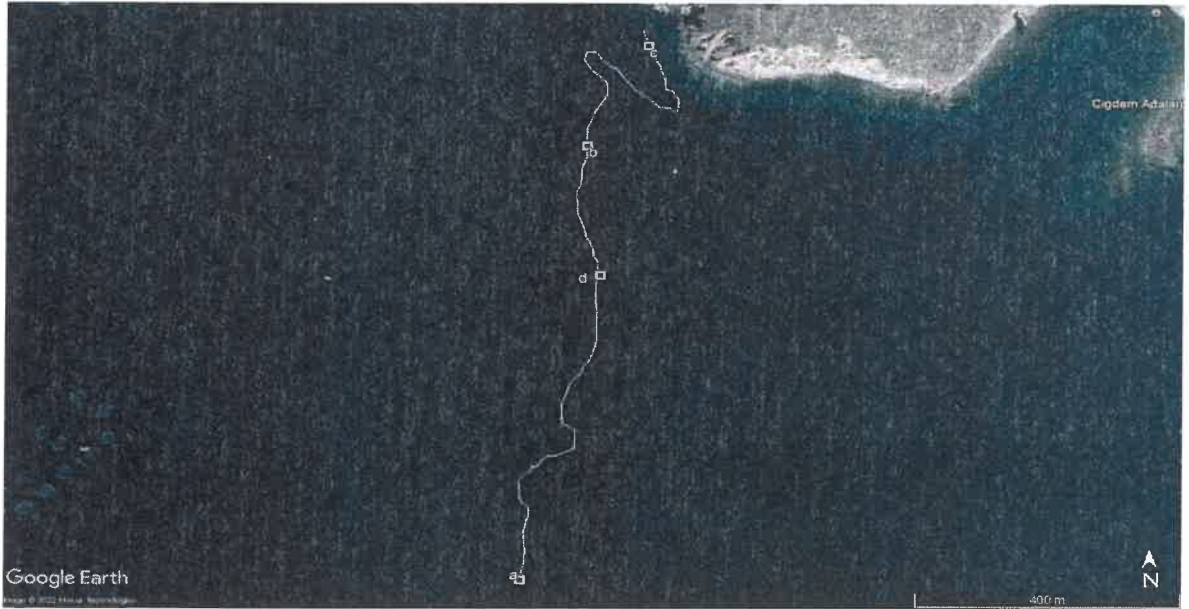
İzmir İli Çeşme ilçesi Zeytineli bölgesinde kurulması planlanan tuzdan arındırma ünitesi kapsamında su alım-verim hattının geçmesi muhtemel olan bölgede yanal taramalı sonar, aletli dalışlar ve drop down kamera sistemi ile deniz tabanı incelemeleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 17, Şekil 18). Kıyı zonunun kayalık olduğu görülmüş kayalıkları takiben yaklaşık 8-9 metre derinlikten sonra parçalı bir şekilde *Posidonia oceanica* (erişte otu) deniz çayırının dağılım göstermeye başladığı ve 35 metre derinliklere kadar dağılım gösterdiği tespit edilmiştir. Söz konusu bölgede 35 metre derinlikten başlanarak (*P. oceanica* derin sınırı) kıyıda kayalık bölgenin başlangıcına kadar (*P. oceanica* sığ sınırı) aletli dalış yöntemi ile tarama yapılmıştır (Şekil 17). Buna ek olarak 13 noktada drop-down kamera ile tespitler gerçekleştirilmiştir (Şekil 18). Ayrıca *P. oceanica*'nın mevcut durumunu tespiti için derin sınırda ve 15 metre derinlikte quadrat (20 x20 cm) ile tekrarlı sayımlar gerçekleştirilmiştir. Yapılan aletli dalışlarda bölgede dağılımı tespit edilen *P. oceanica* çayırının derin sınırının tipinden çayırın gerileme rejiminde olduğu görülmüştür. Derin sınırda (35 m) oldukça seyrek yoğunluk görülmüş ve sınırdan 37 metre derinliğe kadar daha önceki yıllarda ölmüş çayırların matları (geride kalan ölmüş kök yapısı) drop down kamera ve dalışlarla tespit edilmiştir (Tablo 5 ve

H.0 B.S Df



Tablo 6). Tespit edilen ölü mat çayırın derin sınırının gerileme rejiminde olduğunu açıkça göstermektedir. Derin sınırdaki seyrek çayır yoğunluğunun, kıyıya yaklaştıkça azalan derinlikle uyumlu şekilde sıklaştığı gözlenmiştir. Kıyıya yakın olan sığ sınırdan ise çayır kesin bir sınır ile 9,2 metre derinlikte bittikten sonra 4-5m çapında parçalar halinde bir süre daha devam etmektedir. Bölgenin dominant rüzgarının poyraz (Kuzeydoğu) yönlü olmasının yanında, sığ sınırdan zemin yapısının büyük parçalı çakıllı olduğu görülmüş ve çayırın sığ sınırının nispeten derinde kalması, bölgede görülen lodos fırtınalarının hidro dinamik etkilerinin çayırın daha sığ kısımlara ulaşmasını engellediği düşünülebilir. Ayrıca çayır boyunca gerçekleştirilen dalışlarda ve alanda yapılan çalışmalar esnasında görüldüğü üzere bölgede en az bir adet *Caretta caretta* türü deniz kaplumbağası yaşadığı görülmüştür. Gerek dalış hattı dışında özellikle çayırın ulaşmadığı derinliklerde çıplak kalmış zemin üzerinde birçok kesilmiş halat parçaları görülmüştür.

35 metre ve 15 metredeki yapılan sayımlarda metrekaredeki *P. oceanica* sürgün (shoot) yoğunluğu sırasıyla 75 shoot/m<sup>2</sup> ve 304 shoot/m<sup>2</sup> olarak ölçülmüştür. Bu durum ise UNEP/MAP-RAC/SPA, 2011 protokolündeki standartlara göre iki derinlik içinde orta. (moderate) kategoride değerlendirilirken (Şekil 19), ulaştığı en derin sınır açısından (lower limit depth) iyi hatta yüksek kategoride bile sayılabilecek durumdadır (Şekil 20).



Şekil 17. Çalışma alanında aletli dalış hattı



Şekil 18. Çalışma alanındaki drop-down noktaları

H.O  
B.S.  
D.T



Depth (m)	High	Good	Moderate	Poor	Bad
1	> 1133	1133 to 930	930 to 727	727 to 524	< 524
2	> 1067	1067 to 863	863 to 659	659 to 456	< 456
3	> 1005	1005 to 808	808 to 612	612 to 415	< 415
4	> 947	947 to 757	757 to 567	567 to 377	< 377
5	> 892	892 to 709	709 to 526	526 to 343	< 343
6	> 841	841 to 665	665 to 489	489 to 312	< 312
7	> 792	792 to 623	623 to 454	454 to 284	< 284
8	> 746	746 to 584	584 to 421	421 to 259	< 259
9	> 703	703 to 547	547 to 391	391 to 235	< 235
10	> 662	662 to 513	513 to 364	364 to 214	< 214
11	> 624	624 to 481	481 to 338	338 to 195	< 195
12	> 588	588 to 451	451 to 314	314 to 177	< 177
13	> 554	554 to 423	423 to 292	292 to 161	< 161
14	> 522	522 to 397	397 to 272	272 to 147	< 147
15	> 492	492 to 372	372 to 253	253 to 134	< 134
16	> 463	463 to 349	349 to 236	236 to 122	< 122
17	> 436	436 to 328	328 to 219	219 to 111	< 111
18	> 411	411 to 308	308 to 204	204 to 101	< 101
19	> 387	387 to 289	289 to 190	190 to 92	< 92
20	> 365	365 to 271	271 to 177	177 to 83	< 83
21	> 344	344 to 255	255 to 165	165 to 76	< 76
22	> 324	324 to 239	239 to 154	154 to 69	< 69
23	> 305	305 to 224	224 to 144	144 to 63	< 63
24	> 288	288 to 211	211 to 134	134 to 57	< 57
25	> 271	271 to 198	198 to 125	125 to 52	< 52
26	> 255	255 to 186	186 to 117	117 to 47	< 47
27	> 240	240 to 175	175 to 109	109 to 43	< 43
28	> 227	227 to 164	164 to 102	102 to 39	< 39
29	> 213	213 to 154	154 to 95	95 to 36	< 36
30	> 201	201 to 145	145 to 89	89 to 32	< 32
31	> 189	189 to 136	136 to 83	83 to 30	< 30
32	> 179	179 to 128	128 to 77	77 to 27	< 27
33	> 168	168 to 120	120 to 72	72 to 24	< 24
34	> 158	158 to 113	113 to 68	68 to 22	< 22
35	> 149	149 to 106	106 to 63	< 63	
36	> 141	141 to 100	100 to 59	< 59	
37	> 133	133 to 94	94 to 55	< 55	
38	> 125	125 to 88	88 to 52	< 52	
39	> 118	118 to 83	83 to 48	< 48	
40	> 111	111 to 78	78 to 45	< 45	

Şekil 19 *P. oceanica* çayırı alt sınır ortalama yoğunluklarına göre kategorilendirilmesi (UNEP/MAP-RAC/SPA, 2011).



	High	Good	Moderate	Poor	Bad
Depth (m)	> 34.2	34.2 to 30.4	30.4 to 26.6	26.6 to 22.8	< 22.8

Şekil 20 *P. oceanica* çayırlarının alt sınır derinliğine göre kategorilendirilmesi (UNEP/MAP-RAC/SPA, 2011).

Tablo 5. Çalışma alanındaki drop down kamera istasyonlarında tespit edilen taban yapıları.

İstasyon	Koordinat	Derinlik (m)	Taban Yapısı
1	38° 11.009'K - 26° 28.022'D	35,9	<i>P. oceanica</i> mat
2	38° 11.001'K - 26° 27.973'D	34,2	<i>P. oceanica</i>
3	38° 11.060'K - 26° 28.071'D	33,2	<i>P. oceanica</i>
4	38° 11.071'K - 26° 28.144'D	32,7	<i>P. oceanica</i>
5	38° 11.150'K - 26° 28.168'D	29,2	<i>P. oceanica</i>
6	38° 11.249'K - 26° 28.235'D	24,7	<i>P. oceanica</i>
7	38° 11.462'K - 26° 28.076'D	9,1	Çakıl ve <i>P. oceanica</i> parçalar halinde
8	38° 11.429'K - 26° 27.920'D	20,1	<i>P. oceanica</i>
9	38° 11.355'K - 26° 27.928'D	25	<i>P. oceanica</i>
10	38° 10.912'K - 26° 28.051'D	38,7	Çamur zemin
11	38° 11.019'K - 26° 28.038'D	28,6	<i>P. oceanica</i>
12	38° 11.136'K - 26° 28.121'D	35,5	<i>P. oceanica</i> mat
13	38° 11.381'K - 26° 28.121'D	14,3	<i>P. oceanica</i>



Tablo 6. Çalışma alanında drop down kamera ile gerçekleştirilen zemin görüntüleri.









St No	Koordinat ve derinlik Ekranı	Taban Yapısı
1		
2		
3		
4		

H.0

B.S.

DT



5		
6		
7		
8		

H.0

B.S.

Dr



9		
10		
11		
12		

H.0 B.S. 27



13



Kurulacak olan tesisin deniz ekosistemine ve özellikle deniz çayırlarına olan etkisinin azaltılması için öncelikle kurulum aşamasında sedimantasyona dikkat edilmeli mekanik hasar minimize edilebilecek teknikler kullanılması önerilir. Tesisin deşarj suyunun deniz çayırları alt sınırından sonra difüzör aracılığıyla verilmesi etkiyi azaltıcı bir durum yaratacaktır. Ayrıca deşarj suyu tuzluluk oranına göre seyreltme uygulaması seçenekler arasında düşünülebilir. Tesis kurulmadan önce bölgedeki uzun dönemli akıntı durumunun tespit edilmesi gelecekte oluşabilecek olumsuzlukları bertaraf etmede faydalı olacaktır.



#### 4. Sonuçlar ve Öneriler

İzmir Çeşme KTKGB proje alanı içerisinde ters ozmos yöntemiyle deniz suyundan tatlı su elde etmek amacıyla yapılması planlanan İçme ve Kullanma Suyu Arıtma Tesisinin kurulacağı alanın deniz tarafında yapılan saha çalışmaları bölgede deniz çayırlarının varlığını ortaya koymuştur. Akustik yöntemler ve sualtı gözlemleri ile yapılan çalışmalar deniz çayırlarının 35 metre derinliğe kadar yayıldıklarını göstermiştir. Bu daha önce gerçekleştirilen çalışmalar ile uyumludur (Dural ve ark., 2012). Nadir durumda (Ayvalık) en derin dağılımın 40 metre olduğu ölçülmüştür (Dural ve ark., 2012).

Bu doğrultuda yapılacak tesisten çıkacak çok tuzlu atık sularının en az 50 metre derinliğe doğru yöntemle verilmesi bölgedeki *Posidonia* yataklarını doğrudan etkilemeyeceği düşünülmektedir. 50 metre derinlik konturunun çalışma sahası kıyısından 1,5 km açıkta olduğu belirlenmiştir. Bu uzaklığın, Ergene deşarj hat uzunluğunun 4 km olması göz önünde tutulursa derin deşarj için uygun bir mesafe olduğu düşünülmektedir.

Aynı bölgede, Aralık 2015'de kafes balık yetiştiricilik tesisi için yapılan, ÇED çalışması kapsamında, Katip Çelebi Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Temel Bilimler ve Yetiştiricilik Bölüm Başkanlığınca hazırlanan raporda, dip yapısının 45 metre derinlikten itibaren 65-70 metreye kadar kumlu çamurlu bir yapıya sahip olduğu ve bu derinlikler arasında deniz çayırına rastlanmadığı yazılmaktadır. Çalışma kapsamında bu derinliklerden örnekler alınarak dip yapısı ve canlı kompozisyonu belirlenmiştir. Bu derinlik bandındaki tür çeşitliliğinin çok olmadığı, az miktarda poliket ve yumuşakça türlerine rastlandığı rapor edilmiştir. Bu bulgular ışığında, bölgede, yıllık akıntı yönü ve rejimi de dikkate alınarak, derin deşarjın en az 50 metre bandından yapılması, *Posidonia* ve diğer hassas alanlar için bir tehdit oluşturmayacağı düşünülmektedir. Özellikle deşarj hattının difüzörlü olması bu etkiyi oldukça azaltacaktır.



Tesisin yapım aşamasında derin deşarj hattının yapılacağı güzergâha detaylı jeolojik, hidrografik ve oşinografik çalışmalardan sonra karar verilmelidir. Bu kapsamda aşağıdaki çalışmaların yapılması önemlidir:

- Deniz tabanının ve taban altı yapının sığ sismik yöntemiyle haritalanması.
- Akıntı koşullarının yıllık döngüsünün anlaşılması için deşarjın yapılması planlanan bölgede en 1 yıl izlenmesi.
- *Posidonia* dağılım haritasının çıkarılması.
- *Posidonia* dışındaki türlerin genel dağılımının incelenmesi.
- Detaylı deniz suyu ölçüm ve analizlerinin yapılması.

Dünyanın %5 kadar su ihtiyacı 16,000 kadar desalinizasyon tesisi tarafından sağlanmaktadır. Önümüzdeki yıllarda bu sayının artması ülkemizin de bulunduğu kuşakta ve orta doğuda kaçınılmaz hale gelecektir. Konu üzerinde en çok tartışılan konu ise bu tesislerin atıklarının doğru şekilde bertaraf edilmesi ve özellikle deşarj alanının sürekli izlenmesidir.

İzmir Çeşme KTKGB Proje Alanına kurulması planlanan İçme ve Kullanma Suyu Arıtma Tesisi (Ters Ozmos) için aşağıdaki şartlar yerine getirilirse koruma kullanma dengesi en üst düzeyde olacaktır.

- Derin Deşarjla Atık Suyun en az 50 metre derine verilmesi.
- Tasarım aşamasında konsantr tuzlu suyun olası deşarj noktalarındaki canlı dağılımının ve hassas habitatların göz önünde bulundurulması,.
- Deşarjın Difüzörlü olması.
- Hattın Gececeği alanın iyi seçilmesi ve bozulan dip yapısının restore edilmesi.
- Deşarj Suyunun gerekli çevresel kriterler ve Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğinde belirtilen standartlar uyarınca seyreltilerek ve ön arıtma yapılarak verilmesi.
- Sisteme giren suyun doğru derinlikten alınması (kimyasal kullanımının en aza indirilmesi).
- Tesis devreye girdikten sonra deşarj bölgesinde periyodik izleme programı yapılması.



## 5. Kaynaklar

- Abdul-Wahab, S., 2007. Characterization of water discharges from two thermal power/desalination plants in Oman. *Environmental Engineering Science* 24 (3), 321e337.
- Agostino Tomasello, Germana Di Maida, Sebastiano Calvo., 2009. Maria Pirrotta, Marco Borra & Gabriele Procaccini. Seagrass meadows at the extreme of environmental tolerance: the case of *Posidonia oceanica* in a semi-enclosed coastal lagoon. *Marine Ecology* 30(2009) 288–300.
- Ahmad N, Baddour RE, 2014. A review of sources, effects, disposal methods, and regulations of brine into marine environments. *Ocean & Coastal Management* 87.
- Al-Mutaz, S.I., Al-Namlah, A.M., 2002. Characteristics of dual purpose MSF desalination plants. *Desalination* 166, 287e294.
- Altayaran, A., Madany, I., 1992. Impact of a desalination plant on the physical and chemical properties of seawater. *Bahrain. Water Research* 26 (4), 435e441.
- Astier J.M., (1984). Impact des aménagements littoraux de la rade de Toulon, liés aux techniques d'endigage, sur les herbiers à *Posidonia oceanica*. In: Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. (eds), *International Workshop on Posidonia oceanica beds, GIS Posidonie* publ., Marseille, Fr, 1: 255-259.
- Aurora Garrote-Moreno, Jose Miguel Sandoval-Gil, Juan M. Ruiz, Lázaro Marín-Guirao, Jaime Bernardeau-Esteller, Rocío García Muñoz & Jose Luis Sánchez-Lizaso., 2012. Tolerance of Mediterranean seagrasses (*Posidonia oceanica* and *Cymodocea nodosa*) to hypersaline stress: water relations and osmolyte concentrations. *Mar Biol* 159:1129–1141 DOI 10.1007/s00227-012-1892-y.
- Başaran Y., 2015. Türkiye’de Deniz Suyundan İçme Suyu Üretiminin Maliyet Değerlendirmesi. Uzmanlık Tezi, Orman ve Su İşleri Bakanlığı
- Bath, A., Shackleton, B., Botica, C., 2004. Development of temperature criteria for marine discharge from a large industrial seawater supplies project in Western Australia. *Water SA* 30 (5), 100e106.
- Bianchi C.N., Peirano A., (1995). *Atlante delle Fanerogame marine della Liguria. Posidonia oceanica e Cymodocea nodosa*. Centro Ricerche Ambiente Marino, ENEA publ., La Spezia, Ital.: 146 pp.
- Boudouresque C.F. and Meinesz A.,(1982). Découverte de l'herbier de Posidonie. *Cah. Parc nation. Port-Cros, Fr.*, 4: 1-79.
- Boudouresque, C.F., Graves, V., Meinesz, A., Pergent, G., Vitiello, P., (1994). L’herbier a *Posidonia oceanica* en Méditerranée: Protection Legale et Gestion. *Oceanos* 94, Colloque scientifique international “Villes des rivages et environnement littoral en Méditerranée”, Montpellier, Avril.
- Buia M.C., Gambi M.C., Dappiano M., (2004). Seagrass systems. In: Gambi M.C., Dappiano M. eds. *Mediterranean marine benthos: a manual of methods for its sampling and study*. *Biol. mar. Medit.* 11(suppl. 1): 133-183.



Cannesson, N., Johnstone, P., Mitchell, M., Boerlage, S., 2009. Community, environmental and marine impact minimization at the Gold Coast desalination plant. International Desalination Association World Congress on Desalination and Water Reuse.

Chesher, R., 1971. Biological impact of a large-scale desalination plant at Key West, Florida. In: Elsevier Oceanography Series, vol. 2, pp. 99e164.

Chessa L.A., Fresi E., (1994). Conservazione e gestione delle praterie di Posidonia. In: Monbailliu X., Torre A. (eds), La gestione degli ambienti costieri e insulari del Mediterraneo, Edizione del Sole publ., Ital.: 103-127.

Christie, S., Bonnelye, M., 2009. Perth, Australia: two year feed back on operational and environmental impact. International Desalination Association World Congress on Desalination and Water Reuse.

Cirik, Ş., Cirik, S., (1999). Su Bitkileri (Deniz Bitkilerinin Biyolojisi Ekolojisi yetiştirme Teknikleri) Ege Üniv. Su Ürünleri Fak. Yayın no:58. İzmir.

Cirik, Ş., Ünlüoğlu, A., Akçalı, B., (2001b). Akdeniz'deki yabancı ve yayılımcı deniz yosunları. Türkiye'nin Kıyı ve Deniz Alanları III. Ulusal Konferansı: Türkiye Kıyıları 2001, 26-29 Haziran 2001, İstanbul: pp:385-392.

Cirik, Ş., Akçalı, B., Ünlüoğlu, A., Lök, A., Metin, C., (2001a). Akdeniz'deki Yabancı ve Yayılımcı Caulerpa türleri. IV. Ulusal Ekoloji ve Çevre Kongresi. 6-8 Ekim 2001, Bodrum-Muğla: 135. Cirik Ş. ve Akçalı B., (2004). The situation of Caulerpa species around Turkish coasts. In: PNUE – PAN – RACSPA (ed.), Proceedings of the Second Mediterranean Symposium on Marine vegetation, Athens, 12-13 December 2003. p. 83-87.

Dural Berrin, Veysel Aysel, Nilsun Demir, Işın Yazıcı, Hüseyin Erduğan., 2012. The status of sensitive ecosystems along the Aegean coast of Turkey: *Posidonia oceanica* (L.) Delile meadows. J. Black Sea/ Mediterranean Environment Vol. 18, No. 3: 360-379 (2012).

Einav, R., Harussi, K., Perry, D., 2002. The footprint of the desalination processes on the environment. Desalination 153, 141e154.

Elhassadi, A., 2008. Pollution of water resources from industrial effluents: a case study e Benghazi, Libya. Desalination 222, 286e293.

Fernández-Torquemada Yolanda and José Luis Sánchez-Lizaso., 2005. Effects of salinity on leaf growth and survival of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology Volume 320, Issue 1, 15 June 2005, Pages 57-63.

Fernández-Torquemada, Y. and Sánchez-Lizaso, J.L., 2007. Monitoring of brine discharges from seawater desalination plants in the Mediterranean. Int. J. Environment and Health, Vol. 1, No. 3, pp.449-461.

Fernandez-Torquemed, Y., Sanchez-Lizaso, J., Gonzalez- Correa, J., 2005. Preliminary results of the monitoring of the brine discharge produced by the SWRO desalination plant of Alicante (SE Spain). Desalination 182, 395e402.

Gacia, E., Invers, O., Manzanera, M., Ballesteros, E., Romero, J., 2007. Impact of the brine from a desalination plant on a shallow seagrass (*Posidonia oceanica*) meadow. Estuarine, Coastal and Shelf Science 72, 579e590.



Gravez V., Nieri M., Boudouresque C.F., (1992). Surveillance de l'herbier de Posidonie de la baie du Prado (Marseille). Rapport de synthèse 1986-1992. Direction Générale des Services techniques de la Ville de Marseille and GIS Posidonie publ., Marseille, Fr.: 80 pp.

Hoepner, T., 1999. A procedure for environmental impact assessment (IEA) for seawater desalination plants. *Desalination* 124, 1e12.

Höpner, T., Windelberg, J., 1996. Elements of environmental impact studies on coastal desalination plants. *Desalination* 108, 11e18.

Jedy De Grissac, A.,(1989). Comte rendu de la reunion du groupe d'experts sur le livre rouge "Gerard Vuignier" des vegetaux, peuplements et paysages marins menaces de mediterranee. *Posidonia Newsletter*, 2, (2): 29-34.

Jirka, G., 2008. Improved discharge configurations for brine effluents from desalination plants. *Journal of Hydraulic Engineering* 134, 116e120.

José Luis Fuentes-Bargues. 2014., Analysis of the process of environmental impact assessment for seawaterdesalination plants in Spain.

Joseph Cotruvo, Nikolay Voutchkov, John Fawell, Pierre Payment, David Cunliffe and Sabine Lattemann, *Desalination technology: health and environmental impacts*, CRC Press, 2010.

Juan M. Ruíz, Lazaro Marín-Guirao and Jose M. Sandoval-Gil., 2009. Responses of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica* to in situ simulated salinity increase. *Botanica Marina* 52 (2009): 459–470. DOI 10.1515/BOT.2009.051

Kirst GO (1989) Salinity tolerance of eukaryotic marine algae. *Annu. Rev Plant Physiol Mol Biol* 40:21–53

Lattemann, S., Hoöpner, T., 2008. Environmental impact and impact assessment of seawater desalination. *Desalination* 220, 1e15.

Lázaro Marín-Guirao, Jose Miguel Sandoval-Gil, Jaime Bernardeau-Estellera, Juan Manuel Ruíz, Jose Luis Sánchez-Lizaso., 2013. Responses of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica* to hypersaline stress duration and recovery. *Marine Environmental Research* 84 (2013) 60-75  
Lipkin, Y. (1975). *Halophila stipulacea*, a review of a successful immigration. *Aquatic Botany*, 1, 203-215.

Loreen O. Villacorte, S. Assiyeh Alizadeh Tabatabai, Donald M. Anderson, Gary L. Amy, Jan C. Schippers and Maria D. Kennedy., 2015. "Seawater reverse osmosis desalination and (harmful) algal blooms", *Desalination*, vol. 360, pp. 61-80.

Mabrook, M., 1994. Environmental impact of waste brine disposal of desalination plants, Red Sea, Egypt. *Desalination* 97, 453e465.

Malfeito, J., Diaz-Caneja, J., Farinas, M., Fernandez- Torrequemada, Y., Gonzalez-Correa, J., Carratala´ -Gime´ nez, A., Sa nchez-Lizaso, J., 2005. Brine discharge from the Javea desalination plant. *Desalination* 185, 87e94.

Maliva R.G., and T.M. Missimer., 2012. Environmental issues in desalination, chapter 28. R.G. Maliva, T.M. Missimer (Eds.), *Arid Lands Water Evaluation and Management*, Springer-Verlag, Heidelberg, Germany (2012), pp. 749-769



- Matsumoto, J.K., Martin, K.L.M., 2008. Lethal and sublethal effects of altered sand salinity on embryos of beach-spawning California Grunion. *Mar. Biol. Res. Division* 2, 484e491.
- McLellan, Thomas N., Randall, Robert E., 1986. Measurement of brine jet height and dilution. *J. Waterway, Port, Coastal Ocean Eng.* 112 (2), 200e216.
- Meinesz A., Caye G., Loques F., Molenaar H., (1991). Restoration Of Damaged Areas With Transplantation Of Seagrasses In The Mediterranean: Review And Perspectives. I. Marine Phytobenthos Studies And Their Applications, *Oebalia*, 17 (I. Suppl.), pp: 131-142.
- Meinesz A., S., Cirik, B. Akcali, F. Javel, M. Migliaccio, T. Thibaut, A. Yüksek, G. Procaccini., 2009. *Posidonia oceanica* in the Marmara Sea. *Aquatic Botany* 90 (2009) 18–22.
- Mohamed A. Dawoud., 2012. "Environmental impacts of seawater desalination: Arabian Gulf case study", *International Journal of Environment and Sustainability*, vol. 1.3,.
- Nasr Hussein, Mohsen Yousef, Hashem Madkour., 2019. Impacts of Discharge of Desalination Plants on Marine Environment at the Southern Part of the Egyptian Red Sea Coast (Case Study). *International Journal of Ecotoxicology and Ecobiology*. 2019; 4(3): 81-85.
- National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA), 1978. Analysis of Brine Disposal in the Gulf of Mexico: Bioassays Results, Report to the Department of Energy and Strategic Petroleum Reserve Program, Salt Dome Storage, Washington.
- Pérés J.M., (1984). La régression des herbiers à *Posidonia oceanica*. In: Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. (eds), *International Workshop on Posidonia oceanica beds, GIS Posidonie publ.*, Marseille, Fr. : 445-454.
- Pergent, M. C., (1994). Primary Production of *Posidonia oceanica* in Mediterranean Basin. *Marine Biology* 120 : 9-15.
- Pergent-Martini, C., Pasquilini, V., Pergent, G., (1994a). Monitoring of the *Posidonia oceanica* meadow proximity to the sea outfall from the sewage treatment plant Marseille (Mediterranean-FRANCE). In proceed , on EARSEL Workshop "Remote sensing and GIS for coastal zone management.", 24-26 October 1994-Delft, L.L.F. Janssen & R. Alleving edit., Rijkswaterstaat, Survey Dept., Publ.,: 267-275.
- Pergent-Martini, C., Pergent, G., Rico-Raimondino, V., (1994b). *Posidonia oceanica* beds, a biological indicator of marine environment quality. Colloque scientifique international "le système littoral Méditerranée, Montpellier : 207-212.
- Pergent-Martini, C., Rico-Raimondino V., Boudouresque C.F., Pergent G., (1994c). Impact des nutriments sur la croissance de *Posidonia oceanica*. Final Workshop CCE *Posidonia 94* Bruxelles (Belgique), Janvier.
- Pergent-Martini, C., Rico-Raimondino V., Pergent G., (1994d). Impacts des nutriments sur les herbiers il *Posidonia oceanica* – Données préliminaires. Séminaires Européens "De l'étude il l'aménagement des eaux lagunaires et cotières", Sete, 29-30 Mars.
- Pillard, D.A., DuFresne, D.L., Tietge, J.E., Evans, J., 1999. Response of mysid shrimp (*mysidopsis bahia*), sheepshead minnow (*cyprinodon variegatus*), and inland silverside minnow (*menidia beryllina*) to changes in artificial seawater salinity. *Environ. Toxicol. Chem.* 18, 430e435.



- Plan, B. (2005). A sustainable future for the Mediterranean. The Blue Plan's Environment & Development Outlook. Edited by Guillaume Benoit & Aline Comeau. Earthscan, London.
- Port, C., Roddy, S., Trousdale, S., 2009. Sydney's SWRO project e working towards sustainability. The International Desalination and Water Reuse Quarterly 18 (4), 21e33.
- Purnama, A., Al-Barwani, H., Smith, R., 2005. Calculating the environmental cost of seawater desalination in the Arabian marginal seas. Desalination 185, 79e86.
- Purnama, Anton, 2011. Analytical model for brine discharges from a sea outfall with multiport diffusers. World Acad. Sci., Eng. Technol. 80, 57e61.
- Raventos, N., Macpherson, E., Garcí'a-Rubie's, A., 2006. Effect of brine discharge from a desalination plant on macrobenthic communities in the NW Mediterranean. Marine Environmental Research 62, 1e14.
- Relini G., Giaccone G., (2009). Priority habitats according to the SPA/BIO Protocol (Barcelona Convention) present in Italy. Identification sheets. Biologia Marina Mediterranea. 16(1): 1-372.
- Rico-Raimondino V., Pergent-Martini C., Boudouresque C.F., Bougerol X., Bouquegneau J.M., Guerrini P., Pergent G.,(1994). Concentration et memorisation des metaux traces par Posidonia oceanica. Final Workshop CCE Posidonia 94 Bruxelles (Belgique), Janvier.
- Roberts David A., Emma L. Johnston, Nathan A. Knott, 2010. Impacts of desalination plant discharges on the marine environment: A critical review of published studies. Water Research, Volume 44, Issue 18, Pages 5117-5128, <https://doi.org/10.1016/j.watres.2010.04.036>.
- Ruso Yoana Del-Pilar, Elena Martinez-Garcia, Francisca Giménez-Casalduero, Angel Loya-Fernández, Luis Miguel, Ferrero-Vicente, Candela Marco-Méndez, Jose Antoniode-la-Ossa-Carretero, José Luis, Sánchez-Lizaso., 2015. Benthic community recovery from brine impact after the implementation of mitigation measures Water Research Volume 70, 1 March 2015, Pages 325-336.
- Ruso, Y., Carretero, J., Casalduero, F., Lizaso, J., 2007. Spatial and temporal changes in infaunal communities inhabiting soft- bottoms affected by brine discharge. Marine Environmental Research 64, 492e503.
- Sadhwani, J., Veza, J., Santana, C., 2005. Case studies on environmental impact of seawater desalination. Desalination 185, 1e8.
- Safrai, I., Zask, A., 2008. Reverse osmosis desalination plants e marine environmentalist regulator point of view. Desalination 220, 72e84.
- Shao, D., Law, A., 2009. Salinity build-up due to brine discharges into shallow coastal waters. Modern Physics Letters B 23 (3), 541e544.
- Sherman, Richard G., Gay, Michael, Ast, Willem Van, Chin, Kenneth S., 1994. Tunneling Underground Space Technol. 9 (3), 309e322.
- Talavera, J., Ruiz, J., 2001. Identification of the mixing processes in brine discharges carried out in Barranco del Toro Beach, south of Gran Canaria (Canary Islands). Desalination 139, 277e286.



Tarnackia K., Menesesb, T. Melina, J. van Medevoortc, A. Jansen., 2012. Environmental assessment of desalination processes: Reverse osmosis and Memstill®M. / Desalination 296 (2012) 69–80, © 2012 Elsevier B.V. All rights reserved.doi:10.1016/j.desal.2012.04.009.

Terrados J., Borum J.(2004). European Seagrasses: An Introduction to Monitoring and Management. “Why are Seagrasses important? – Good and Services provided by seagrass meadows” Ed. J. Borum, CM Duarte, D Krause Jensen and TM Greve Chapter 2 (8-10).

Trousdale, S., Henderson, E., 2009. Sydney’s desalination plant: addressing environmental issues using innovative design, planning and monitoring. International Desalination Association World Congress on Desalination and Water Reuse.

UNEP/MAP-RAC/SPA, 2011. Draft Guidelines for the Standardization of Mapping and Monitoring Methods of Marine Magnoliophyta in the Mediterranean. Tenth Meeting of Focal Points for SPAs Marseilles, France, 17-20 May 2011, RAC/SPA Publ., , UNEP(DEPI)/MED WG 359/9. 1-63.

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.