



2007-680



**TÜRKİYE BİLİMSEL VE TEKNOLOJİK ARAŞTIRMA KURUMU**  
THE SCIENTIFIC AND TECHNOLOGICAL RESEARCH COUNCIL OF TURKEY

**Çevre, Atmosfer, Yer ve Deniz Bilimleri Araştırma Grubu**  
Environment, Atmospheric, Earth and Marine Sciences Research Grant Group

Q/ 97692

**Proje No: 105Y023**

***Posidonia oceanica* Çayırlarının Levant Denizi'nde  
Bulunmama Nedenlerinin Araştırılması**

Billur ÇELEBİ  
Doç.Dr. Ali Cemal GÜCÜ  
Meltem OK  
Serdar SAKINAN

HAZİRAN 2007  
MERSİN

## ÖNSÖZ

*Posidonia oceanica* Akdeniz'e has bir deniz çayırı olup günümüz koşullarında Akdeniz ekosistemindeki gerek doğal gerek insan kaynaklı değişikliklerin biyolojik göstergesi olarak kullanılmaktadır. Bu önemi dolayısıyla denizlerimizdeki ekolojik dengenin incelenmesine ve korunmasına yönelik kilit bir tür olma özelliği taşımaktadır. İşte bu sebeple Akdeniz'in doğusu olarak kabul edilen ve hidrografik özellikleri açısından Batı Akdeniz'den farklılık gösteren Levant Denizi'nin kuzeyinde, yani Türkiye'nin doğu Akdeniz kıyılarında *Posidonia oceanica* çayırlarının Mersin ili sınırları içinde kalan bir noktada sonlanması dikkat çekicidir. Bu çalışmada Levant Denizi'nin bazı kritik hidrografik özellikleri belirlenerek, bu özelliklerin *Posidonia oceanica* çayırlarının dağılımı üzerindeki etkilerini incelenmiştir.

Ayrıca bu çalışma sonucunda Levant Denizi'nde doğal olarak bulunmayan *Posidonia oceanica* çayırlarının Türkiye kıyılarında ilk defa denenilen transplantasyon yöntemi ile bölgede yaşayabildiği gözlenmiştir. Bu yöntemin uygulanabilirliğinin belirlenmesi sayesinde kıyılarımız boyunca hasar görmüş *Posidonia oceanica* çayırlarının iyileştirilmesine ve sağlıklı çayırların daha etkin korunmasına yönelik çalışmaların önem kazanacağına inanıyorum.

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından ÇAYDAG 105Y023 nolu proje çerçevesinde başlatılmış ve ÇAYDAG 104Y028 nolu projenin de desteği ile tamamlanmıştır. Çalışmanın sonuçları ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsü Deniz Biyolojisi ve Balıkçılık bölümünde tarafımdan yürütülen yüksek lisans tezine kaynak olmuştur. TÜBİTAK Çevre, Atmosfer, Yer ve Deniz Bilimleri Araştırma Grubuna verdikleri destekten ötürü teşekkür ederim.

Bu proje öngörülen sürede tamamlanmış olup bölgede bu konuda gerçekleştirilen ilk çalışma olma özelliğini taşımaktadır. Bu nedenle elde edilen bulguların bölgede türün dağılımı hakkında birçok bilinmeyene ışık tutarak, ileriki çalışmalara kaynak olabileceğine inanıyorum.

Billur Çelebi  
Proje Yürütücüsü

## İÇİNDEKİLER

|   |    |
|---|----|
| Önsöz.....  | 2  |
| İçindekiler.....  | 3  |
| Tablo Listesi.....  | 4  |
| Şekil Listesi.....  | 5  |
| ÖZET.....   | 7  |
| ABSTRACT.....   | 8  |
| 1. GİRİŞ.....   | 9  |
| 2. GEREÇ VE YÖNTEM.....   | 10 |
| 2.1 Sıcaklık kayıt cihazlarının (Temperature data logger) yerleştirilmesi.....    | 13 |
| 2.2 CTD ve ADCP ölçümleri.....  | 14 |
| 2.3 <i>Posidonia oceanica</i> deniz çayırı parametreleri.....                     | 18 |
| 2.4 Lepidokronoloj ve fenoloji analizleri.....                                    | 19 |
| 2.5 <i>Posidonia oceanica</i> deniz çayırı nakil ve ekimi (transplantasyonu)..... | 20 |
| 3. BULGULAR VE TARTIŞMA.....  | 22 |
| 3.1 Fiziksel faktörler.....   | 22 |
| 3.1.1 Sıcaklık.....   | 22 |
| 3.1.2 Işık.....   | 30 |
| 3.1.3 Tuzluluk.....   | 39 |
| 3.1.4 Akıntı.....   | 41 |
| 3.2 <i>Posidonia oceanica</i> deniz çayırı parametreleri.....                     | 41 |
| 3.3 Lepidokronoloj ve fenoloji analiz sonuçları.....                              | 45 |
| 3.4 <i>Posidonia oceanica</i> deniz çayırı nakil ve ekimi (transplantasyonu)..... | 51 |
| 4. SONUÇ VE ÖNERİLER.....   | 53 |
| 5. REFERANSLAR.....   | 54 |
| EK 1.....   | vi |
| EK 2.....   | 58 |
| Ek 3.....   | 59 |
| PROJE ÖZET BİLGİ FORMU.....   | 62 |



## TABLO LİSTESİ

|   |    |
|---|----|
| Tablo 1. Sefer tarihleri ve yerleri .....   | 12 |
| Tablo 2. Bölgelere göre yapılan örneklemler .....   | 12 |
| Tablo 3. Deniz suyu sıcaklık ölçer cihazların kurulum tarihleri .....   | 14 |
| Tablo 4. Transplantasyon deneyi bilgileri .....   | 21 |
| Tablo 5. 1. kurulum sırasında 28.4°C' den (Maksimum tolere edilebilecek deniz suyu sıcaklığı) daha yüksek sıcaklıklara maruz kalma süresi ..... | 30 |
| Tablo 6. Çayır parametreleri sonuçları .....  | 41 |
| Tablo 7. Fenoloji sonuçları .....   | 48 |
| Şekil 8. Sıcaklık kayıt cihazları ile alınan deniz suyu sıcaklıkları .....  |    |
| Şekil 9. Sıcaklık kayıt cihazları ile alınan ovuz suyu sıcaklıkları .....   |    |
| Şekil 10. Maksimum tolere edilebilecek deniz suyu sıcaklığına ilişkin .....   |    |
| Şekil 11. Oluşan deniz suyu pH geçişleri için yapılan çayır parametreleri .....   |    |
| Şekil 12. pH geçişlerinin başı olarak Posidonia obovata için yapılan .....  |    |
| Şekil 13. pH geçişlerinin başı olarak Posidonia obovata için yapılan .....  |    |
| Şekil 14. pH geçişlerinin başı olarak Posidonia obovata için yapılan .....  |    |
| Şekil 15. pH geçişlerinin başı olarak Posidonia obovata için yapılan .....  |    |
| Şekil 16. pH geçişlerinin başı olarak Posidonia obovata için yapılan .....  |    |
| Şekil 17. pH geçişlerinin başı olarak Posidonia obovata için yapılan .....  |    |
| Şekil 18. pH geçişlerinin başı olarak Posidonia obovata için yapılan .....  |    |
| Şekil 19. pH geçişlerinin başı olarak Posidonia obovata için yapılan .....  |    |
| Şekil 20. Çayır Akümü sistemi .....   |    |
| Şekil 21. Posidonia obovata için yapılan .....  |    |
| Şekil 22. Posidonia obovata için yapılan .....  |    |
| Şekil 23. Sediment lense (dijital) .....  |    |

## ŞEKİL LİSTESİ

|  |    |
|--|----|
| Şekil 1. Çalışma alanı .....   | 11 |
| Şekil 2. Deniz suyu sıcaklık ölçer cihazların yerleştirildiği istasyonlar.....   | 13 |
| Şekil 3. CTD ölçüm istasyonları (Kasım 2004, Aralık 2004, Haziran 2005).....   | 15 |
| Şekil 4. Dikey deniz suyu sıcaklık profilleri (kırmızı renk <i>Posidonia oceanica</i> olmayan istasyonları, yeşil renk <i>Posidonia oceanica</i> olan istasyonları göstermektedir).....  | 22 |
| Şekil 5. Sıcaklık kayıt cihazları ile alınan deniz suyu sıcaklıkları .....   | 24 |
| Şekil 6. Sıcaklık kayıt cihazları ile alınan deniz suyu sıcaklıkları .....   | 25 |
| Şekil 7. Sıcaklık kayıt cihazları ile alınan deniz suyu sıcaklıkları .....   | 26 |
| Şekil 8. Sıcaklık kayıt cihazları ile alınan deniz suyu sıcaklıkları .....   | 27 |
| Şekil 9. Sıcaklık kayıt cihazları ile alınan deniz suyu sıcaklıkları .....   | 28 |
| Şekil 10. Maksimum tolere edilebilecek deniz suyu sıcaklığının belirlenmesi .....  | 29 |
| Şekil 11. Dikey deniz suyu ışık geçirgenliği profilleri (kırmızı renk <i>Posidonia oceanica</i> olmayan istasyonları, yeşil renk <i>Posidonia oceanica</i> olan istasyonları göstermektedir).....  | 31 |
| Şekil 12. ışık geçirgenliğine bağlı olarak <i>Posidonia oceanica</i> 'nın yaşayabileceği teorik maksimum derinlikler ("•" istasyonları, "□" ve "Δ" yüzey ışımalarının %11'nin 10 metreden daha derine indiği istasyonları göstermektedir, derinlikler ölçekli olarak belirtilmiştir) ..... | 33 |
| Şekil 13. ışık geçirgenliğine bağlı olarak <i>Posidonia oceanica</i> 'nın yaşayabileceği teorik maksimum derinlikler ("•" istasyonları, "□" ve "Δ" yüzey ışımalarının %11'nin 10 metreden daha derine indiği istasyonları göstermektedir, derinlikler ölçekli olarak belirtilmiştir) ..... | 34 |
| Şekil 14. ışık geçirgenliğine bağlı olarak <i>Posidonia oceanica</i> 'nın yaşayabileceği teorik maksimum derinlikler ("•" istasyonları, "□" ve "Δ" yüzey ışımalarının %11'nin 10 metreden daha derine indiği istasyonları göstermektedir, derinlikler ölçekli olarak belirtilmiştir) ..... | 35 |
| Şekil 15. ışık geçirgenliğine bağlı olarak <i>Posidonia oceanica</i> 'nın yaşayabileceği teorik maksimum derinlikler ("•" istasyonları, "□" ve "Δ" yüzey ışımalarının %11'nin 10 metreden daha derine indiği istasyonları göstermektedir, derinlikler ölçekli olarak belirtilmiştir) ..... | 36 |
| Şekil 16. ışık geçirgenliğine bağlı olarak <i>Posidonia oceanica</i> 'nın yaşayabileceği teorik maksimum derinlikler ("•" istasyonları, "□" ve "Δ" yüzey ışımalarının %11'nin 10 metreden daha derine indiği istasyonları göstermektedir, derinlikler ölçekli olarak belirtilmiştir) ..... | 37 |
| Şekil 17. teorik derinlik limitinin istasyon derinliğine oranı ( "o" <i>Posidonia oceanica</i> olmayan istasyonlar, "Δ" <i>Posidonia oceanica</i> olan istasyonlar).....   | 38 |
| Şekil 18. teorik derinlik limitinin istasyon derinliğine oranınının 1 den büyük olduğu istasyonlar ölçekli olarak "□" ile belirtilmiştir ( "•" ölçüm yapılan tüm istasyonları göstermektedir).....   | 38 |
| Şekil 19. Dikey deniz suyu tuzluluk profilleri (kırmızı renk <i>Posidonia oceanica</i> olmayan istasyonları, yeşil renk <i>Posidonia oceanica</i> olan istasyonları göstermektedir).....   | 39 |
| Şekil 20. Genel Akıntı sistemi .....   | 41 |
| Şekil 21. <i>Posidonia oceanica</i> filiz yoğunluğunun derinliğe bağlı değişimi .....  | 42 |
| Şekil 22. <i>Posidonia oceanica</i> filizlerinin en uzun yaprak boylarının derinliğe bağlı değişimi.....   | 43 |
| Şekil 23. Sediman tane boyu analizi sonuçları.....   | 44 |

|   |    |
|---|----|
| Şekil 24. Sediman CaCO <sub>3</sub> konsantrasyonları ..... | 44 |
| Şekil 25. Lepidokronoloji sonuçları .....                   | 46 |
| Şekil 26. Fenoloji sonuçları .....                          | 50 |
| Şekil 27. Transplantasyon sonuçları .....                   | 52 |

## ÖZET

*Posidonia oceanica* Akdeniz'e endemik bir tür olup Batı Akdeniz'de Cebelitarık boğazının doğusuna kadar uzanırken Kuzey Doğu Akdeniz'de (Levant denizinde) Türkiye'nin Akdeniz kıyılarında Mersin ili sahillerinde sonlanmaktadır. TÜBİTAK 104Y028 nolu proje kapsamında belirlenen ve takip edilen sınırı oluşturan *Posidonia oceanica* deniz çayırlarının daha doğuda neden bulunmadığı bölgenin mevcut fiziksel özelliklerinin incelenmesi ile araştırılmıştır. Bulunmaması için bir neden olmama olasılığı göz önüne alınarak uygun alanlarda uygun derinlik ve dip yapısında *Posidonia oceanica* deniz çayı ekimi gerçekleştirilmiştir.

*Posidonia oceanica*'nın çalışma alanında bulunmamasında yüksek deniz suyu sıcaklığının, düşük ışık geçirgenliğinin, batıya yönelik akıntı sisteminin, dip trollerinin neden olduğu mekanik tahribatın ve otlama baskısının etkin olabileceği ortaya çıkarılmıştır.

Türkiye'de ilk defa denenen *Posidonia oceanica* transplantasyon yöntemi başarıyla uygulanmış, sonuçlar türün yayılımını engelleyebilecek faktörleri ortaya koymuştur. En etkin faktörün sıcaklık olduğu tahmin edilirken bu deney sırasında en sıcak bölgede dahi ekilen filizlerin 1 seneden fazla yaşaması türün coğrafik dağılımının sınırlandırılmasında sadece tek faktörün değil birçok etkileşimin birlikte rol oynuyor olabileceğini ortaya koymuştur.

**Anahtar Kelimeler:** *Posidonia oceanica*, Levant Denizi, Deniz suyu sıcaklıkları, Transplantasyon, Küresel ısınma

## ABSTRACT

*Posidonia oceanica* is an endemic seagrass species to the Mediterranean Sea. In Western Mediterranean it extends up to the east of Gibraltar strait whereas along the North Eastern Mediterranean it ends up in Turkey around Mersin coasts. During the Project 104Y028 the boundary for *Posidonia oceanica* meadows in Levant Sea (Eastern Mediterranean) was determined and followed. Within the present project by investigating the physical properties of seawater it was tried to answer why this species is not present to the east of that boundary in Mersin. Additionally it was considered that there may be no reasons for the absence of *Posidonia oceanica* meadows in the study area. For that purpose *Posidonia oceanica* shoots were transplanted to proper depth and sediment types.

According to the present study it was found that high seawater temperature, low light penetration, currents directed to west, mechanical damage due to the bottom trawlers and grazing may be the factors causing the absence of *Posidonia oceanica* meadows eastward of the boundary meadow.

Within this project the first transplantation experiment of *Posidonia oceanica* in Turkish Mediterranean coasts was completed successfully. The results outlined possible factors that may inhibit the distribution of *Posidonia oceanica* meadows in eastern Mediterranean. Although it was thought previously the most effective factor to be the temperature, the survival of the transplanted *Posidonia oceanica* shoots more than 1 year proofed that there may be more factors and they may act together.

**Key words:** *Posidonia oceanica*, Levant Sea, Seawater Temperature, Transplantation, Global warming



## 1. GİRİŞ

*Posidonia oceanica* Akdeniz'e has çiçekli bir deniz bitkisi olup oluşturduğu kompleks ekosistem sayesinde ekolojik ve ekonomik açılardan oldukça önemli bir role sahiptir (BORUM ve ark., 2004). Bulunduğu yerlerde içinde barındırdığı zengin biyoçeşitlilik dışındaki faydaları arasında birincil üretim sayesinde ürettiği oksijen ve organik maddeler ile besin zincirinin üst basamaklarına katkıda bulunması, sedimanı ve deniz suyunu filtre ederek su kalitesini artırması, kıyisal erozyona engel olması sayılabilir (GREEN ve SHORT, 2003).

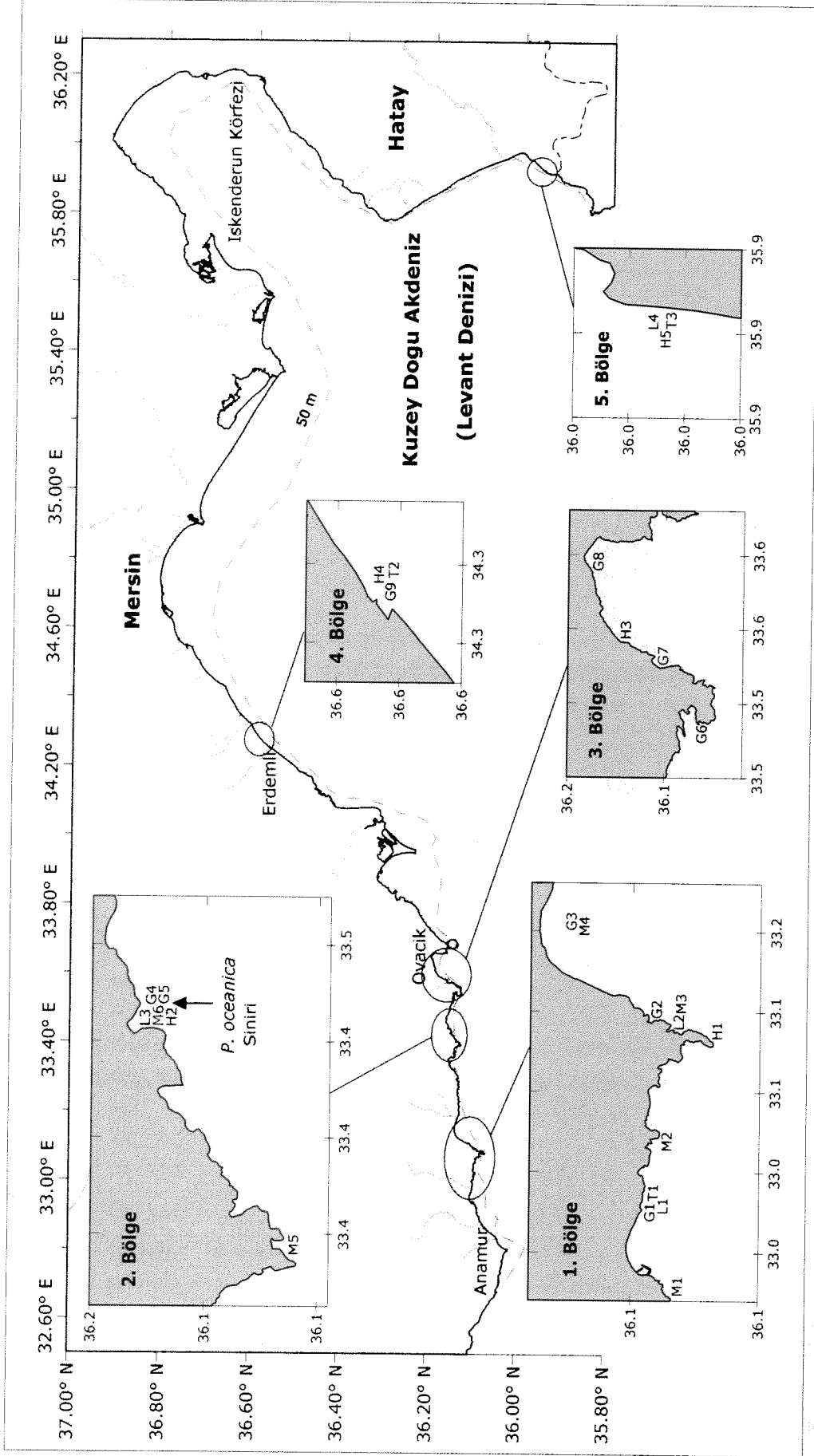
*Posidonia oceanica* bu önemi nedeni ile 1 Mayıs 1992 tarihli Habitat Direktifince (92/43/EEC) Akdeniz'deki koruma öncelikli yaşam alanları arasında yer almaktadır (Annex II). Ayrıca ülkemizin de taraf olduğu Barselona (1995) anlaşmasının Özel Çevre Koruma Alanları ve Biyolojik Çeşitlilik Protokolünde Tehdit ve Tehlike altındaki türler listesinde de (Annex II) bulunmaktadır (URL 1). Uluslararası anlaşmaların yanı sıra ulusal kanunlarca da koruma altına alınmış bir türdür (Su Ürünleri Sirküleri – Madde 6). Ancak günümüzde türün sağlığını ve dağılımını tehdit eden bir çok unsur bulunmaktadır. Bunlar arasında en önemlisi insanın direk yada dolaylı olarak doğaya verdiği zararlar yer almaktadır (DUARTE, 2002). Dip trolü, çapa taraması gibi mekanik zararlar, kirlilik (Eutrophication), kıyisal yapılaşma ve plaj düzenlemeleri, balık çiftlikleri direk tehditler altında sayılabilir. Daha geniş çaplı ve uzun vadede etki eden faktörler arasında küresel ısınma, deniz seviyesinin yükselmesi, besin zincirindeki değişimler, istilacı türlerin dağılımı gibi küresel değişimler yer almaktadır.

Bu derecede önemli olması ve biyolojik indikatör olarak kullanılması *Posidonia oceanica* deniz çayırlarının bu etkiler sonucundaki değişimlerinin incelenmesini önemli bir çalışma konusu haline getirmektedir. Batı Akdeniz'de bu konuda bir çok çalışma yürütülmektedir (GREEN ve SHORT, 2003; LARKUM ve ark., 2006). Ancak ülkemiz kıyılarında şimdiye kadar Doğu Akdeniz'de yürütülen çalışmalar çok kısıtlı ve az sayıda kalmıştır (CIRIK, 1986; AYSEL ve ark., 2006 a,b,c). Mersin ili sınırları içinde kalan Kızılliman Deniz Koruma Alanında 2004 yılında başlatılan 104Y028 nolu proje çerçevesinde *Posidonia oceanica*'nın dağılımı ve sağlıklılığını da içine alan bir araştırma başlatılmıştır. Ancak söz konusu projenin amaç ve kapsamı dikkate alındığında türün Doğu Akdeniz'deki dağılımına net cevap veremeyeceği düşünülerek konunun tek bir başlık altında daha detaylı incelenmesi için ek bir projeye ihtiyaç duyulmuştur. Bu proje (105Y023) ile amaçlanan *Posidonia oceanica* deniz çayırlarının doğu Akdeniz'de Mersin ili sınırları içerisinde sonlanıp daha doğuda bulunmamasına neden olabilecek etkenlerin araştırılması ve değerlendirilmesine yöneliktir. Eski kayıtlara göre *Posidonia oceanica* bulunan yerlerde günümüzde yok olmuş olmaları öncelikle var olan ve olmayan yerlerde deniz suyunun fiziksel özelliklerindeki farklılık ve değişimlerin incelenmesini gerektirmiştir. Ek olarak günümüzde *Posidonia oceanica* bulunmayan bazı bölgelerde bu türün ekim dikim (Transplantasyon) çalışmaları gerçekleştirilmiş ve türün bölgede bulunmamasına veya yok olmasına neden olabilecek diğer etmenlere cevap aranmıştır.

## 2. GEREÇ VE YÖNTEM

ÇAYDAG 104Y028 nolu proje sürecinde ortaya çıkan bilimsel bir sorunun cevaplanmasına yönelik bu ara destek proje ile çalışma alanı belirtilen diğer proje alanını da içine alacak şekilde Mersin'in Anamur ilçesinden Hatay'ın Samandağ ilçesine kadar genişletilmiştir (Şekil 1). Örneklemeler belirtilen alan içinde kalan 5 ana bölgede yoğunlaştırılmıştır. Bu bölgelerden 1 ve 2 numaralı alanda *Posidonia oceanica* çayırları doğal olarak bulunmakta; diğer 3 bölgede ise bulunmamaktadır. 2 numaralı bölge *Posidonia oceanica* deniz çayırlarının Kuzey Doğu Akdeniz'deki coğrafi dağılımının sınırını (GÜCÜ ve GÜCÜ, 2002) içerdiğinden ayrı bir öneme sahiptir.

*Posidonia oceanica*'nın Levant Denizi'nde (Kuzey Doğu Akdeniz) bulunmama nedenleri türün bulunduğu ve bulunmadığı bölgelerde karşılaştırmalı olarak 5 ana yöntem uygulanarak araştırılmıştır. Bu amaçlar doğrultusunda bu proje (ÇAYDAG 105Y023) kapsamında ve ardışık olarak yürütülen YDABAG 104Y028 nolu araştırma projesi sırasında gerçekleştirilen arazi çalışmaları Tablo 1'de belirtilmiştir. Ayrıca ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsü tarafından aynı alanda ve aynı tarihlerde yürütülmüş olan diğer çalışmaların sonuçlarından da yararlanılmıştır. Detayları alt başlıklar altında açıklanacak yöntemlerin uygulandığı istasyonlara (Şekil 1) ve örneklem tarihlerine ilişkin bilgiler bölgelere göre Tablo 2'de özetlenmiştir (CTD prob istasyonları için bkz. Bölüm 2.2, Şekil 3).



Şekil 1. Çalışma alanı



Tablo 1. Sefer tarihleri ve yerleri

| SEFER TARİHİ         | PROJE NO | GİDİLEN YER                         |
|----------------------|----------|-------------------------------------|
| 17 – 26 Haziran 2005 | 105Y023  | Anamur / Mersin                     |
| 8 – 9 Ağustos 2005   | 105Y023  | Anamur / Mersin<br>Samandağ / Hatay |
| 9 – 12 Eylül 2005    | 104Y028  | Anamur / Mersin                     |
| 15 – 16 Ekim 2005    | 104Y028  | Anamur / Mersin                     |
| 9 – 14 Kasım 2005    | 104Y028  | Anamur / Mersin                     |
| 21 -24 Aralık 2005   | 105Y023  | Anamur / Mersin                     |
| 22 – 26 Ocak 2006    | 105Y023  | Anamur / Mersin<br>Samandağ / Hatay |
| 5 – 8 Mayıs 2006     | 105Y023  | Samandağ / Hatay                    |

Tablo 2. Bölgelere göre yapılan örneklemeler

| BÖLGE | İSTASYON KODU / DERİNLİK | ENLEM       | BOYLAM          | ÖRNEKLEME                  | TARİH                  |
|-------|--------------------------|-------------|-----------------|----------------------------|------------------------|
| 1     | H1 / 10m                 | N36°04.203' | E33°04.901'     | Sıcaklık Kayıt Cihazı      | 08.2005 – 07.2006      |
|       | H1 / 15m                 | N36°04.209' | E33°04.921'     | Sıcaklık Kayıt Cihazı      | 08.2005 – 12.2006      |
|       | G1 / 5m                  | N36°05.821' | E32°58.667'     | Sediman Analizi            | 22.12.2005             |
|       | G2 / 10m                 | N36°05.671' | E33°05.718'     | Sediman Analizi            | 22.12.2005             |
|       | G3 / 30m                 | N36°07.143' | E33°09.060'     | Sediman Analizi            | 13.12.2005             |
|       | M1 *                     | N36°04.960' | E32°55.860'     | Çayır Parametreleri        | 09.05.2005             |
|       | M2 *                     | N36°05.130' | E33°01.470'     | Çayır Parametreleri        | 24.06.2005             |
|       | M3 *                     | N36°05.050' | E33°05.370'     | Çayır Parametreleri        | 22.12.2005             |
|       | M4 *                     | N36°06.970' | E33°09.180'     | Çayır Parametreleri        | 24.06.2005             |
|       | L1 / 15M                 | N36°05.640' | E32°58.540'     | Lepidokronoloji – Fenoloji | 17.10.2006             |
|       | L2 / 10m                 | N36°05.120' | E33°05.390'     | Lepidokronoloji – Fenoloji | 22.12.2005             |
|       | L2 / 15m                 | N36°05.110' | E33°05.320'     | Lepidokronoloji – Fenoloji | 22.12.2005             |
| T1 †  | N36°05.760'              | E32°58.667' | Transplantasyon | 12.2004 – 10. 2006         |                        |
| 2     | H2 / 10m                 | N36°09.246' | E33°26.716'     | Sıcaklık Kayıt Cihazı      | 08.2005 – 12.2006      |
|       | H2 / 15m                 | N36°09.197' | E33°26.801'     | Sıcaklık Kayıt Cihazı      | 08.2005 – 12.2006      |
|       | G4 / 10m                 | N36°09.246' | E33°26.716'     | Sediman Analizi            | 13.11.2005, 14.12.2006 |
|       | G5 / 19m                 | N36°09.161' | E33°26.696'     | Sediman Analizi            | 21.12.2005, 14.12.2006 |
|       | M5 *                     | N36°07.760' | E33°23.850'     | Çayır Parametreleri        | 24.12.2005             |
|       | M6 *                     | N36°09.130' | E33°26.660'     | Çayır Parametreleri        | 29.09.2004             |
|       | L3 / 10m                 | N36°09.250' | E33°26.700'     | Lepidokronoloji – Fenoloji | 24.01.2006             |
|       | L3 / 15m                 | N36°09.210' | E33°26.790'     | Lepidokronoloji – Fenoloji | 24.01.2006             |
| 3     | H3 / 5m                  | N36°10.499' | E33°35.479'     | Sıcaklık Kayıt Cihazı      | 08.2005 – 05.2006      |
|       | H3 / 10m                 | N36°10.500' | E33°35.530'     | Sıcaklık Kayıt Cihazı      | 08. 2005 – 12.2006     |
|       | G6 / 22m                 | N36°07.723' | E33°32.073'     | Sediman Analizi            | 21.12.2005, 14.12.2006 |
|       | G7 / 10m                 | N36°09.335' | E33°34.678'     | Sediman Analizi            | 24.12.2005, 14.12.2006 |
|       | G8 / 15m                 | N36°11.264' | E33°38.478'     | Sediman Analizi            | 13.11.2005, 14.12.2006 |
| 4     | H4 / 10m                 | N36°33.941' | E34°15.631'     | Sıcaklık Kayıt Cihazı      | 08.2005 – 09.2005      |
|       | H4 / 15m                 | N36°33.870' | E34°15.717'     | Sıcaklık Kayıt Cihazı      | 08.2005 – 11.2005      |

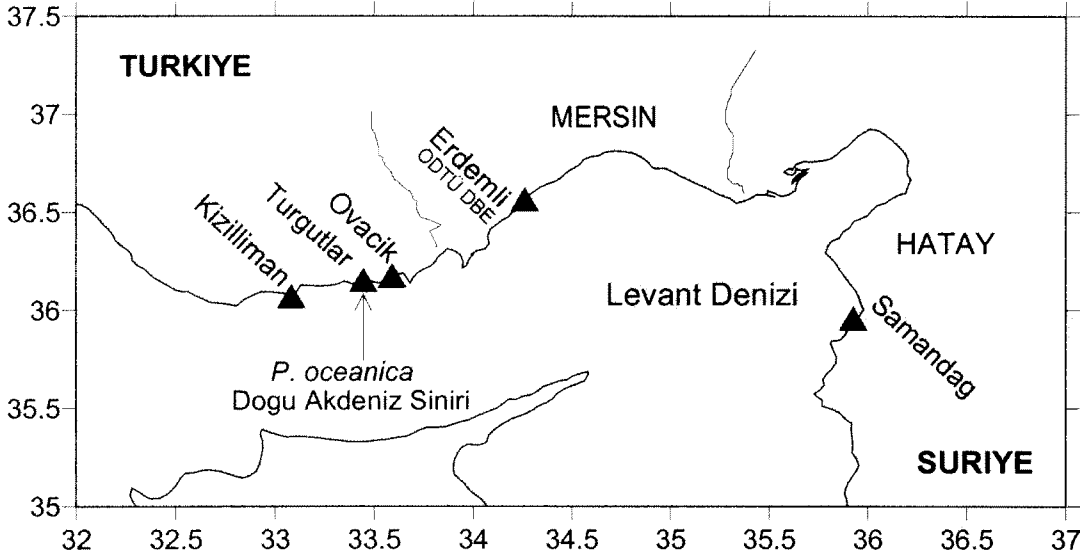
|  |          |             |             |                 |                        |
|--|----------|-------------|-------------|-----------------|------------------------|
|  | G9 / 15m | N36°33.715' | E34°15.572' | Sediman Analizi | 14.11.2005, 20.12.2006 |
|  | T2 †     | N36°33.830' | E34°15.730' | Transplantasyon | 12.2004 – 10.2006      |

Tablo 2. (DEVAM) Bölgelere göre yapılan örneklemeler

| BÖLGE | İSTASYON KODU / DERİNLİK | ENLEM       | BOYLAM      | ÖRNEKLEME                  | TARİH             |
|-------|--------------------------|-------------|-------------|----------------------------|-------------------|
| 5     | H5 / 10m                 | N35°57.100' | E35°55.288' | Sıcaklık Kayıt Cihazı      | 08.2005 – 11.2006 |
|       | H5 / 15m                 | N35°57.100' | E35°55.268' | Sıcaklık Kayıt Cihazı      | 08.2005 – 11.2006 |
|       | L4 / 13m                 | N35°57.100' | E35°55.280' | Lepidokronoloji – Fenoloji | 14.10.2006        |
|       | T3 †                     | N35°57.105' | E35°55.283' | Transplantasyon            | 12.2004 – 10.2006 |

## 2.1 Sıcaklık kayıt cihazlarının (Temperature data logger) yerleştirilmesi

Anamur/Mersin – Samandağ/Hatay arasında kalan kıyı şeridinde 5 farklı istasyonda (H1-H5, Tablo 2) 2 ayrı derinliğe toplam 10 adet deniz suyu sıcaklığını kaydeden cihazlar (HOBO Pendant Temperature Data Logger) yerleştirilmiştir. İstasyonlardan biri deniz çayırının maksimum ulaştığı derinlik ve filiz sayısı göz önüne alındığında sağlıklı *Posidonia oceanica* çayırlarıyla kaplı Kiziliman Deniz Koruma Alanı içinde, ikincisi *Posidonia oceanica* çayırlarının Kuzey Doğu Akdeniz bölgesinde sınırlandığı Turgutlar koyunda, diğer üç istasyon ise sırasıyla bu sınırın doğusunda kalan Ovacık, Erdemli (ODTÜ DBE) Deniz Bilimleri Enstitüsü) ve Samandağ kıyı sularında yer almaktadır (Şekil 2).



Şekil 2. Deniz suyu sıcaklık ölçer cihazların yerleştirildiği istasyonlar

Ölçümler deniz suyu sıcaklıklarının en yüksek olduğu dönem olan Temmuz – Ekim ayları arasında günlük değişimlerin hassasiyetinin incelenebilmesi için 10 veya 20 dakika, soğuk dönem olan Kasım – Haziran ayları arasında ise genel mevsimsel değişimin incelenmesi için 40 dakika ara ile kaydedilmiştir (Tablo 3). Samandağ'da bulunan H5-27m istasyonunda 2. kurulumdan sonra cihazlar güvenlik

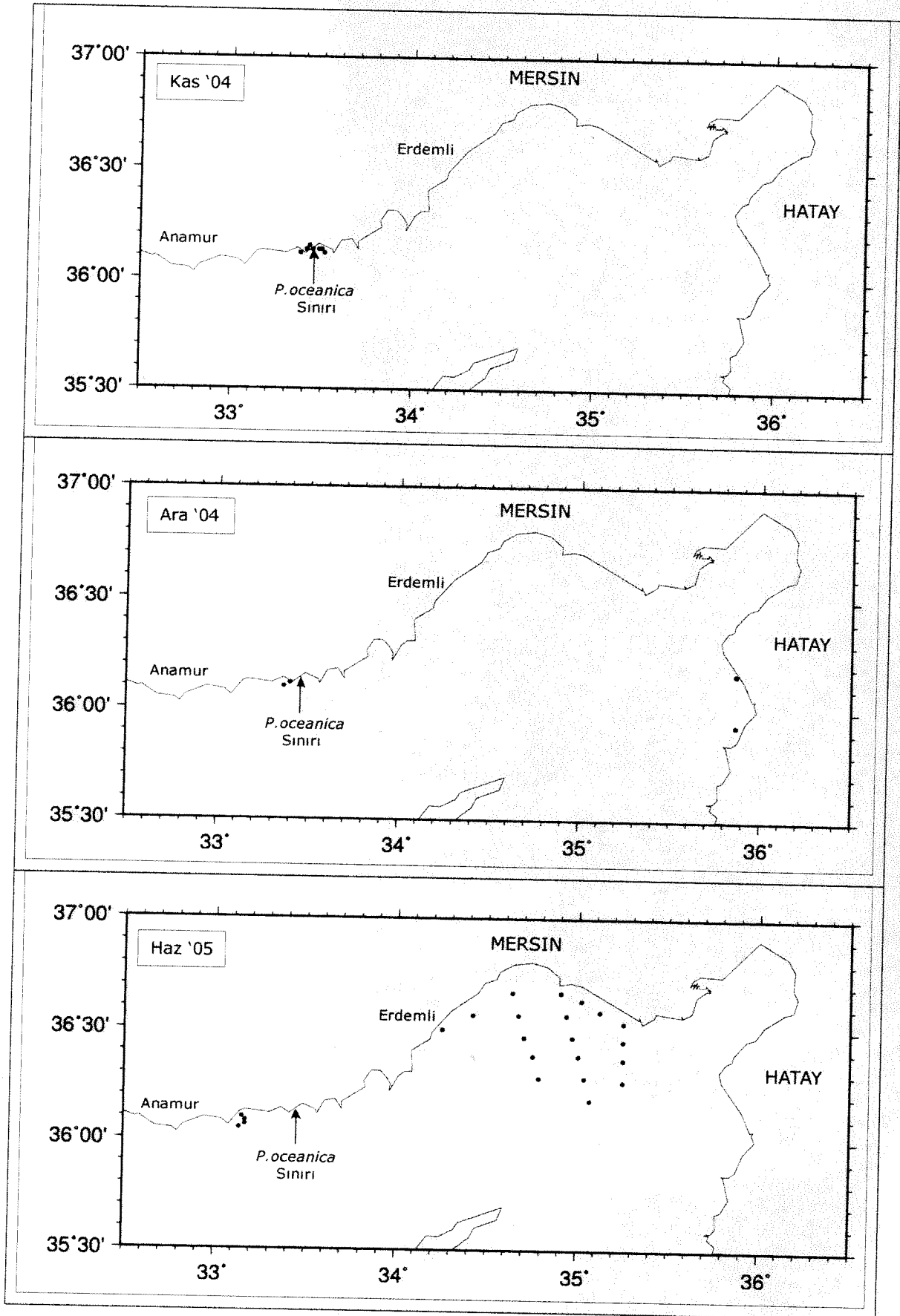
açısından bir yandaki koya aktarılmıştır. Diğer bazı istasyonlarda ise cihazların dip trolleri yüzünden kaybolması sonucu bu istasyonlara sonraki kurulum dönemlerinde cihaz takılamamıştır.

Tablo 3. Deniz suyu sıcaklık ölçer cihazların kurulum tarihleri

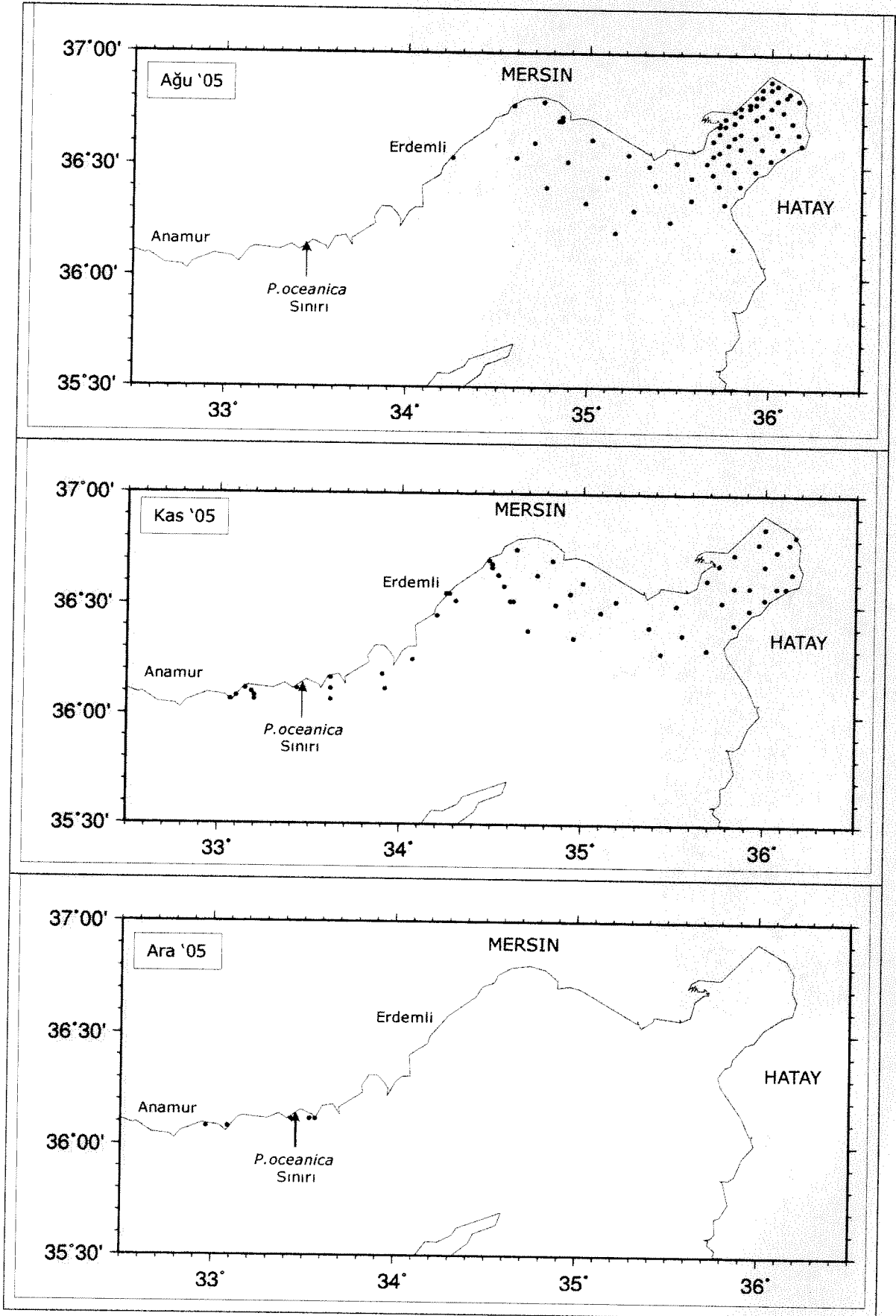
| İstasyon adı / Derinlik     | 1.Kurulum (10 dak.)  | 2.Kurulum (10 dak.)                                   | 3.Kurulum (40 dak.)    | 4.Kurulum (20 dak.)                 | 5.Kurulum (20 dak.)    |
|-----------------------------|----------------------|---|------------------------|-------------------------------------|------------------------|
| H1 - 10m (Kızılliman)       | 09/08/05<br>10/09/05 | 10/09/05<br>16/10/05<br>-----<br>22/10/05<br>12/11/05 | 12/11/05<br>07/05/06   | 02/07/06<br>kayıp                   | -                      |
| H1 - 15m (Kızılliman)       | 09/08/05<br>10/09/05 | 10/09/05<br>16/10/05<br>-----<br>22/10/05<br>12/11/05 | 12/11/05<br>07/05/06   | 02/07/06<br>22/09/06                | 22/09/06<br>13/12/06   |
| H2 - 10m (Turgutlar)        | 08/08/05<br>09/09/05 | 09/09/05<br>23/10/05                                  | 13/11/05<br>08/05/06   | 02/07/06<br>23/09/06                | 23/09/06<br>14/12/06   |
| H2 - 15m (Turgutlar)        | 08/08/05<br>09/09/05 | 09/09/05<br>23/10/05                                  | 13/11/05<br>08/05/06   | 02/07/06<br>23/09/06                | 23/09/06<br>14/12/06   |
| H3 - 5m (Ovacık)            | 08/08/05<br>09/09/05 | 09/09/05<br>23/10/05                                  | 09/11/05<br>04/05/06   | -                                   | -                      |
| H3 - 10m (Ovacık)           | 08/08/05<br>09/09/05 | 09/09/05<br>23/10/05                                  | 09/11/05<br>04/05/06   | 02/07/06<br>kayıp                   | 23/09/06<br>14/12/06   |
| H4 - 10m (Erdemli)          | 12/08/05<br>08/09/05 | 08/09/05<br>kayıp                                     | 18/01/05<br>kayıp      | -                                   | -                      |
| H4 - 15m (Erdemli)          | 12/08/05<br>25/09/05 | 06/10/05<br>19/11/05                                  | 18/01/05<br>kayıp      | -                                   | -                      |
| H5 - 10m (◊;10m) (Samandağ) | 07/08/05<br>11/09/05 | 12/09/05<br>26/10/05                                  | ◊ 07/01/06<br>06/05/06 | ◊ 07/05/06<br>20/06/06<br>(10 dak.) | ◊ 09/09/06<br>12/11/06 |
| H5 - 27m (●;13m) (Samandağ) | 07/08/05<br>11/09/05 | 12/09/05<br>kayıp                                     | ● 07/01/06<br>06/05/06 | ● 07/05/06<br>20/06/06<br>(10 dak.) | ● 09/09/06<br>12/11/06 |

## 2.2 CTD ve ADCP ölçümleri

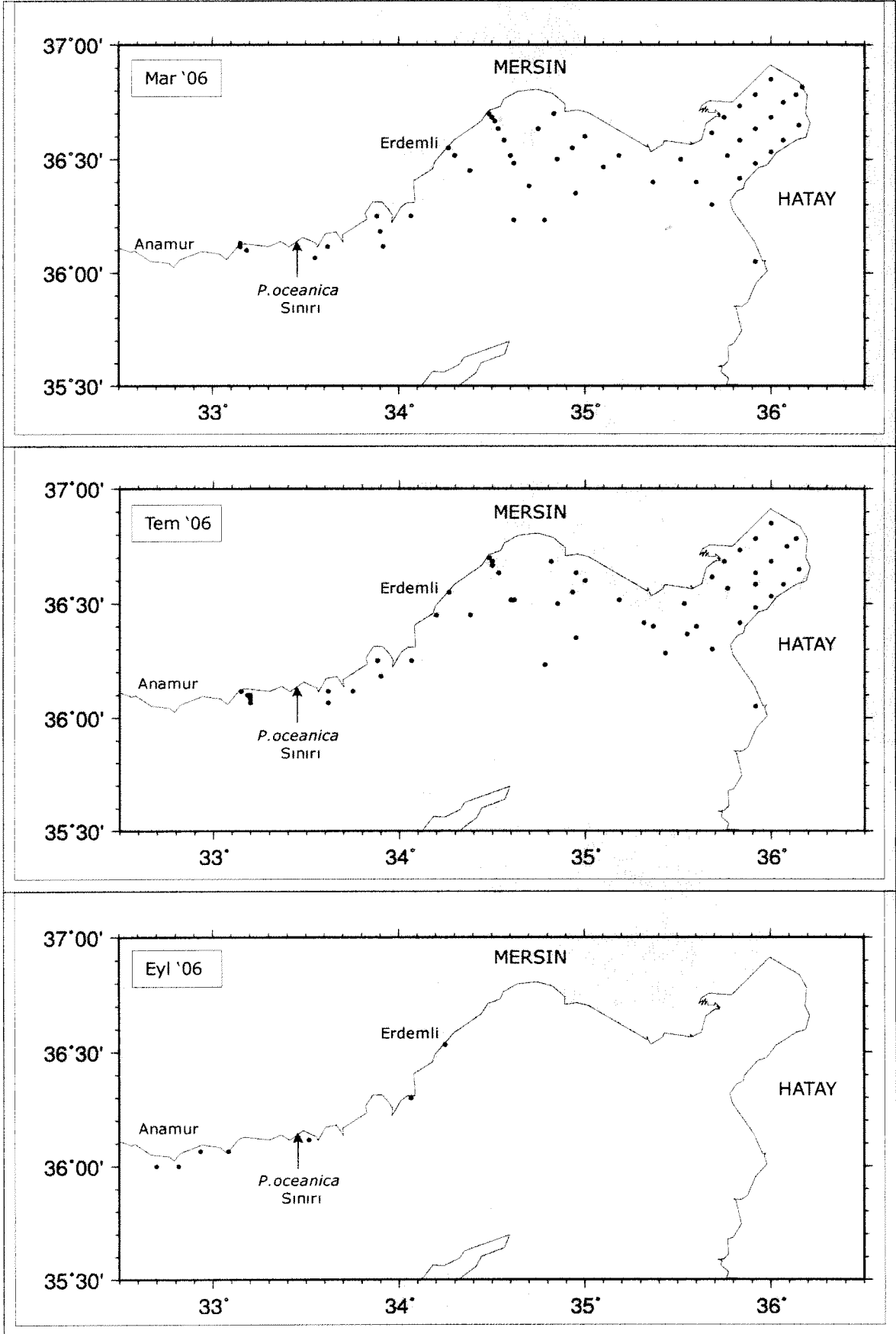
*Posidonia oceanica* çayırlarının Kuzey Doğu Akdeniz'de dağılımını sınırlayan fiziksel faktörlerin belirlenmesi amacıyla CTD probe (SeaBird - SBE 9 Oceanographic CTD Profiler) ile dikey sıcaklık, tuzluluk ve ışık geçirgenliği profilleri çıkartılmıştır. Bu ölçümlerin bir kısmı proje kapsamında gerçekleştirilen seferler sırasında alınmış olup, bunlara ek olarak ODTÜ-DBE tarafından yürütülen diğer projelerin seferlerinde alınan veriler de değerlendirilmeye alınmıştır (Şekil 3). Dip derinliği 200 metreyi aşmayan toplam 311 kıyı istasyonu analiz edilmiştir.



Şekil 3. CTD ölçüm istasyonları (Kasım 2004, Aralık 2004, Haziran 2005)



Şekil 3. (DEVAM) CTD ölçüm istasyonları (Ağustos 2005, Kasım 2005, Aralık 2005)



Şekil 3. (DEVAM) CTD ölçüm istasyonları (Mart 2006, Temmuz 2006, Eylül 2006)

Işık geçirgenliği ölçümlerinde CTD prob cihazındaki PAR sensörü (fotosentetik olarak kullanılan ışık) kullanılmıştır. Elde edilen dikey PAR profilleri kullanılarak ışığın su kolonunda soğurulma oranı (attenuation coefficient) Beer-Lambert üssel azalma fonksiyonuna (SHORT ve COLES, 2001) göre hesaplanmıştır:

$$I_z = I_0 e^{-Kz}$$

$I_z$  : z derinliğindeki ışık miktarı

$I_0$  : yüzeydeki ışık miktarı

K : ışığın soğurulma katsayısı

z : derinlik

Hesaplanan soğurulma katsayısı, deniz çayırlarının ışıktaki azalmaya bağlı olarak yaşamaya dayanabileceği teorik maksimum derinliği hesaplamada kullanılmıştır. Literatürde deniz çayırları için genel değer yüzeydeki ışık miktarının %11'inin dibe ulaştığı derinlikler olarak belirtilmiştir (DUARTE, 1991).

$$\log Z_c \text{ (m)} = 0,26 - 1,07 \log K \text{ (m}^{-1}\text{)}$$

$Z_c$  : deniz çayırı derinlik limiti

K : ışığın soğurulma katsayısı

DUARTE (1991) belirttiği bu formüle göre her istasyon için hesaplanan soğurulma katsayıları kullanılarak yüzey PAR değerinin %11'i ne karşılık geldiği derinlikler bulunmuş ve değerler harita üzerinde işaretlenerek *P. oceanica*'nın yaşaması için yeterli ışığa sahip olan alanlar belirlenmiştir.

*Posidonia oceanica* eşeysiz yada eşeyli olarak üreyebilmektedir. Her iki durumda da kopan filiz parçalarının yada tohumların taşınımı çayırların yayılımında önemli bir etkidir. Bu amaçla sürekli dikey akıntı profili kaydeden Acoustic Doppler Current Profiler (RD Instrument Co.) ile bölgenin genel akıntı sisteminin çıkarılması mümkün olmuştur.

### 2.3 *Posidonia oceanica* deniz çayırı parametreleri

*Posidonia oceanica* deniz çayırlarının sağlıklılığının belirlenmesi için 1. ve 2. bölgeler içinde kalan toplam 6 istasyonda (Şekil 1 ve Tablo 2) tüplü dalış yöntemi (SCUBA) ile yerinde çayır parametreleri ölçülmüş ve 3 istasyondan laboratuvarda lepidokronoloji ve fenoloji yöntemleri kullanılarak incelenmek üzere örnek alınmıştır. Bu istasyonlarda ve ek olarak *Posidonia oceanica*'nın bulunmadığı bölgelerde *Posidonia oceanica*'nın dağılımına etkisinin araştırılması için sediman örnekleme yapılmıştır. Toplanan örneklerde FOLK (1974)'te belirtilen yöntem uygun olarak tane boyu analizine ve  $\text{CaCO}_3$  konsantrasyonuna bakılmıştır.

Yerinde yapılan (*in-situ*) deniz çayırı ölçümlerinde öncelikli olarak çayırın uzandığı maksimum derinlik belirlenip, bu noktadan sığlığa doğru 5 metre derinlik aralıkları ile filiz yoğunluğu (shoot density), yaprak

boyu (leaf length) ve fragmentasyon (fragmentation) ölçülmüştür. Filiz yoğunluğu ölçümünde 25x25 cm'lik çerçeve içinde kalan filiz sayısı aynı derinlikte 3 set halinde ölçülmüştür. Her çerçeve içinde kalan rastgele 7 filizin en uzun yaprak boyu ölçülmüştür. Fragmentasyon ölçümleri için aynı derinliklerde 10 metrelik yatay bir hat boyunca çayırdaki boşluklar uzunluk olarak ölçülüp yüzdeye çevrilmiştir. Filiz yoğunluğuna göre çayır tipinin belirlenmesinde PERGENT ve ark. (1995, atıf eden BUIA ve ark., 2004) dikkate alınmıştır.

## 2.4 Lepidokronoloj ve fenoloji analizleri

1. bölgede Kızıllıman Deniz Koruma Alanı içinde kalan sağlıklı deniz çayırlarından 10 ve 15 metre derinliklerden (L1 ve L2, Tablo 2), 2. bölgede *Posidonia oceanica*'nın Kuzey Doğu Akdeniz'deki coğrafik dağılımın sınırını oluşturan deniz çayırlarından aynı derinliklerden (L3, Tablo 2) toplanan filizler laboratuarda PERGENT ve PERGENT-MARTINI (1990, 1991)'in uyguladığı lepidokronoloji ve fenoloji yöntemleri kullanılarak analiz edilmiştir. Ayrıca 5. bölgede transplantasyon yöntemiyle ekilen filizlerden (L4, Tablo 2) transplantasyon tarihinden 1 yıl sonra değişimi gözlemlmek için 7 filiz alınmıştır.

Lepidokronoloji yönteminde toplanan filizlerdeki eski yaprakların kalıntısı olan kın kalınlıkları (sheath thickness) micrometric kumpas yardımı ile ölçülmüş, bir yılda üretilen kın sayısı tespit edilmiştir. Kınlar arasında çiçek saplarına (flower stalk) dikkat edilmiş eski yıllarda çiçeklenme (flowering) olup olmadığı not edilmiştir. Ayrıca yıllık gövde üretimi (rhizom production) için bir yıla denk gelen gövde parçalarının uzunluğu (rhizom length) ve bu parçaların her birinin kuru ağırlığı (rhizom weight) alınmıştır. Deniz suyu sıcaklığının türün üzerindeki etkisinin incelenmesi için bu yöntem sayesinde eskiye dönük gözlenebilen, mevsimsel değişen ve yıllık periyodu takiben eden kın kalınlıklarındaki sinüzoidal döngüler doğrusal olmayan bir regresyon modeli (non-linear regression) aracılığıyla deniz suyu sıcaklığında gözlenen sinüzoidal döngülerle karşılaştırılmıştır.

Fenolojik analizle toplanan filizlerdeki yaşlı (Adult), orta yaşlı (intermediate) ve genç (juvenile) yaprakların sayısı, boyu ve eni ölçülmüştür. Yaprak boyu ve eninin çarpılması ile yaprak alanı indeksi (leaf area index) çıkartılmıştır. Ayrıca birincil üretim hesaplamaları için her filizin en yaşlı yaprağının üzerindeki epifitler temizlendikten sonra yaprağın ve kınının kuru ağırlığı alınmıştır. PERGENT ve ark. (2004) uyguladığı formüle dayanılarak birincil üretim hesaplanmıştır.

$$PI_{(mg\ dry\ wt / shoot)} = N_{(1/shoot)} \times (BL\ or\ SL_{(cm)}) \times (BD\ or\ SD_{(mg\ dry\ wt/cm)})$$

PI : birincil üretim (Primary Production)

N : filiz başına yıllık ortalama yaprak sayısı (Leaf Formation Rate)

BL : ortalama yaprak boyu (en yaşlı yaprak için)

SL : ortalama kın boyu (en yaşlı yaprak için)

BD : ortalama yaprak yoğunluğu (Blade Density)

SD : ortalama kın yoğunluğu (Sheath density)



## 2.5 *Posidonia oceanica* deniz ayırlı nakil ve ekimi (transplantasyonu)

*Posidonia oceanica*'nın doğal olarak bulunduğu 1 ve 2 numaralı bölgelerden (Şekil 1) toplanan filizler *Posidonia oceanica*'nın doğal olarak bulunmadığı 4 ve 5 numaralı bölgelere (T2 ve T3, Tablo 2) yaşayıp yaŐayamayacaęının denenmesi, 1 numaralı bölgeye (T1, Tablo 2) ise metodolojinin kontrolü için belirlenen uygun derinlik ve zeminlere ekilmiŐtir (Tablo 4). Bunun için dıŐ hatları metalden oluşan içi naylon iple bölünen çerçeveler (frame) hazırlanmıŐ ve toplanan *Posidonia oceanica* filizleri plastik kıŐkalar sayesinde bunlara tutturulmuŐtur. ereveler, fırtınadan ve deniz tabanı yapısını bozan avcılık yöntemlerinden kaynaklanabilecek taŐınmaları önlemek için zemine çakılarak tutturulmuŐtur. Buna ek olarak 4. bölgede dip trolü yüzünden zarar gören çerçeveler kontrol seferleri sırasında yenilendiğinde üzerlerine demirden koruma kafesleri kurulmuŐtur.

Tablo 4. Transplantasyon deneyi bilgileri

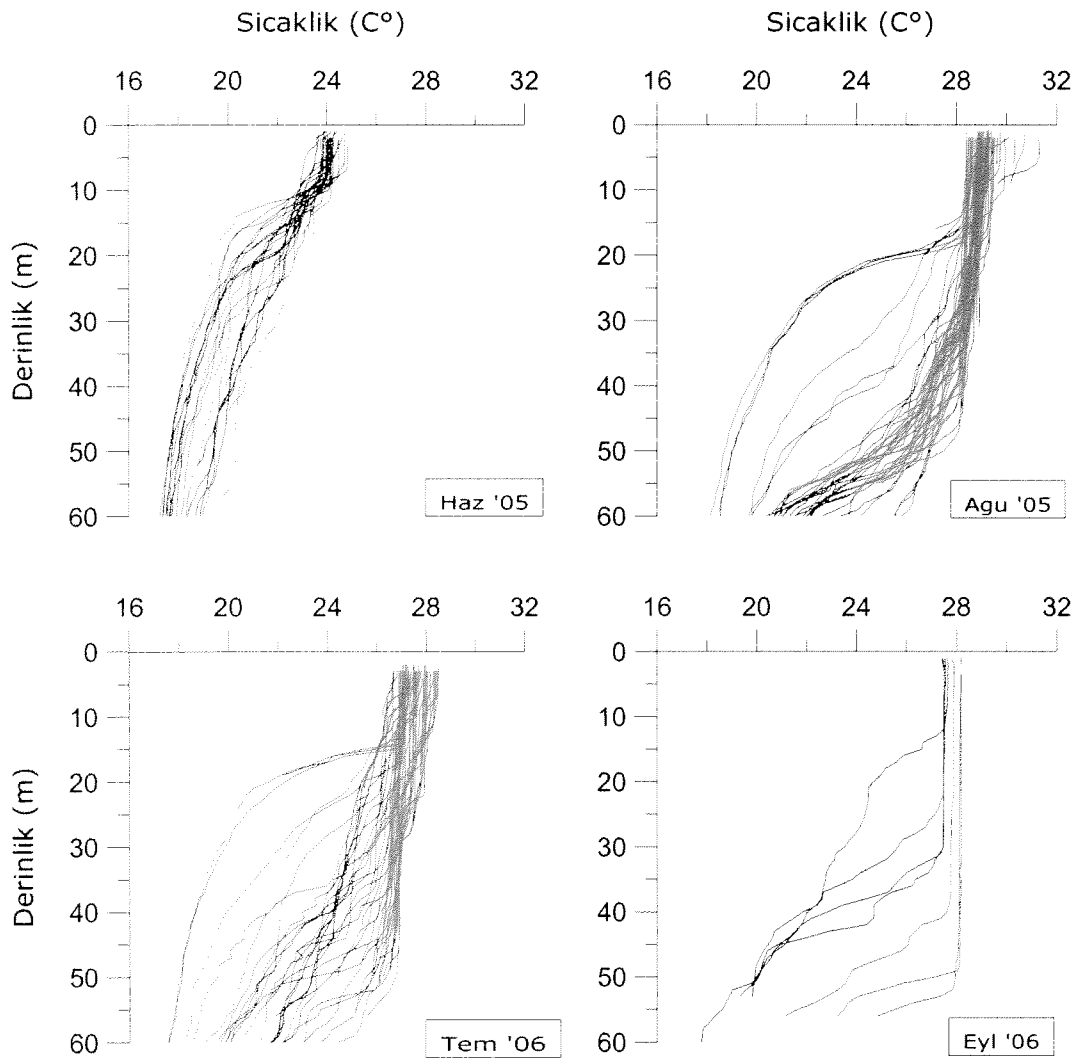
| Çerçeve # | Toplanan çayır | Toplanan derinlik (m) | Transplantasyon tarihi | Transplantasyon yeri | Transplantasyon derinliği (m) | Dip yapısı                        | Ekilen yaklaşık Filiz sayısı | Çerçevenin boyutu (m <sup>2</sup> ) |
|-----------|----------------|-----------------------|------------------------|----------------------|-------------------------------|-----------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|
| F1        | M5             | 27-30                 | 09.12.04               | T3                   | 19,2                          | Kumluk,<br><i>Cymodocea sp.</i>   | 422                          | 1*1                                 |
| F2        | M2 *           | 21-27                 | 09.12.04               | T3                   | 19,3                          | Kumluk,<br><i>Cymodocea sp.</i>   | 191                          | 1*1                                 |
| F3        | M6             | 15-17                 | 27.05.05               | T2                   | 14,6                          | Silt                              | 158                          | 1,5*1,5                             |
| F4        | M6 *           |                       | 27.05.05               | T2                   | 14,3                          | Silt                              | 337                          | 1,5*1,5                             |
| F5        | M2             | 3-4                   | 01.06.05               | T2                   | 13,7                          | Silt                              | 200                          | 0,7*0,7                             |
| F6        | M1 *           | 24-26                 | 11.07.05               | T2                   | 14,6                          | Silt                              | 270                          | 1,5*1,5                             |
| F7        | M2             |                       | 03.08.05               | T2                   | 1,5                           | Silt                              |                              | 1,5*1,5                             |
| F8        | M2             | 3,5                   | 10.09.05               | T1                   | 6                             | Kumluk, <i>Posidonia oceanica</i> | 400                          | 1,5*1,5                             |
| F9        | M2             | 3,5                   | 12.09.05               | T3                   | 13                            | Kumluk,<br><i>Cymodocea sp.</i>   | 370                          | 1,5*1,5                             |
| F10       | M2             | 3,5                   | 14.10.05               | T2                   | 10                            | Silt                              | 500                          | 1,5*1,5                             |
| F11       | M6             | 10-15                 | 09.02.06               | T2                   | 7,5                           | Silt                              | 290                          | 1,0*0,8                             |
| F12-F22   | M2             | 3                     | 07.05.06               | T3                   | 16                            | Kumluk,<br><i>Cymodocea sp.</i>   |                              | 0,7*0,7                             |

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

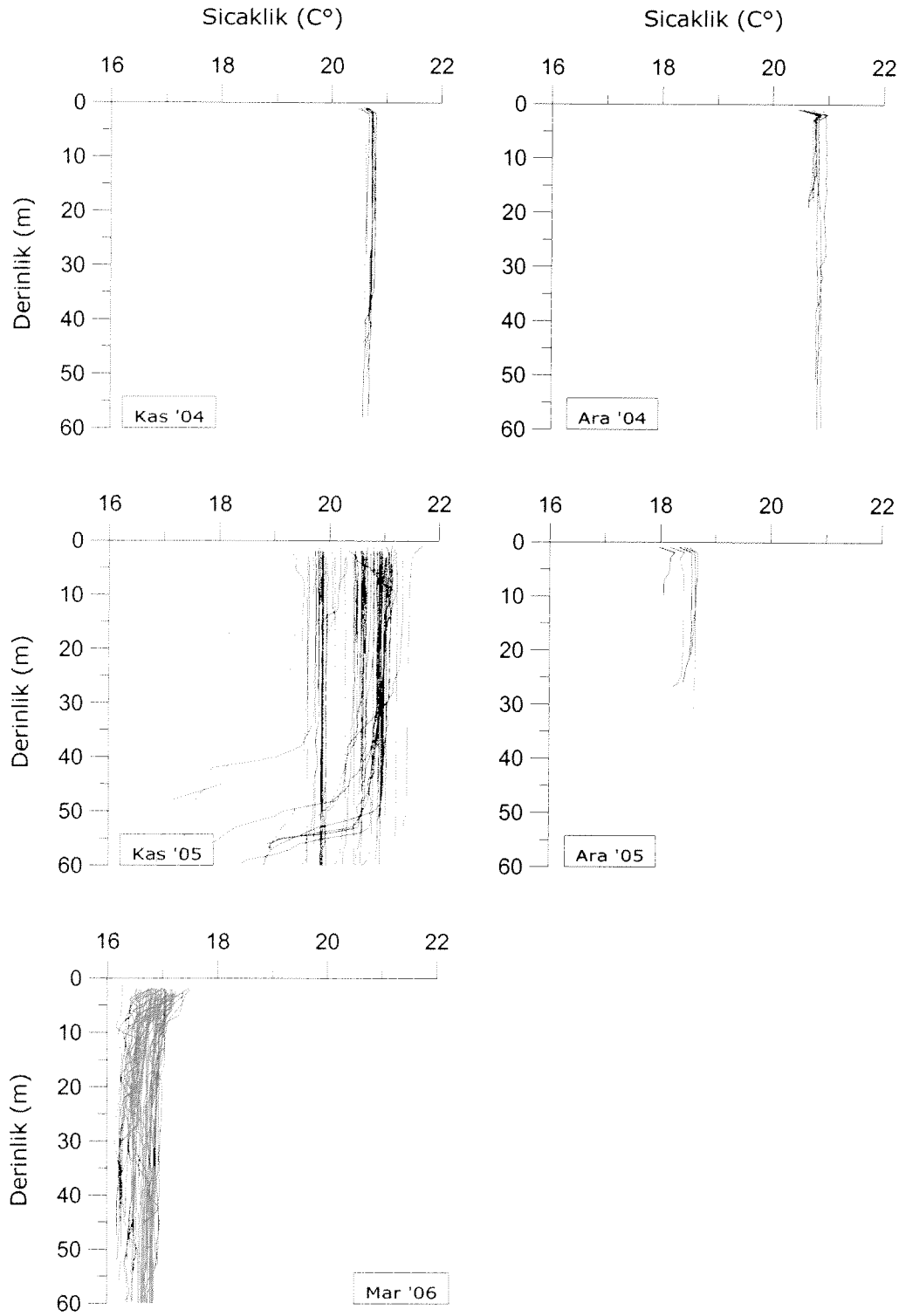
#### 3.1 Fiziksel faktörler

##### 3.1.1 Sıcaklık

Çalışma alanında dikey deniz suyu sıcaklık profillerinin sonuçları Şekil 4'te gösterilmiştir. Sıcak mevsimlerde 18-30°C arasında deniz suyu sıcaklığı kış aylarında 16-21°C arasında değişmiştir. Soğuk aylarda dikey su kolonu karışmış olduğundan homojen bir sıcaklık görülmüş ve *Posidonia oceanica* olan istasyonlarla olmayanlar arasında belirgin bir fark gözlenmemiştir. Ancak sıcak aylarda ilk 15 metre derinlikteki su sıcaklığı kolonun devamına göre daha sıcak olduğundan bir tabakalaşma gözlemlenmiş ve ayrıca *Posidonia oceanica* olan ve olmayan istasyonlarda farklılık görülmüştür. *Posidonia oceanica* olmayan doğudaki istasyonlar göreceli olarak daha sıcak olmuşlardır.

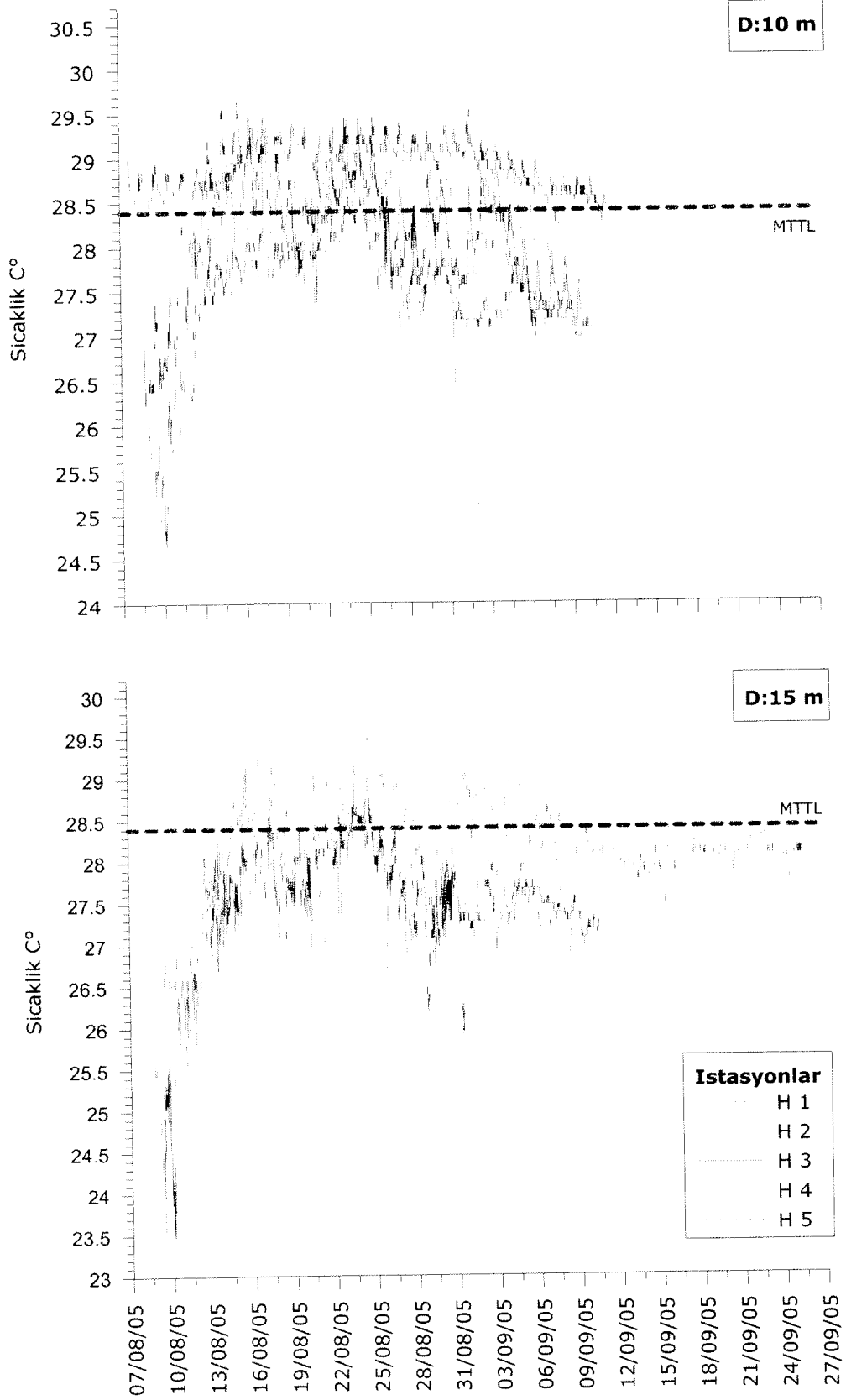


Şekil 4. Dikey deniz suyu sıcaklık profilleri (kırmızı renk *Posidonia oceanica* olmayan istasyonları, yeşil renk *Posidonia oceanica* olan istasyonları göstermektedir)

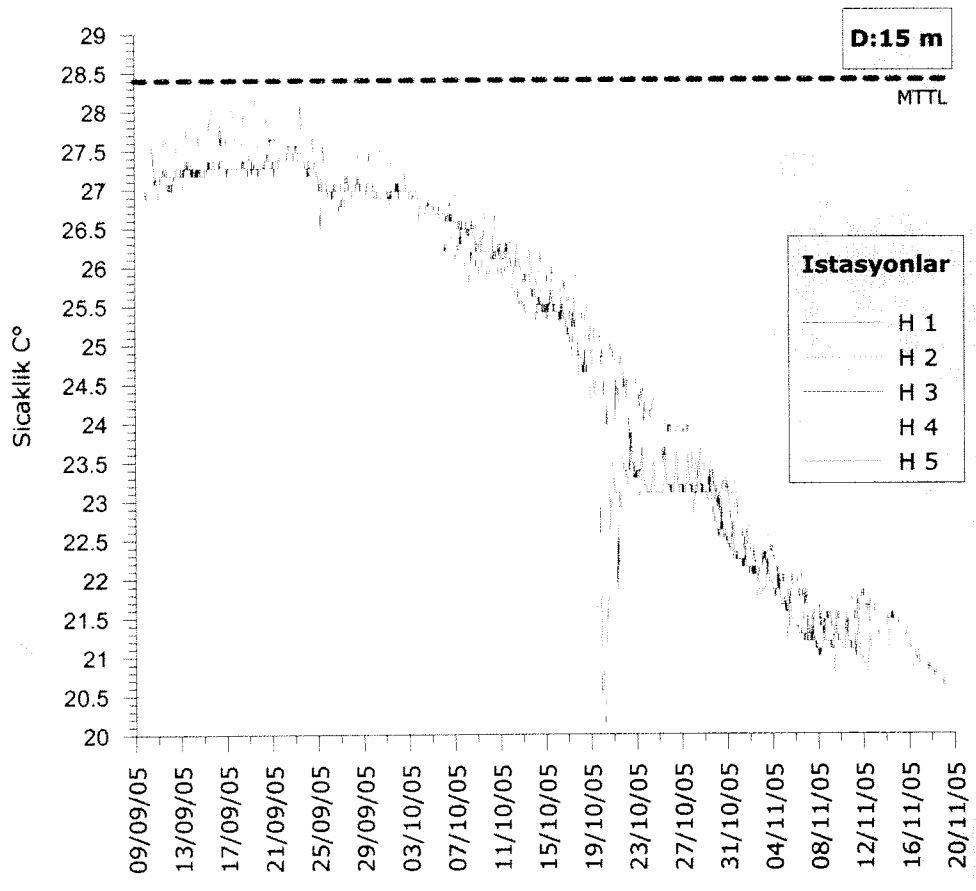
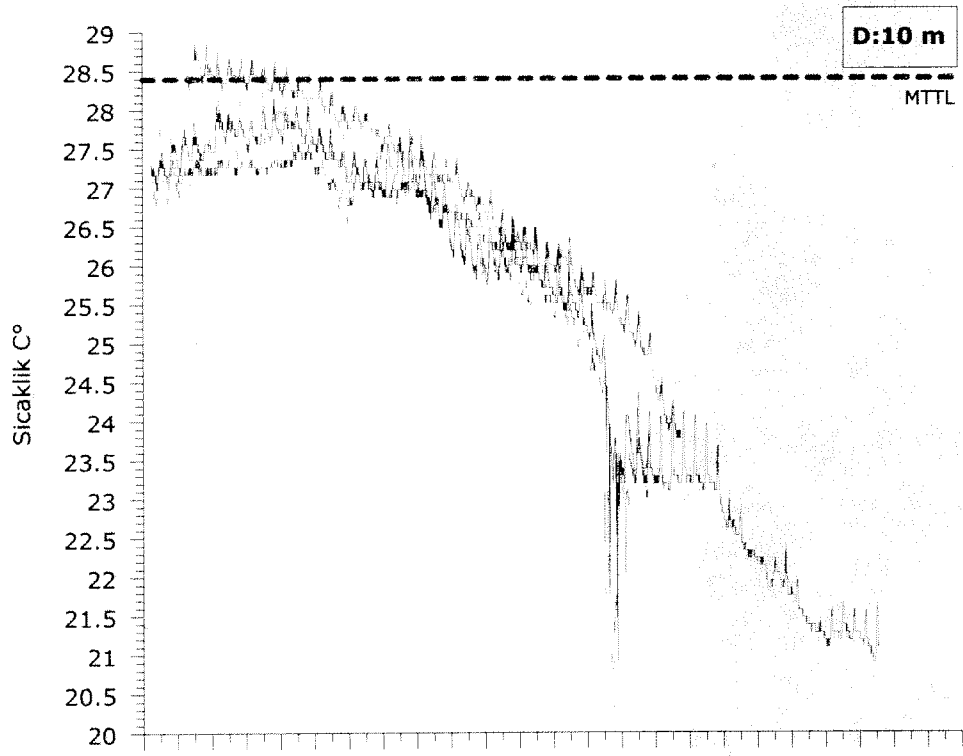


Şekil 4. (DEVAM) Dikey deniz suyu sıcaklık profilleri (kırmızı renk *Posidonia oceanica* olmayan istasyonları, yeşil renk *Posidonia oceanica* olan istasyonları göstermektedir)

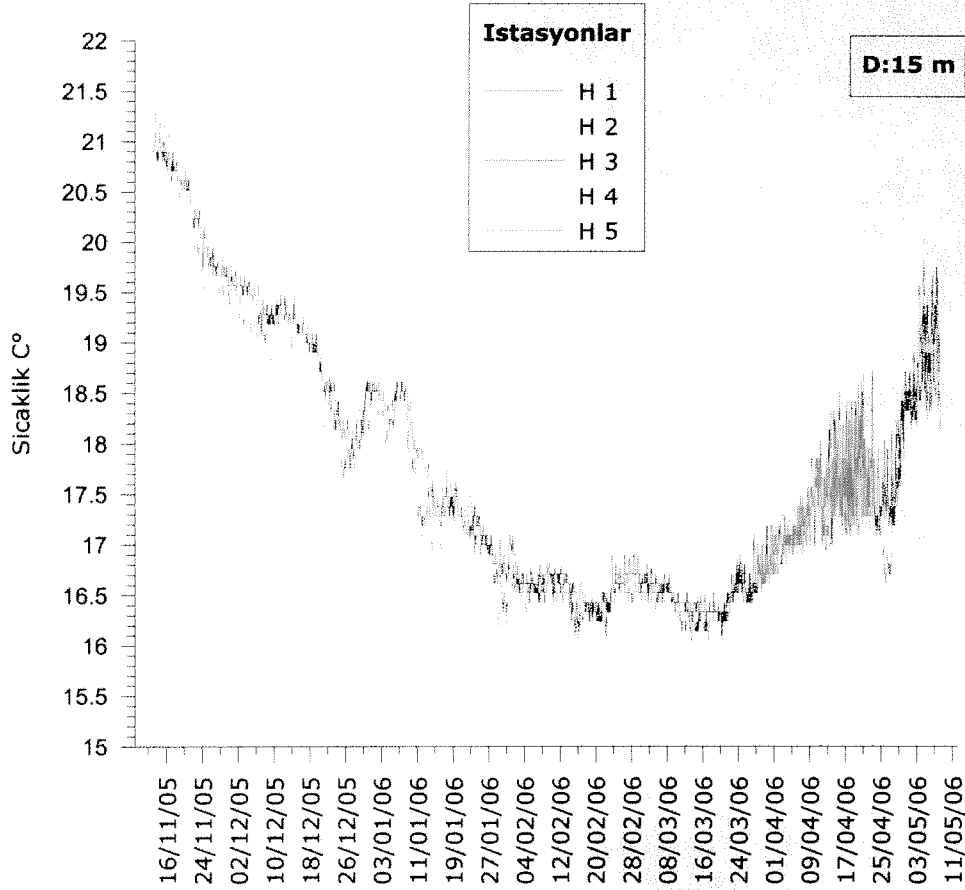
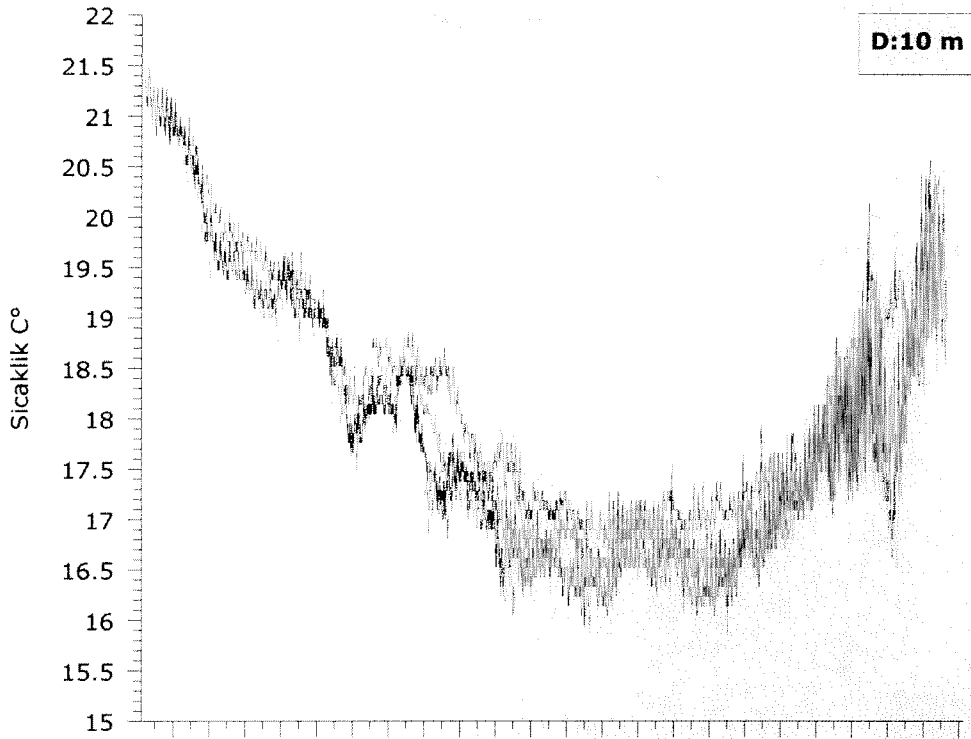
Dikey sıcaklık profillerine ek olarak 5 istasyonda sabit derinliklerde proje sürecinde sürekli olarak ölçülen deniz suyu sıcaklıkları Şekil 5 ve 9 arasında gösterilmiştir. 2005 Ağustos - 2006 Aralık tarihleri arasında 10 metre derinlikteki deniz suyu sıcaklığı 16-29,5°C arasında olmuştur.



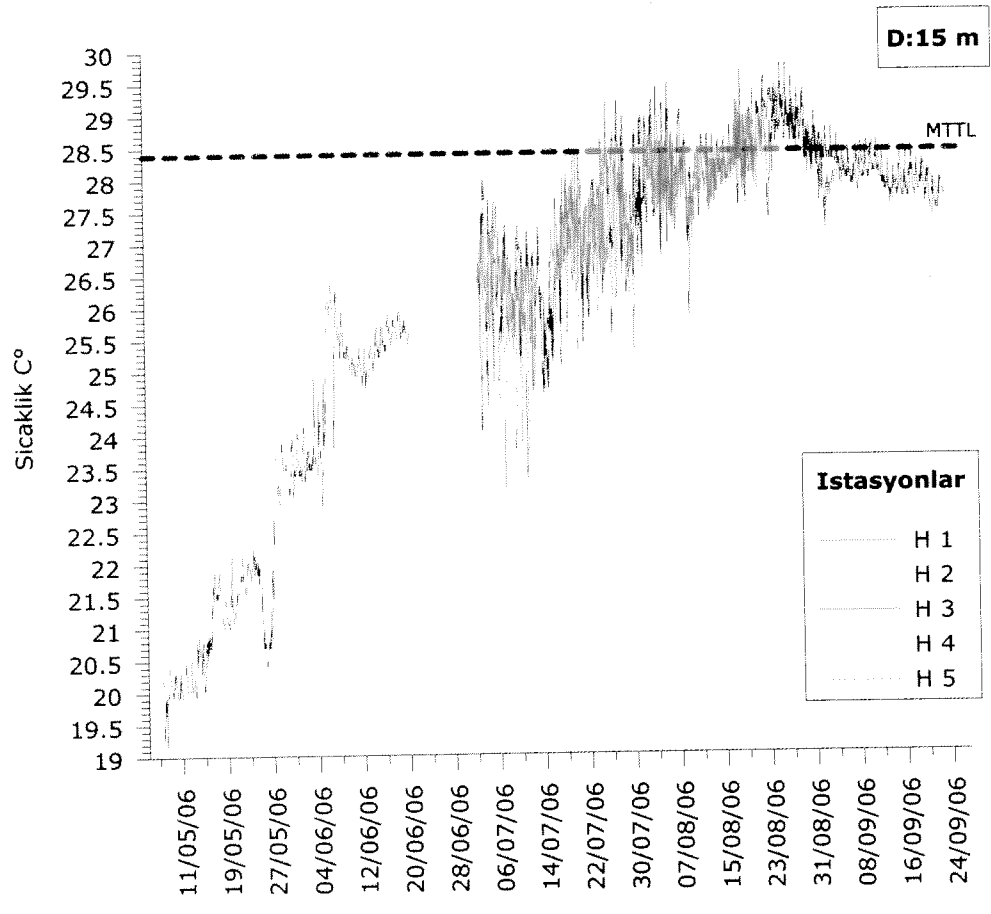
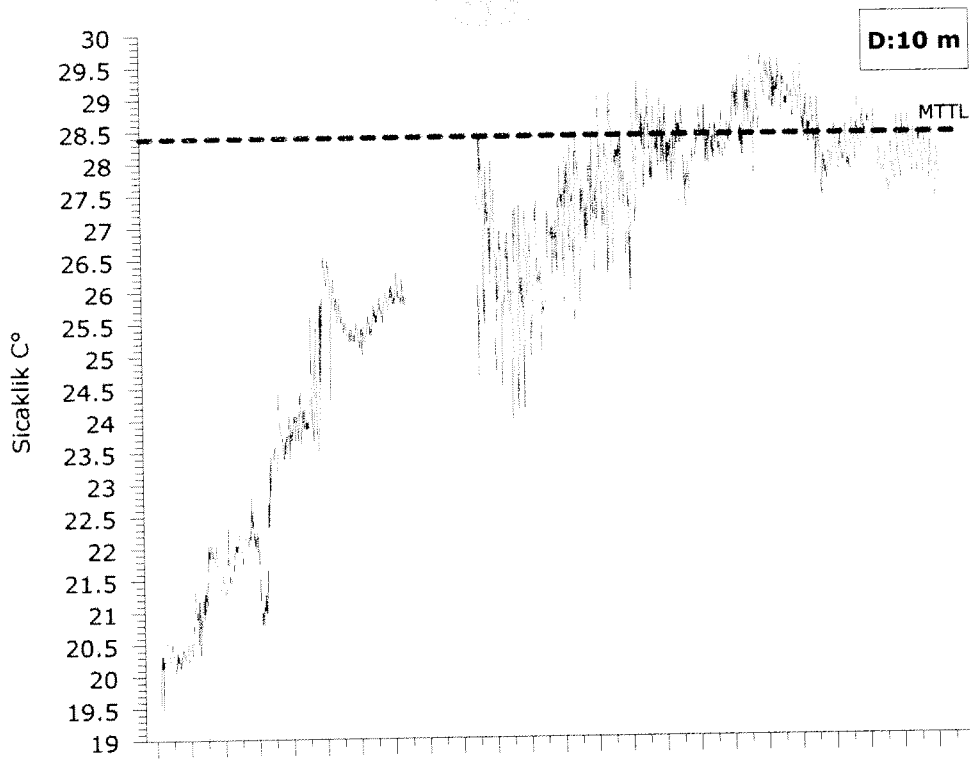
Şekil 5. Sıcaklık kayıt cihazları ile alınan deniz suyu sıcaklıkları



Şekil 6. Sıcaklık kayıt cihazları ile alınan deniz suyu sıcaklıkları

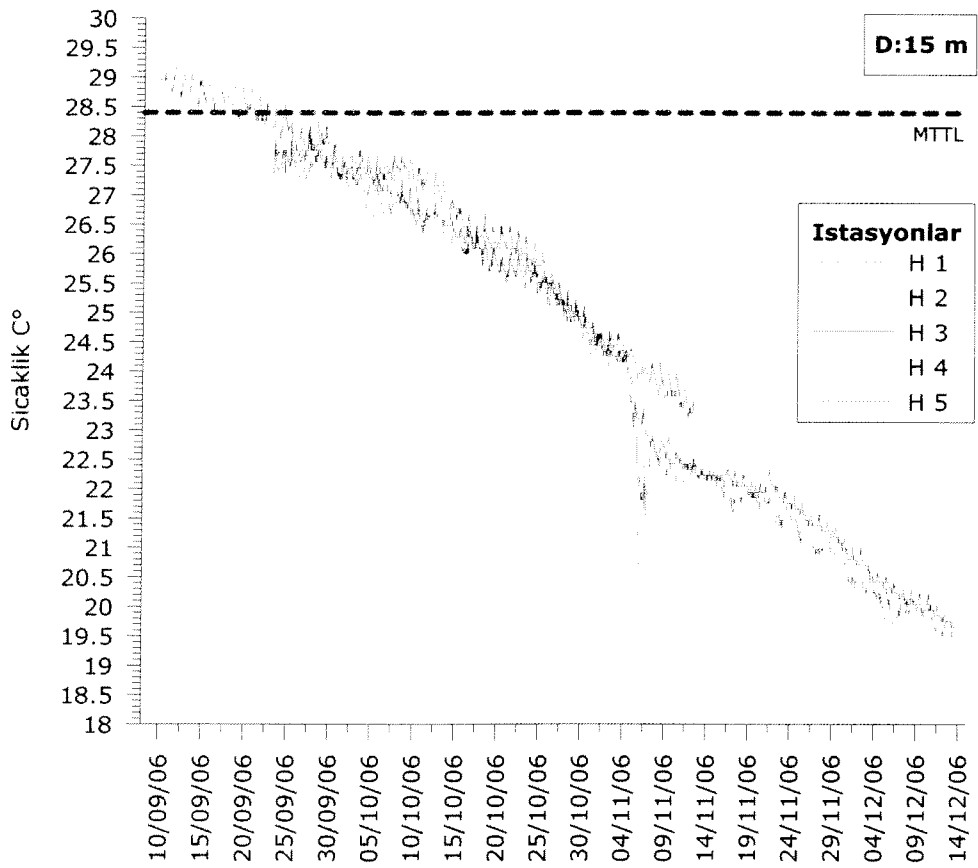
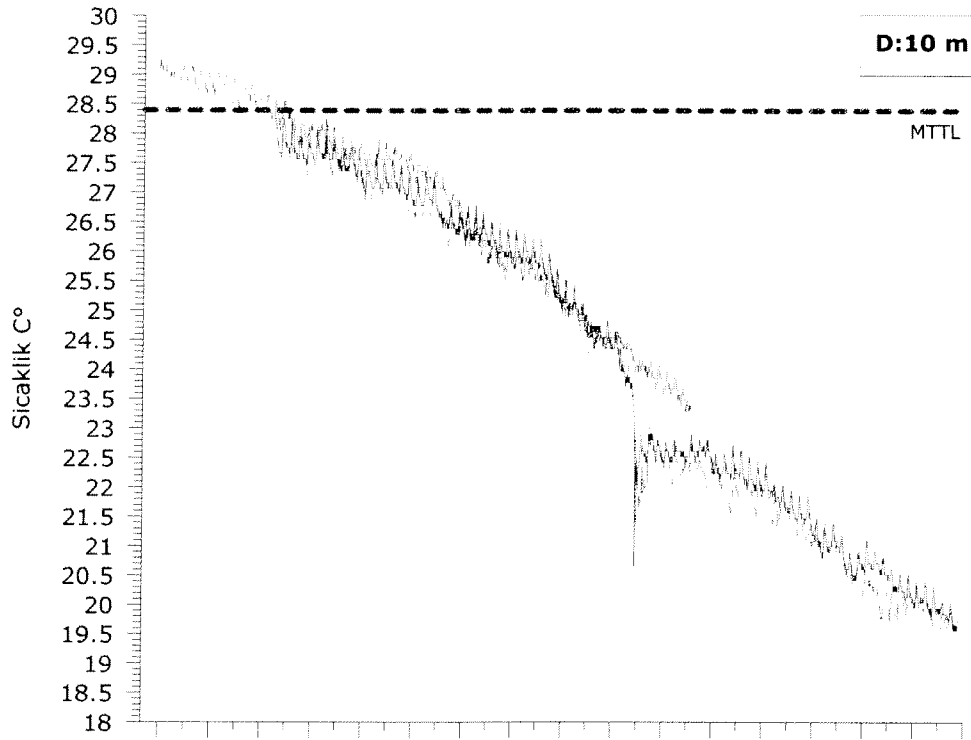


Şekil 7. Sıcaklık kayıt cihazları ile alınan deniz suyu sıcaklıkları



Şekil 8. Sıcaklık kayıt cihazları ile alınan deniz suyu sıcaklıkları





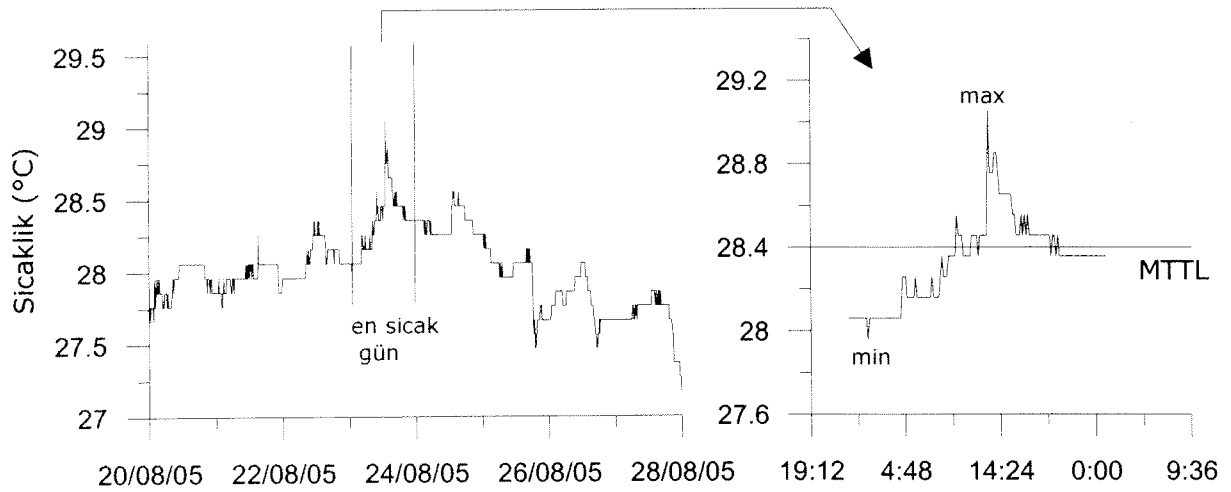
Şekil 9. Sıcaklık kayıt cihazları ile alınan deniz suyu sıcaklıkları

Bu süreç içinde en düşük sıcaklıklar Şubat ve Mart 2006'da gözlenirken (Şekil 7), en yüksek sıcaklık değerlerine 2005 ve 2006'nın Ağustos aylarında (Şekil 5 ve 8) ulaşılmıştır. Sıcak aylarda günlük sıcaklık değişimleri 1°C'yi bulurken kış aylarında 0.5°C civarında seyretmiştir. Bu küçük sıcaklık oynamalarının dışında birkaç gün içinde 3°C'lik sıcaklık değişimleri Mayıs 2006 ve 2005 ve 2006 Eylül aylarında görülmüştür (Şekil 6, 8 ve 9).

Proje sürecince 5 istasyondaki mevsimsel sıcaklık oynamaları aynı eğilimi takip etmiş olsalar da, genel olarak bakıldığında batıdan doğuya doğru gidildikçe sıcaklıkta artış tespit edilmiştir. İstasyonlar arasındaki farklılığın daha belirginleşmesi ve *Posidonia oceanica*'nın dayanabildiği sıcaklığın belirlenmesi için bir limit değer hesaplanmış (Şekil 10) ve bu sıcaklık değerinin üzerinde kalınan süreler (Tablo 5) karşılaştırılmıştır.

2005 Ağustos ayında Kızılıman Deniz Koruma alanı içinde kalan sağlıklı diye değerlendirilen bir deniz çayırına takılan sıcaklık kayıt cihazından alınan verilerde en sıcak güne ait ortalama bir sıcaklık hesaplanmıştır. Bu değer 28.4°C bulunmuş ve *Posidonia oceanica*'nın Doğu Akdeniz'de dağılımını sınırlayan sıcaklık olarak adlandırılmıştır (maksimum tolere edilebilecek sıcaklık = Maksimum Tolerable Temperature limit (MTTL) ).

Aynı zaman diliminde diğer istasyonların bu sıcaklığın üzerindeki değerlere ne kadar süre ile maruz kaldığı hesaplanmıştır (Tablo 5). Buna göre en doğudaki istasyon 2005 Ağustos ayında zamanının tamamında 28.4 °C den daha yüksek sıcaklıklara sahip olmuştur. Bu yüzde maruz kalma oranı batıdan doğuya doğru artmaktadır.



Şekil 10. Maksimum tolere edilebilecek deniz suyu sıcaklığının belirlenmesi

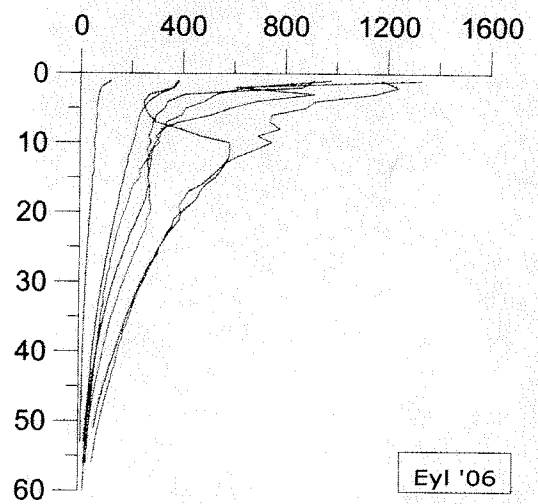
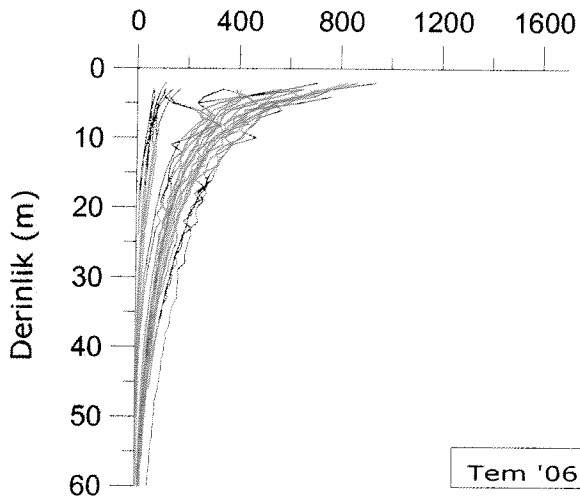
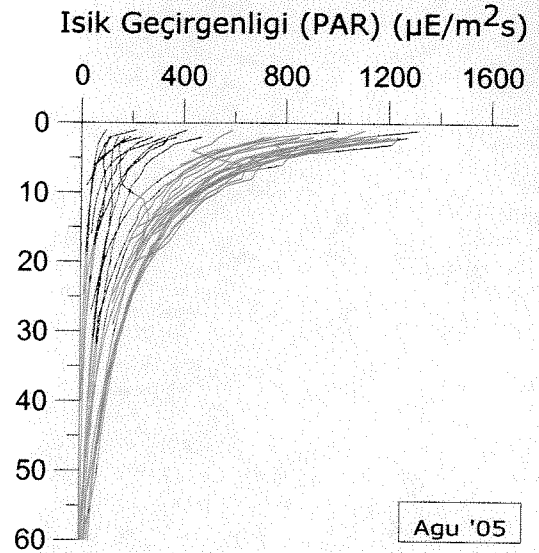
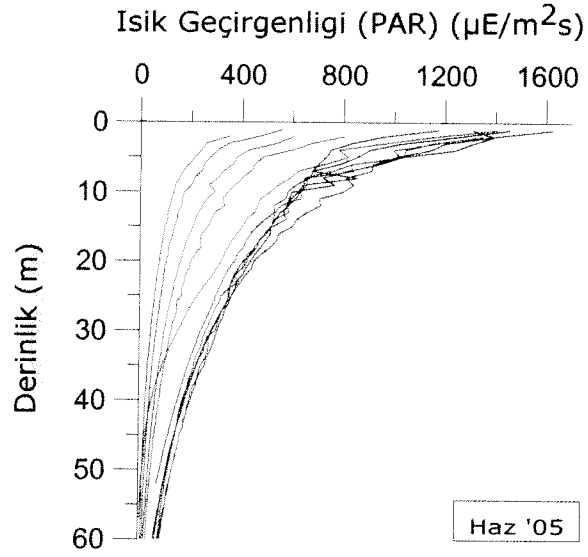
Tablo 5. 1. kurulum sırasında 28.4°C' den (Maksimum tolere edilebilecek deniz suyu sıcaklığı) daha yüksek sıcaklıklara maruz kalma süresi

| İSTASYON | TOPLAM ÖRNEKLEME SÜRESİ (dak) | TOPLAM MARUZ KALINAN SÜRE (dak) | YÜZDE ORANI (%) |
|----------|-------------------------------|---------------------------------|-----------------|
| H1, 10m  | 41380                         | 1710                            | 4.13            |
| H1, 15m  | 46240                         | 3580                            | 7.74            |
| H2, 10m  | 40250                         | 12510                           | 31.08           |
| H2, 15m  | 46060                         | 8820                            | 19.15           |
| H3, 5m   | 46060                         | 24420                           | 53.02           |
| H3, 10m  | 40110                         | 21700                           | 54.10           |
| H4, 10m  | 38480                         | 35040                           | 91.06           |
| H4, 15m  | 63060                         | 34060                           | 54.01           |
| H5, 10m  | 43180                         | 43160                           | 99.95           |
| H5, 27m  | 50540                         | 50540                           | 100.00          |

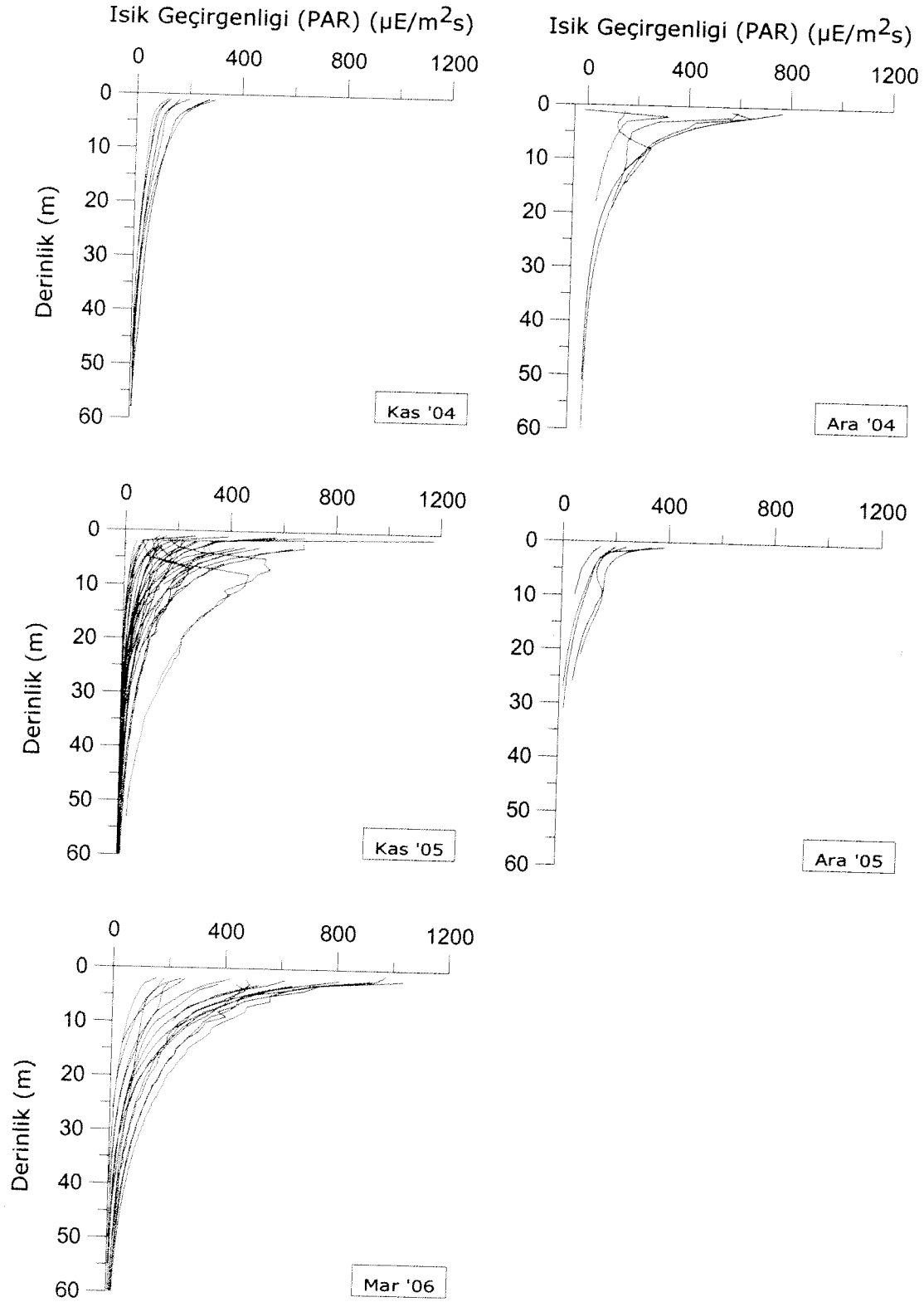
### 3.1.2 Işık

Dikey sıcaklık profillerinde *Posidonia oceanica* olan ve olmayan bölgeler arasında görülen fark ışık geçirgenliğinde de gözlenmiştir. Kış sezonunda 600  $\mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$  'ye kadar çıkan irradiance yaz aylarında daha da artıp 1600  $\mu\text{E}/\text{m}^2\text{s}$  ulaşmaktadır (Şekil 11). Dikey ışık profilleri kullanılarak hesaplanan ışığın soğurulma katsayısından yararlanarak bu istasyonlarda *Posidonia oceanica*'nın teorik olarak yaşayabileceği maksimum derinlikler belirlenmiştir (Şekil 12 - 16). Bu derinliklerin 10 metreden fazla olanları şekillerde belirtilmiştir. Bu istasyonlarda yüzey ışımalarının %11'i 10 metreden daha derine gitmektedir. Bütün mevsimlerde *Posidonia oceanica*'nın sınırında ve daha batısında yüzey ışımalarının %11'i 10 metreden daha derine ulaşmıştır.

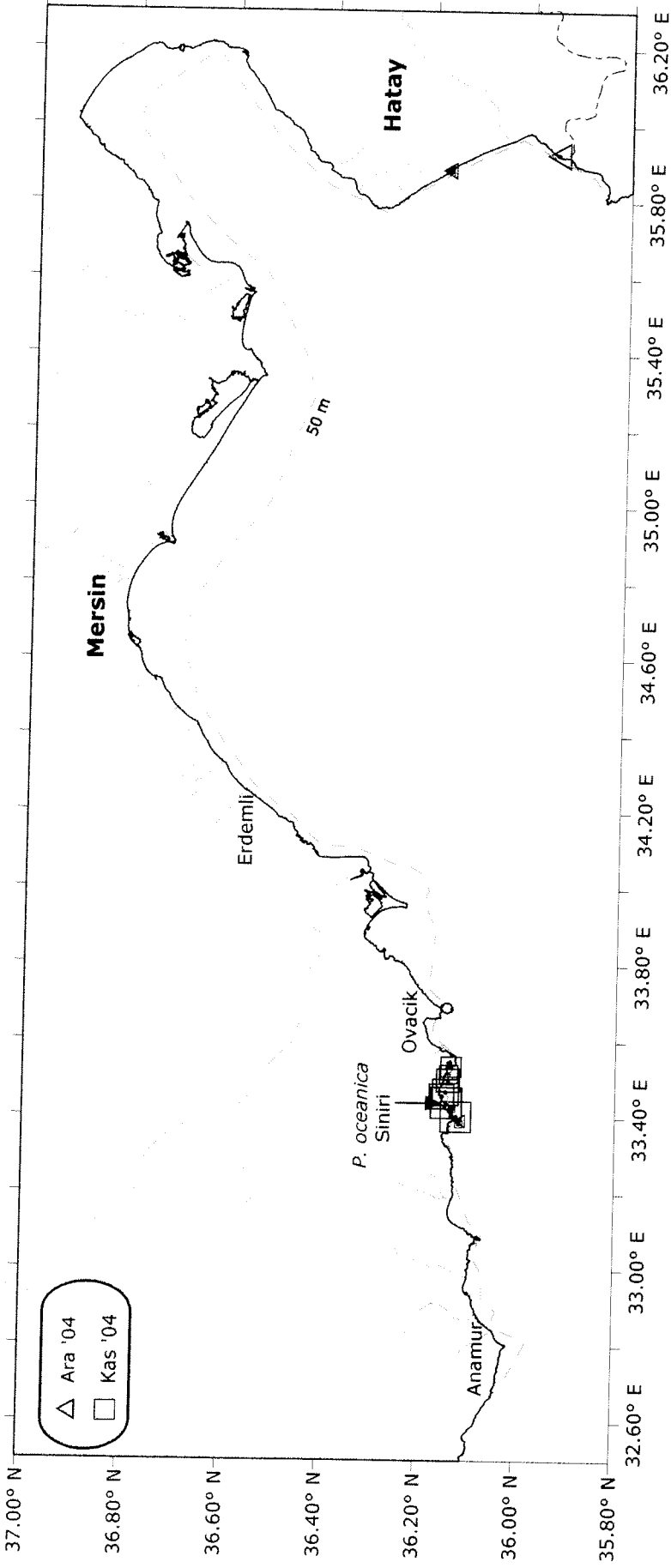
Hesaplanan teorik derinliklerle bulunduğu istasyonun gerçek derinliği arasındaki ilişkiyi yararlanılarak *Posidonia oceanica*'nın yaşamasına uygun olan istasyonlar mevsime bağlı olmadan karşılaştırılmıştır (Şekil 17). Eğer teorik derinliğin gerçek derinliğe oranı 1 veya daha büyükse yüzey ışığının %11'nin denizin tabanına ulaştığı ve dolayısıyla deniz çayırının yaşaması için gerekli ışık miktarını aldığı anlamına gelir. Şekil 18 incelendiğinde bütün çalışma alanında sadece birkaç istasyonda ışığın yeterli olduğu tespit edilmiş, şaşırtıcı şekilde *Posidonia oceanica* olan bölgedeki istasyonlarda da ışığın limitli olduğu görülmüştür.



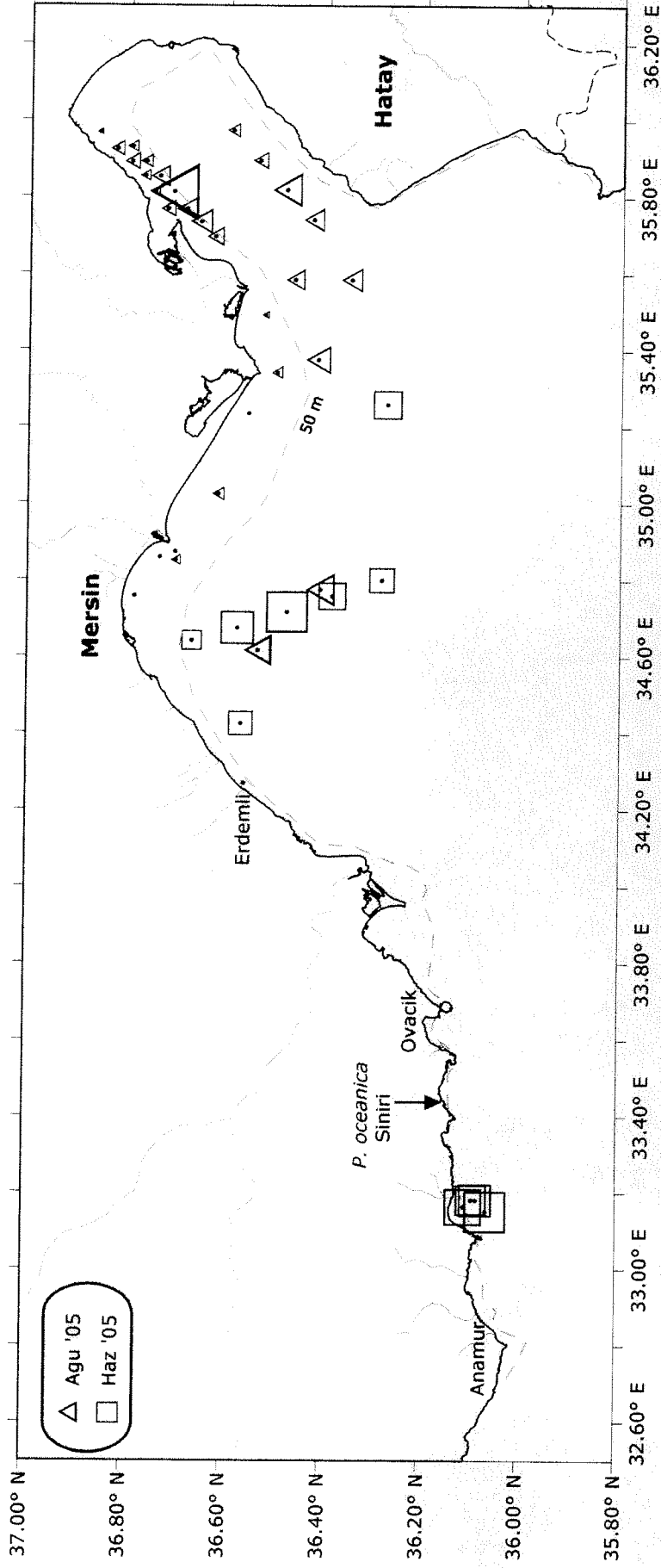
Şekil 11. Dikey deniz suyu ışık geçirgenliği profilleri (kırmızı renk *Posidonia oceanica* olmayan istasyonları, yeşil renk *Posidonia oceanica* olan istasyonları göstermektedir)



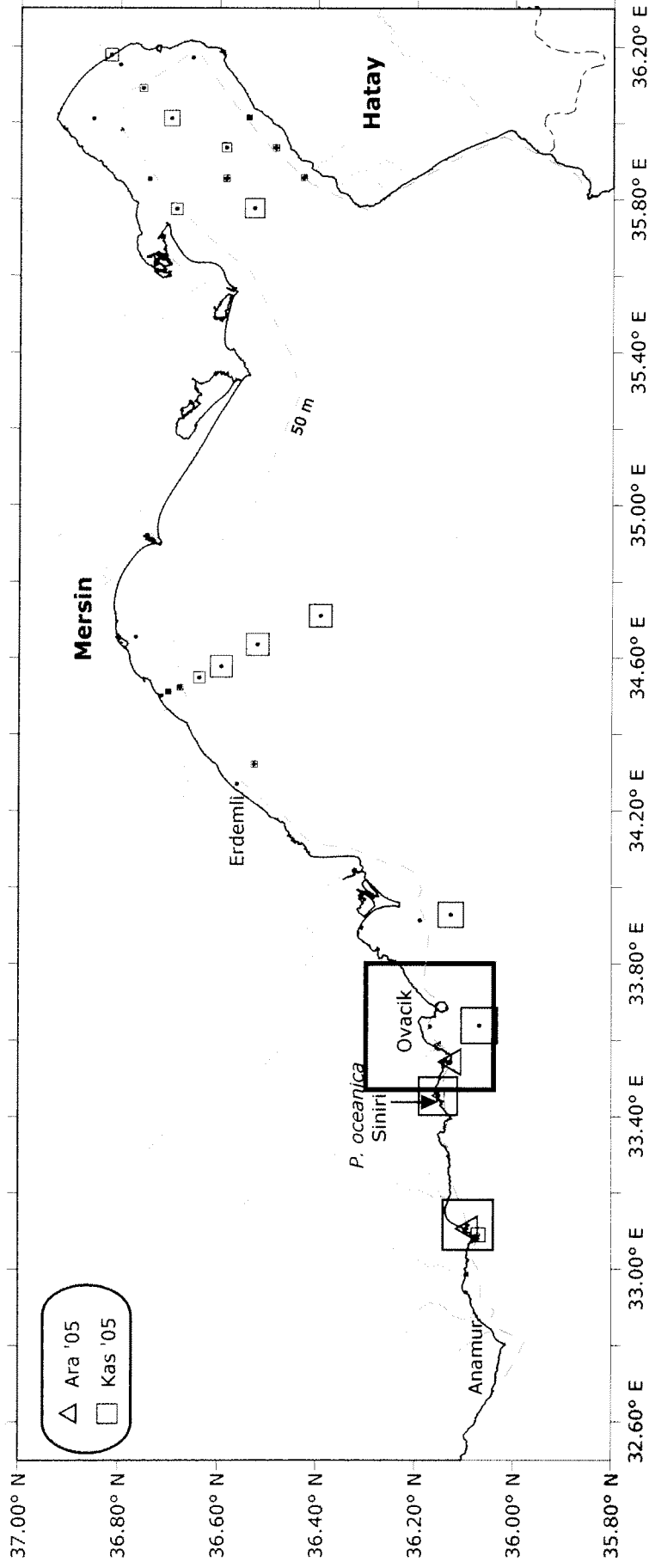
Şekil 11. (DEVAM) Dikey deniz suyu ışık geçirgenliği profilleri (kırmızı renk *Posidonia oceanica* olmayan istasyonları, yeşil renk *Posidonia oceanica* olan istasyonları göstermektedir)



Şekil 12. Işık geçirgenliğine bağlı olarak *Posidonia oceanica*'nın yaşayabileceği teorik maksimum derinlikler ("•" istasyonları, "□" ve "Δ" yüzey işmasının %11'inin 10 metreden daha derine indiği istasyonları göstermektedir, derinlikler ölçekli olarak belirtilmiştir)

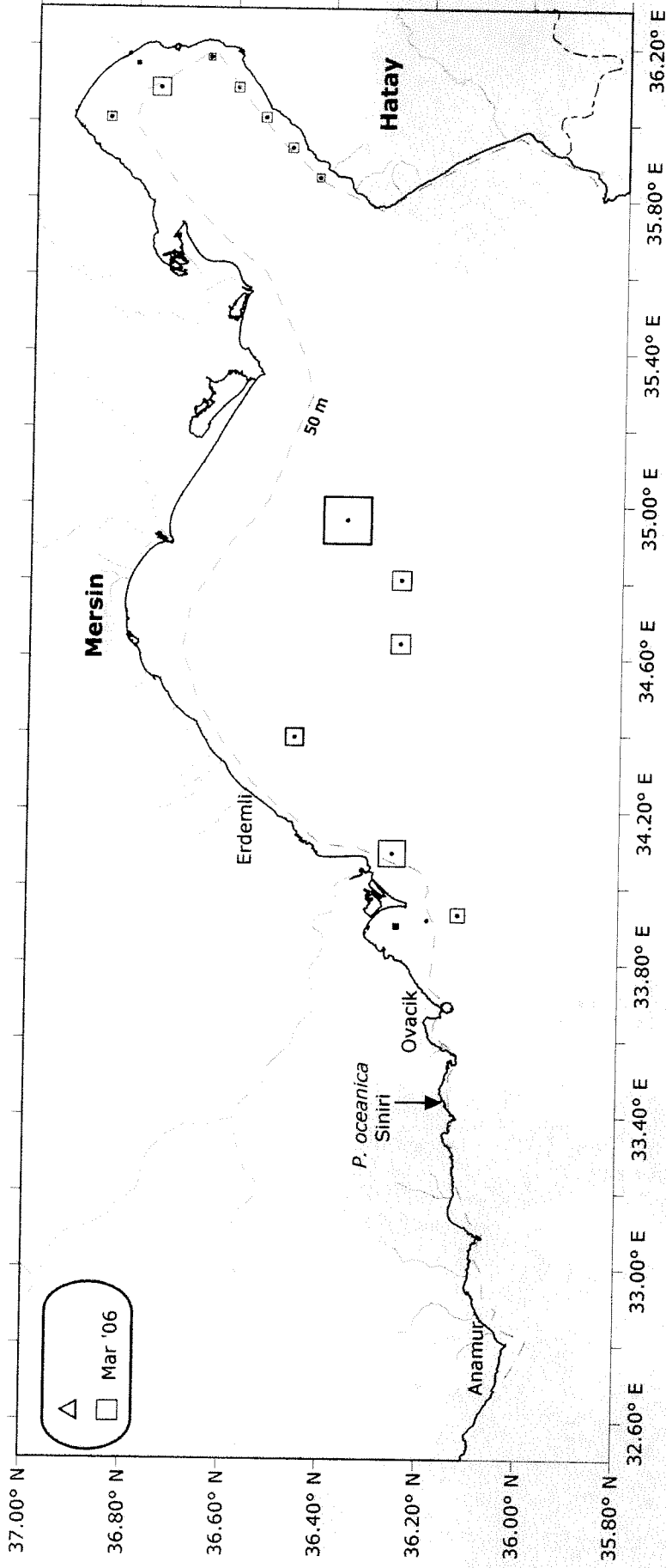


Şekil 13. ışık geçirgenliğine bağlı olarak *Posidonia oceanica*'nın yaşayabileceği teorik maksimum derinlikler ("•" istasyonları, "□" ve "Δ" yüzey ışımalarının %11'nin 10 metreden daha derine indiği istasyonları göstermektedir, derinlikler ölçekli olarak belirtilmiştir)

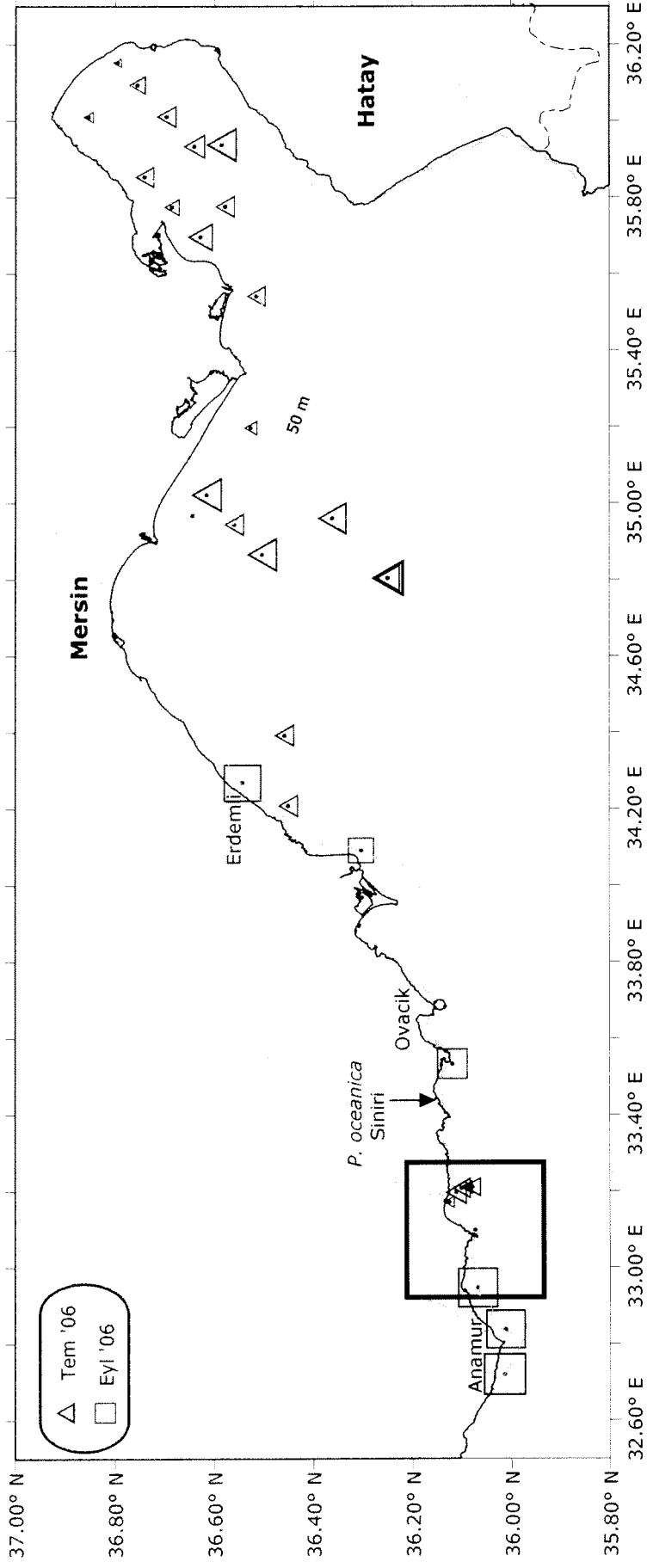


Şekil 14. ışık geçirgenliğine bağlı olarak *Posidonia oceanica*'nın yaşayabileceği teorik maksimum derinlikler ("•" istasyonları, "□" ve "Δ" yüzey ışımalarının %11'inin 10 metreden daha derine indiği istasyonları göstermektedir, derinlikler ölçekli olarak belirtilmiştir)

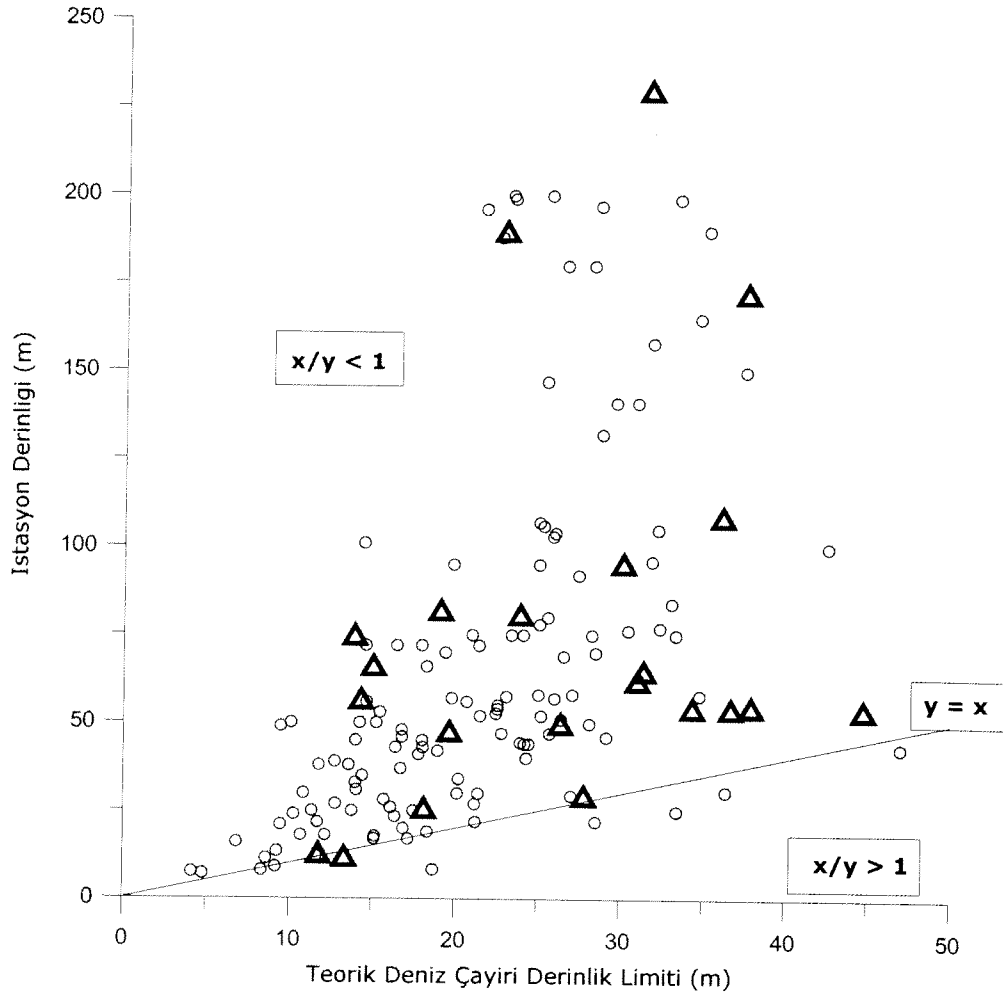




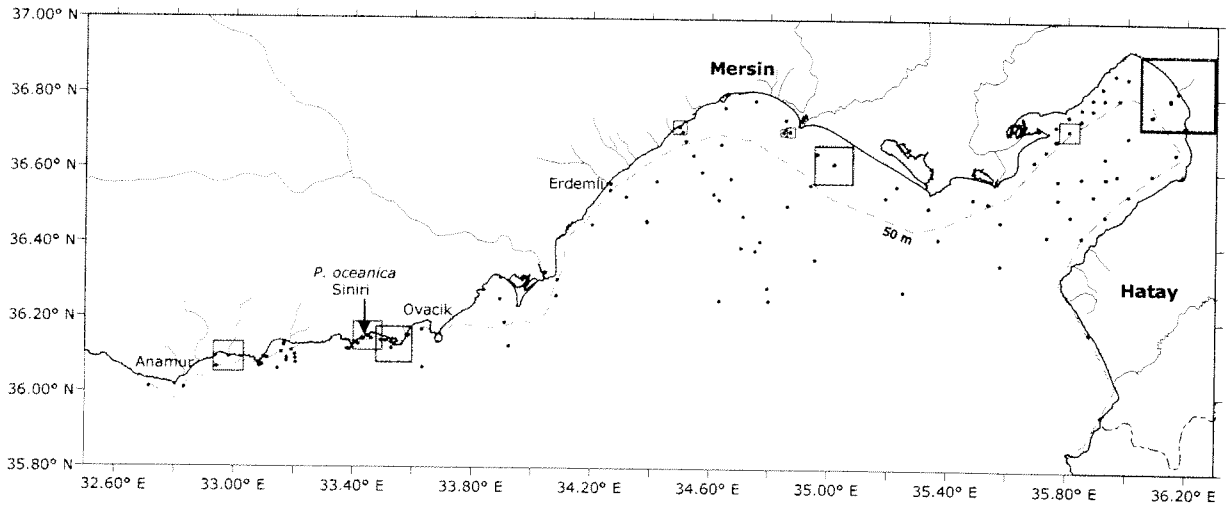
Şekil 15. ışık geçirgenliğine bağlı olarak *Posidonia oceanica*'nın yaşayabileceği teorik maksimum derinlikler ("•" istasyonları, "□" ve "Δ" yüzey ışımalarının %11'nin 10 metreden daha derine indiği istasyonları göstermektedir, derinlikler ölçekli olarak belirtilmiştir)



Şekil 16. ışık geçirgenliğine bağlı olarak *Posidonia oceanica*'nın yaşayabileceği teorik maksimum derinlikler ("•" istasyonları, "□" ve "Δ" yüzey işmasının %11'nin 10 metreden daha derine indiği istasyonları göstermektedir, derinlikler ölçekli olarak belirtilmiştir)



Şekil 17. teorik derinlik limitinin istasyon derinliğine oranı ("o" *Posidonia oceanica* olmayan istasyonlar, "Δ" *Posidonia oceanica* olan istasyonlar)

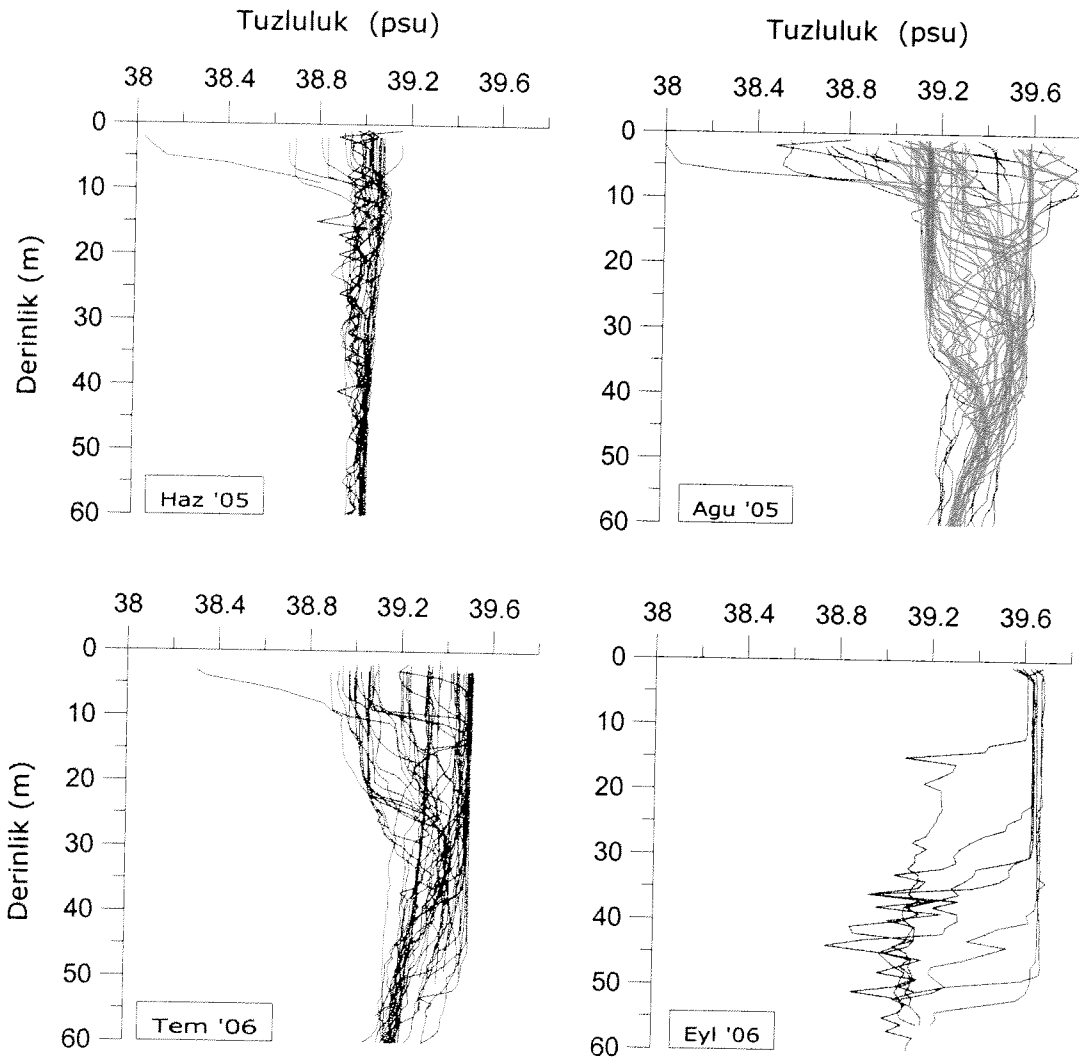


Şekil 18. teorik derinlik limitinin istasyon derinliğine oranınının 1 den büyük olduğu istasyonlar ölçekli olarak "□" ile belirtilmiştir ("•" ölçüm yapılan tüm istasyonları göstermektedir)

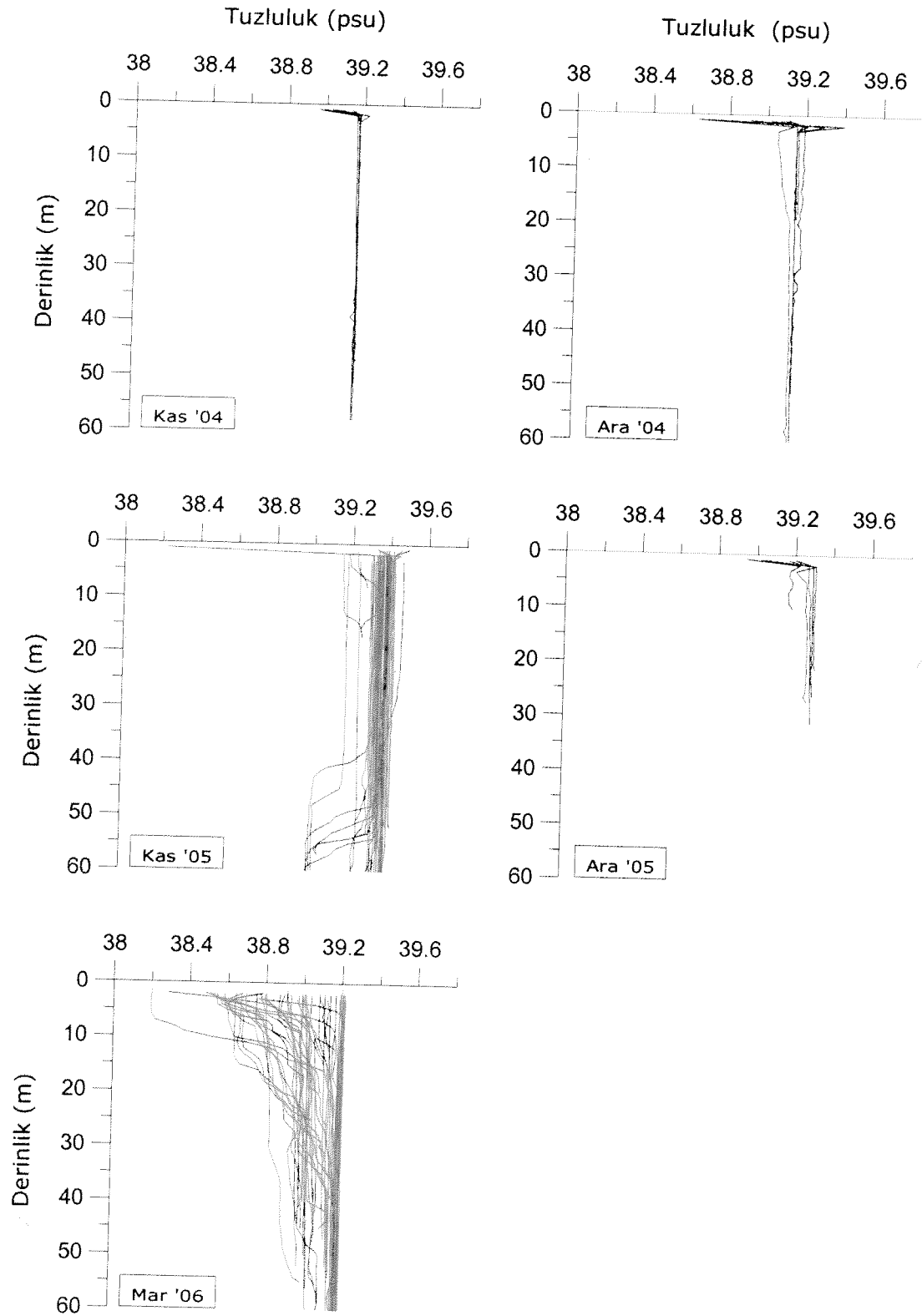
### 3.1.3 Tuzluluk

*Posidonia oceanica* diğer deniz çayırlarıyla kıyaslandığında tuzluluktaki değişimlere daha fazla hassastır. *Posidonia oceanica*'nın maksimum büyümeyi gösterdiği tuzluluk değerleri batı Akdeniz'de yapılan çalışmalarda 25-39 ppt tuzluluk değeri arasında bulunmuştur (FERNANDEZ-TORQUEMADA, SANCHEZ-LIZASO, 2004). Aynı çalışmada daha yüksek tuzlulukta *P. oceanica*'nın osmotik strese dayanamadığı için yaşayamadığı belirtilmiştir.

Çalışma döneminde alınan dikey tuzluluk profillerinde *Posidonia oceanica* olan ve olmayan bölgeler arasında herhangi belirgin bir farka rastlanmamıştır (Şekil 19). Kış aylarında tuzluluk 39.2 ppt değeri etrafında su kolonu boyunca homojen bir dağılım gösterirken, yaz aylarında yüzeyde tuzluluk değeri 39.6 ya kadar yükselmektedir. Bu sonuçlar 1990-91 yıllarında incelenmiş olan (bkz. ÇAYDAG 104Y028- Final raporu) dikey tuzluluk profillerindeki ile aynı olup tuzluluğun *Posidonia oceanica*'nın çalışma alanındaki dağılımını etkileyen önemli bir etken olmadığı gözlenmiştir.



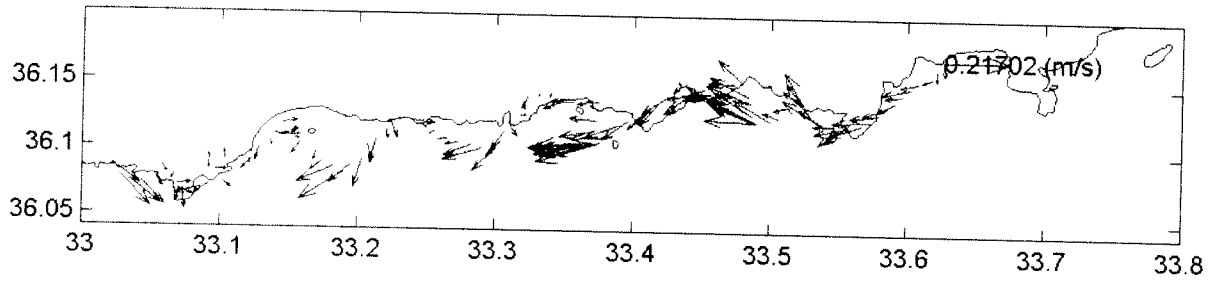
Şekil 19. Dikey deniz suyu tuzluluk profilleri (kırmızı renk *Posidonia oceanica* olmayan istasyonları, yeşil renk *Posidonia oceanica* olan istasyonları göstermektedir)



Şekil 19. (DEVAM) Dikey deniz suyu tuzluluk profilleri (kırmızı renk *Posidonia oceanica* olmayan istasyonları, yeşil renk *Posidonia oceanica* olan istasyonları göstermektedir)

### 3.1.4 Akıntı

Çalışma sırasında yapılan ölçümler sonucunda *Posidonia oceanica*'nın bugün bulunduğu alanlardan doğuya doğru taşınımına engel olabilecek etkenlerden birinin de bölgedeki genel akıntı sistemi olabileceği sonucu ortaya çıkmıştır. Koruma alanında akıntı tüm su kolunu boyunca batıya doğru ( $\sim 195^\circ$  W) 15 cm/sn hızla akmaktadır (Şekil 20). Mevcut akıntı sistemi içinde çimlenme olasılığı bulunan tohum ve kopan filizler sürekli olarak batıya taşınmaktadır. Oldukça sert olan akıntılar nedeniyle çayırın doğuya doğru gelişimi de bu nedenle sınırlanmaktadır.



Şekil 20. Genel Akıntı sistemi

### 3.2 *Posidonia oceanica* deniz çayırı parametreleri

Yapılan deniz çayırı ölçümlerinde *Posidonia oceanica* deniz çayırlarının çalışma alanında gözlemlendiği maksimum derinlik 31.8 metre (M3, Tablo 6) olarak tespit edilmiştir. Bu istasyon Kızılıman Deniz Koruma alanı içinde yer alıp yerleşim ve yapılaşmadan uzak insan etkisinin az olduğu bir bölgedir. Diğer sağlıklı çayır ise M4 istasyonunda (Tablo 6) gözlemlenmiştir. Burası yine koruma alanı içinde kalan bir adanın etrafıdır. Doğu Akdeniz'de sınırı oluşturan deniz çayırında (M6, Tablo 6) yapılan ölçümler ise bu yatağın en düşük derinlik limitine ve filiz yoğunluğuna sahip olduğunu göstermiştir. Bu durumda bu çayırın bir strese maruz kaldığı düşünülmektedir.

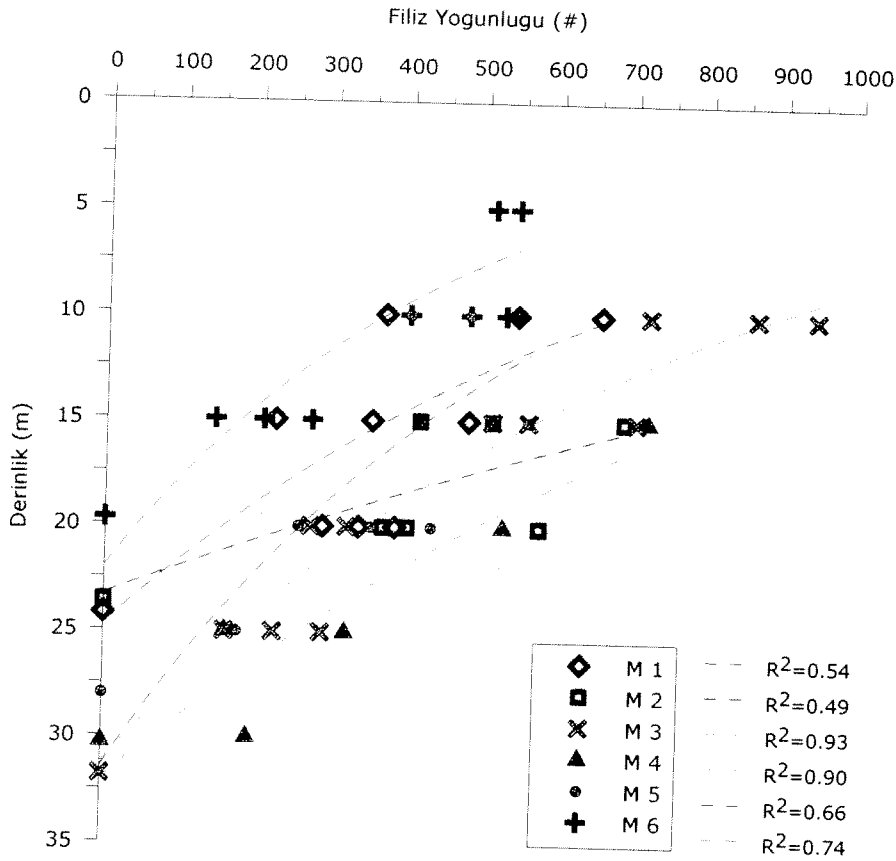
Tablo 6. Çayır parametreleri sonuçları

| İSTASYON # | MAKSİMUM DERİNLİK (m) | DERİNLİK (m) | FRAGMENTASYON (%) | SET SAYISI | EN UZUN YAPRAKLARIN ORTALAMA BOYU (cm) | ORTALAM A FİLİZ YOĞUNLUĞU (#/m <sup>2</sup> ) | ÇAYIR TIPI |
|------------|-----------------------|--------------|-------------------|------------|--|---|------------|
| M1         | 24.2                  | 20           | 0                 | 3          | 58.3                                   | 336   | ND         |
|            |                       | 15           | 0                 | 3          | 62.6                                   | 352   | ND         |
|            |                       | 10           | 0                 | 3          | 69.9                                   | 528   | ND         |
| M2         | 23.6                  | 20           | 21.8              | 3          | 59.1                                   | 412   | HSD        |
|            |                       | 15           | 27.9              | 3          | 44.3                                   | 539   | HSD        |
| M3         | 31.8                  | 25           | 19.7              | 3          | 23.3                                   | 224   | ND         |
|            |                       | 20           | 28.8              | 3          | 24.0                                   | 304   | ND         |
|            |                       | 15           | 10.2              | 3          | 24.0                                   | 592   | HSD        |
|            |                       | 10           | 10.8              | 3          | 33.9                                   | 843   | HSD        |
| M4         | 30.3                  | 30           | 0                 | 1          | 56.7                                   | 192   | ND         |
|            |                       | 25           | 0                 | 2          | 53.5                                   | 240   | ND         |
|            |                       | 20           | 0                 | 1          | 80.0                                   | 528   | HSD        |

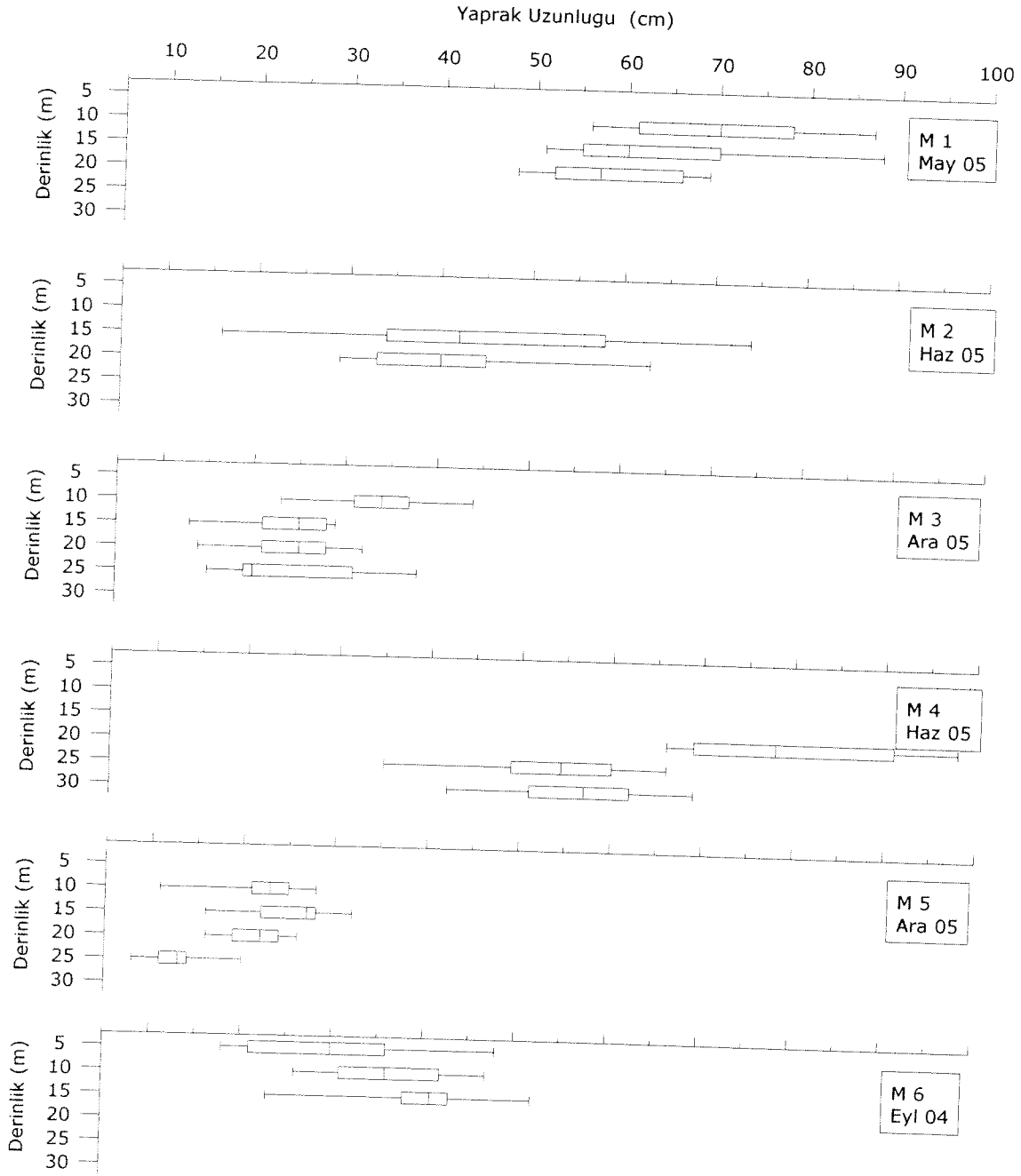
Tablo 6. (DEVAM) Çayır parametreleri sonuçları

| İSTASYON # | MAKSİMUM DERİNLİK (m) | DERİNLİK (m) | FRAGMENTASYON (%) | SET SAYISI | EN UZUN YAPRAKLARIN ORTALAMA BOYU (cm) | ORTALAMA FİLİZ YOĞUNLUĞU (#/m <sup>2</sup> ) | ÇAYIR TIPI |
|------------|-----------------------|--------------|-------------------|------------|--|--|------------|
| M5         | 28                    | 25           | 28.4              | 3          | 12.5                                   | 176  | ND         |
|            |                       | 20           | 0.64              | 3          | 21.3                                   | 347  | ND         |
|            |                       | 15           | 22.8              | 3          | 25.1                                   | 496  | HSD        |
|            |                       | 10           | 0.85              | 3          | 22.0                                   | 475  | ND         |
| M6         | 19.7                  | 15           | Ölçüm yok         | 3          | 40.7                                   | 208  | LSD        |
|            |                       | 10           | Ölçüm yok         | 3          | 36.1                                   | 469  | ND         |
|            |                       | 5            | Ölçüm yok         | 2          | 30.4                                   | 528  | ND         |

Bütün istasyonlarda filiz yoğunluğu derinliğe bağlı olarak azalmaktadır (Şekil 21). Bu azalma normal olup, ışık geçirgenliğine bağlıdır. Ancak istasyonlar arasında derinliğe bağlı azalma oranında farklılıklar gözlenmiştir. Aynı şekilde, M6 istasyonu hariç, diğer bütün istasyonlarda yaprak boyu da derinliğe bağlı olarak azalmaktadır (Şekil 22). M6 istasyonunda görülen bu farklılık bu istasyondaki filizlerin stres altında olduğunu doğrulamaktadır. *Posidonia oceanica* filizleri ışık geçirgenliğindeki düşüğe bağlı olarak strese maruz kaldıklarında filiz yoğunluğunu azaltan ve yaprak boyunu uzatan bir mekanizma geliştirmişlerdir (BORUM, 2004).



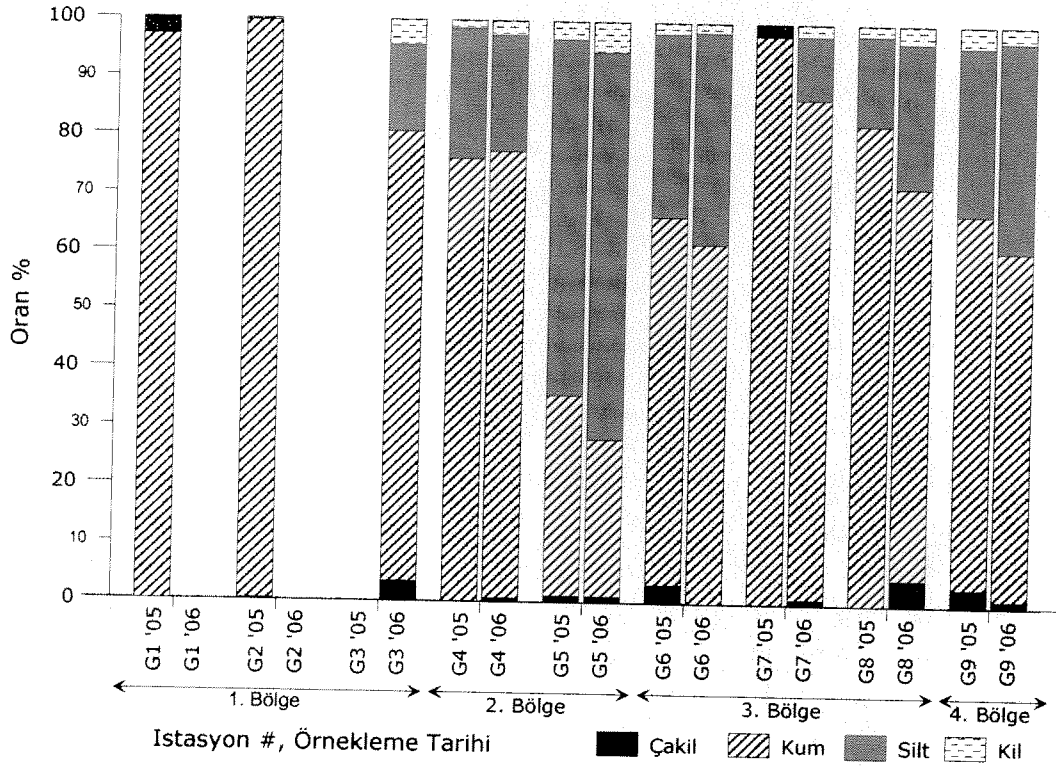
Şekil 21. *Posidonia oceanica* filiz yoğunluğunun derinliğe bağlı değişimi



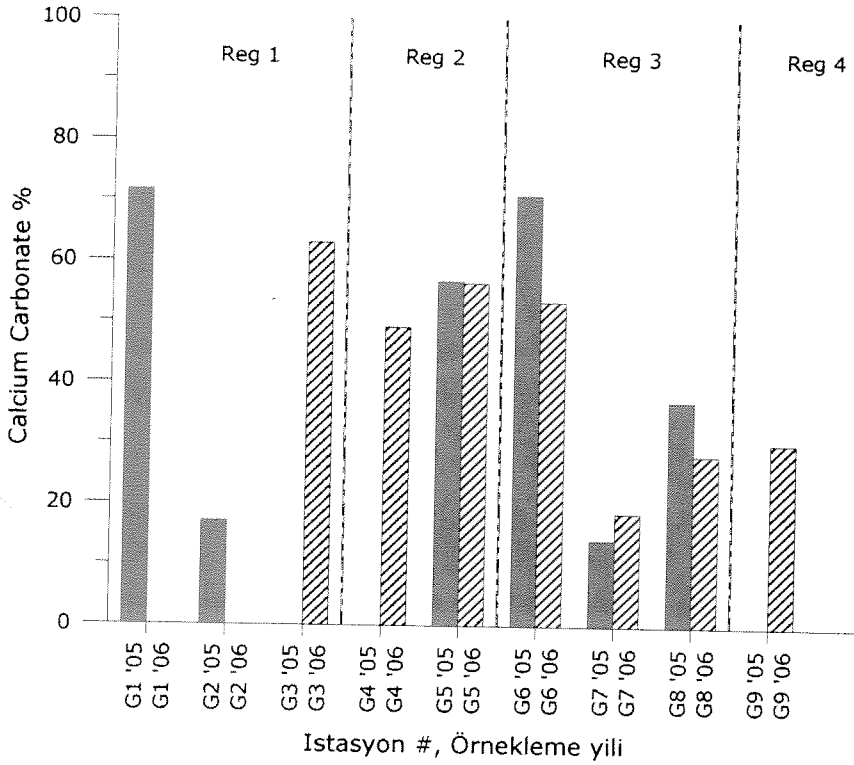
Şekil 22. *Posidonia oceanica* filizlerinin en uzun yaprak boylarının derinliğe bağlı değişimi

M6 istasyonundaki ışık geçirgenliğinin düşük olması aynı yerde yapılan sediman analizi sonuçları ile ilişkilendirilebilir ((M6 ve G5, Şekil 1)). Bu istasyon hariç diğer bütün sediman alınan istasyonlarda tane boyu analizine göre örneklenen alanlarda kumun yüzdesi daha fazla iken M6'ya denk gelen G5 istasyonunda silt daha fazla çıkmıştır (Şekil 23). Aynı örneklerde  $CaCO_3$  analizi sonuçlarına göre *Posidonia oceanica* olan 1. ve 2. bölgelerde konsantrasyon daha yüksek çıkmıştır (Şekil 24). Sadece 3. bölgede G6 istasyonunda değer yüksek çıkmış olup burası sınıra çok yakın olan ve literatürde *Posidonia oceanica* var olan alan olarak gösterilmesine rağmen bu proje sürecinde bir çayıra rastlanmamıştır.





Şekil 23. Sediman tane boyu analizi sonuçları

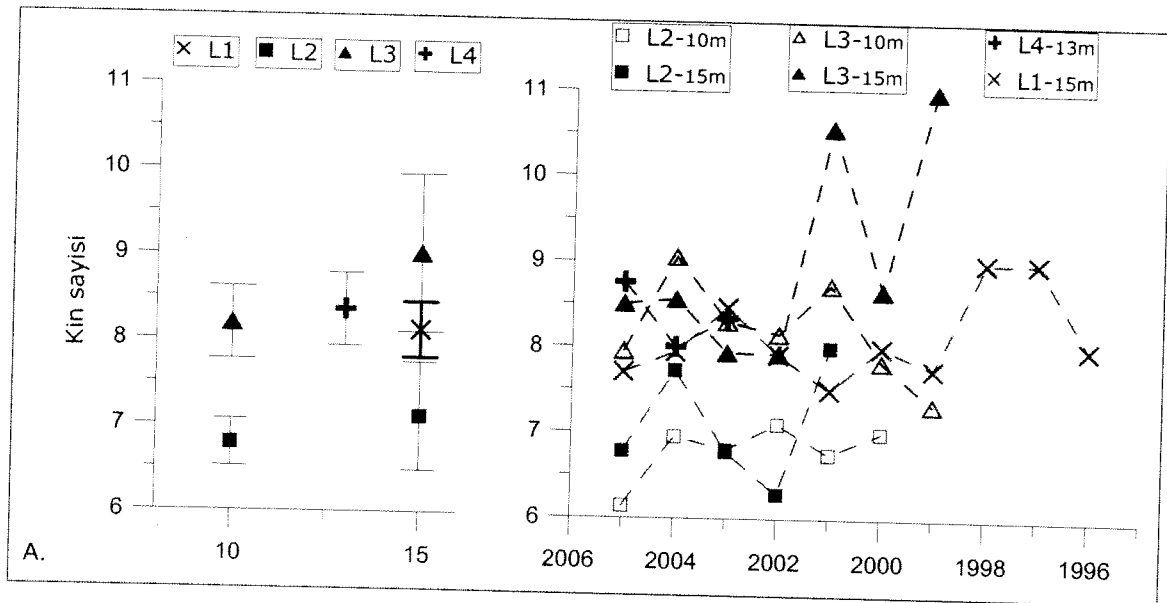


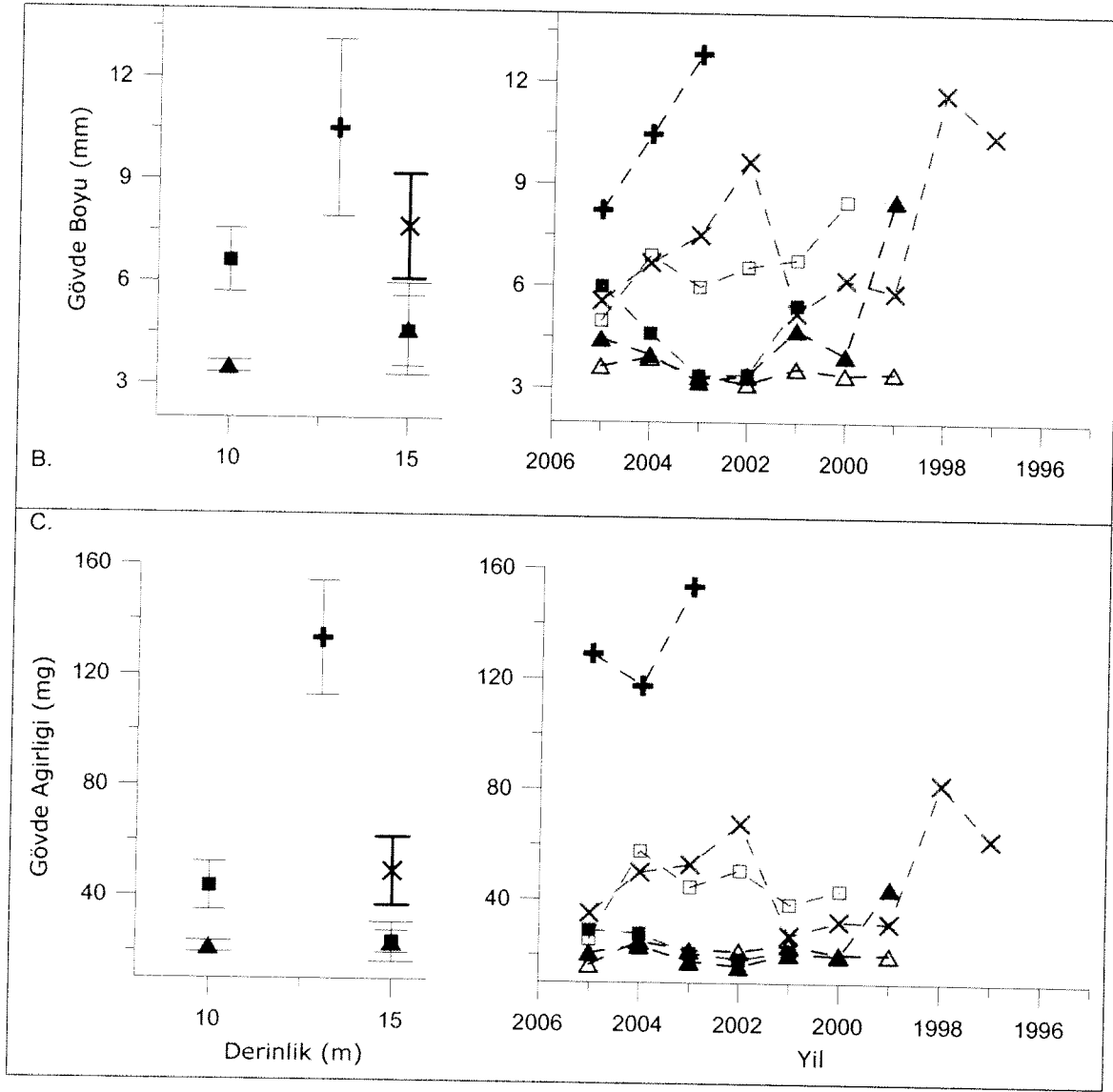
Şekil 24. Sediman CaCO<sub>3</sub> konsantrasyonları

### 3.3 Lepidokronoloji ve fenoloji analiz sonuçları

Lepidokronoloji yöntemi kullanılarak çıkartılan kın kalınlıklarındaki yıllık sinusoidal döngüler detaylı olarak araştırılmış ve eski yıllara ait uydu dastasından alınmış sıcaklık verileri ile ilişkilendirilmiştir (detaylar için bakınız EK-1). Ayrıca bu analiz sonucu yıllık kın sayısı, gövde uzaması ve gözde ağırlığı hesaplanmış ve ölçülmüştür. Bunların derinliğe ve yıllara bağlı değişimler Şekil 25'de gösterilmiştir. İstasyonlardan L1 ve L2 koruma alanı içinde L3 sınırı oluşturan çayırdaki ve L4 ekilen filizlerden alınan örneklerden oluşmaktadır (Şekil 1). L2 ve L3 istasyonlarında bir yılda oluşan toplam kın sayısı (= yıllık çıkan yaprak sayısı) (sheath Number= leaf Formation rate) derinlikle beraber artmıştır (Şekil 25. A). 1996 – 2006 yılları arasında L3 istasyonunda yıllık yaprak sayısı her iki derinlikte de L2 istasyonundan daha fazla olmuştur.

Gözde uzunluğu ve ağırlığı birbiriyle ilişkili ölçümlerdir dolayısıyla ikisi benzerlik göstermiş ve gövde üretimi (Rhizom production) olarak birlikte değerlendirilmiştir. Gövde üretimi en çok L4 istasyonunda ekim yapılan filizlerde gözlenmiştir (Şekil 25. B ve C). Bu sonuç ekilen filizlerin ortalama uyum sağlayıp tutunmak ve yayılmak için uzamasıyla ilişkilendirilebilir. L2 ve L3 istasyonları ise yaprak sayısında derinliğe bağlı değişimlerinde bir farklılık göstermezken gövde üretimi bu iki istasyonda derinliğe göre farklılık göstermiştir. L2 istasyonunda gövde üretimi derinlikle beraber azalırken (artan derinlikle büyüme parametrelerinde düşüş gözlenmesi beklenen bir tepkidir) L3 istasyonunda artmıştır.





Şekil 25. Lepidokronoloji sonuçları

Lepidokronoloji sırasında geriye yönelik elde edilen diğer bir bulgu *Posidonia oceanica*'nın Doğu Akdeniz'de hangi yıllarda çiçeklendiğidir. Çiçek kalıntısına sadece L1 istasyonundan alınan 20 filizin 3'ünde rastlanmıştır. Bu çiçeklenmeler 1999 ve 2003 yıllarına denk gelmektedir. 1998 ve 2003 yıllarında yaşanan aşırı sıcaklardan sonraki yıllara denk gelmesi Batı Akdeniz'de de gözlemlenen aşırı ısınmanın çiçeklenmeye neden olabileceği savı ile uyusmaktadır (DIAZ-ALMELA ve ark., 2007).

Filizlerin toplandığı an üzerinde bulunan yapraklara uygulanan fenoloji yöntemiyle bulunan farklı yaş gruplarındaki yaprak sayısı, boyu, eni ve otlama oranı (Coefficient A) ile birincil üretimi Şekil 26 ve Tablo 7 de özetlenmiştir. Buna göre L1 ve L4 istasyonlarında yaşlı ve genç yaprak sayısı orta yaprak sayısından daha fazla; L2 ve L3 istasyonlarında ise orta yaş yaprakların sayısı daha fazladır. Yaşlı ve orta yaprakların otlama oranı L4 istasyonunda en yüksek değere sahiptir. Bu durum ekilen filizlerde tüplü dalışla kontroller sırasında gözlemlenen aşırı otlama nedeniyle yaprak boyunda kısalmayı doğrulamaktadır.

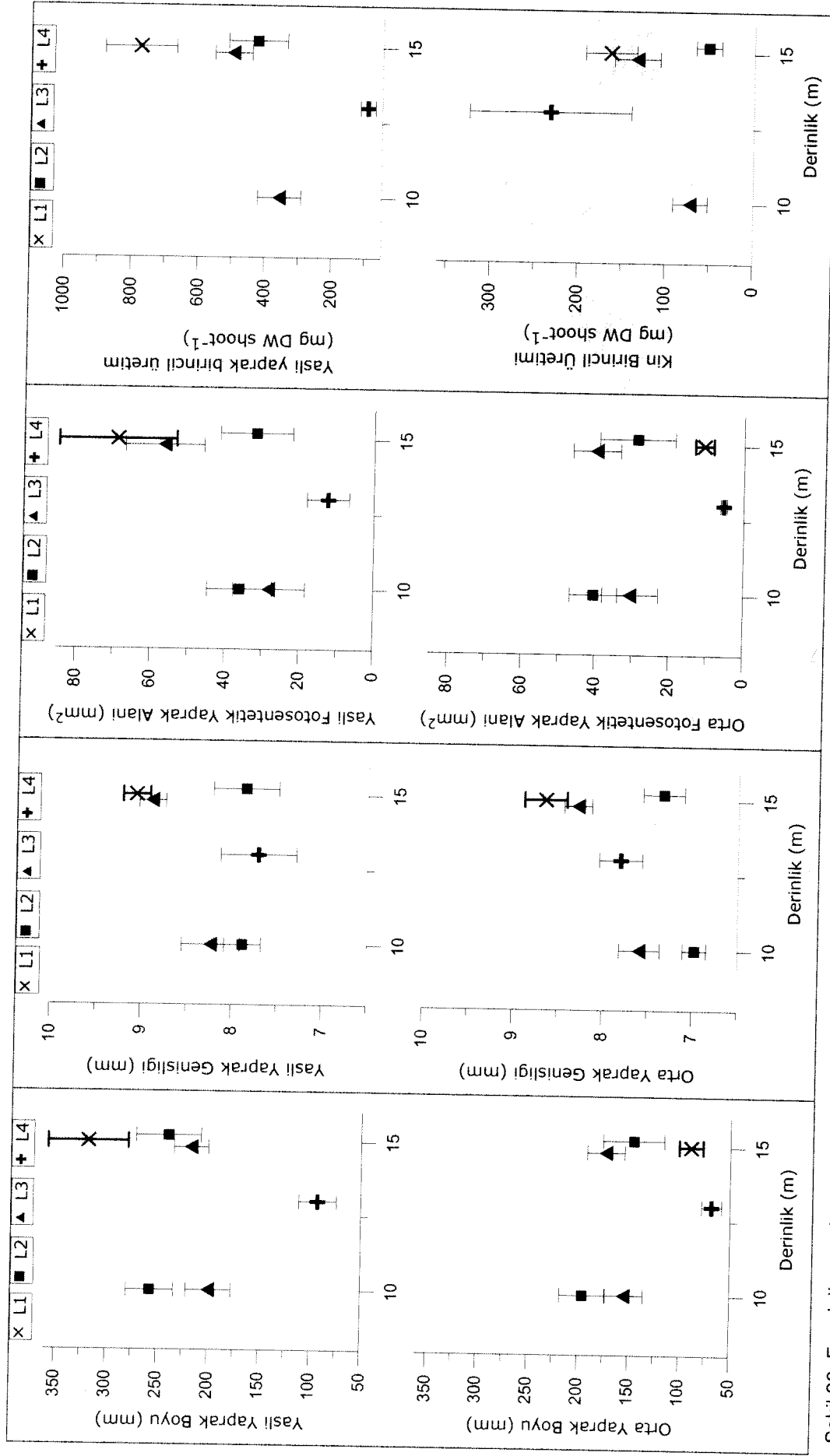
L3 istasyonunda derinlikle beraber yaşı yaprakların boyundaki artış ve L2 istasyonunda ise düşen yaşı yaprak boyu yerinde (in-situ) ölçülen çayır parametrelerinde M6 ve M3 istasyonlarında gözlenen yaprak boyu değişimiyle (Şekil 22) uyuşmaktadır. Bu kullanılan iki yöntemin birbiriyle tutarlılığını kanıtlamaktadır.

Tablo 7. Fenoloji sonuçları

| Yaprak Tipi           | Fenolojik parametreler                                       | İstasyon |                | L1              | L2             | L3             | L4             |               |
|-----------------------|--|----------|----------------|-----------------|----------------|----------------|----------------|---------------|
|                       |  | Derinlik |                |                 |                |                |                |               |
| Y<br>A<br>Ş<br>L<br>İ | Ortalama yaprak sayısı / filiz                               | 10m      |                | 2.50 ± 0.44     | 1.95 ± 0.34    | 1.76 ± 0.47    |                |               |
|                       | Coefficient A / filiz (%)                                    | 15m      |                |                 | 1.82 ± 0.36    |                | 3.25 ± 0.42    | 2.13 ± 0.69   |
|                       |  | 10m      |                |                 | 15.87 ± 0.12   |                | 1.67 ± 0.03    |               |
|                       | Ortalama yaprak boyu (mm)                                    | 15m      |                | 50.88 ± 0.13    | 16.67 ± 0.19   | 15.17 ± 0.09   | 15.17 ± 0.09   | 92.71 ± 0.09  |
|                       |  | 10m      |                |                 | 256.90 ± 23.11 |                | 199.38 ± 22.23 |               |
|                       | Ortalama kin boyu (mm)                                       | 15m      |                | 318.02 ± 39.03  | 239.60 ± 31.64 | 217.26 ± 16.72 | 217.26 ± 16.72 | 92.65 ± 18.39 |
|                       |  | 10m      |                |                 | 24.49 ± 4.15   |                | 18.67 ± 2.87   |               |
|                       | Ortalama yaprak genişliği (mm)                               | 15m      |                | 29.46 ± 2.42    | 19.70 ± 6.40   | 23.57 ± 2.36   | 23.57 ± 2.36   | 19.53 ± 2.22  |
|                       |  | 10m      |                |                 | 7.88 ± 0.20    |                | 8.23 ± 0.32    |               |
|                       | Yaprak alanı indeksi / filiz (cm <sup>2</sup> )              | 15m      |                | 9.06 ± 0.15     | 7.85 ± 0.36    | 8.88 ± 0.15    | 8.88 ± 0.15    | 7.71 ± 0.42   |
|                       |  | 10m      |                |                 | 39.88 ± 9.45   |                | 31.03 ± 10.64  |               |
|                       | Fotosentetik yaprak alanı indeksi / filiz (cm <sup>2</sup> ) | 15m      |                | 76.01 ± 16.82   | 34.74 ± 10.99  | 62.84 ± 11.06  | 62.84 ± 11.06  | 15.59 ± 6.67  |
|                       |  | 10m      |                |                 | 36.06 ± 8.76   |                | 28.11 ± 9.67   |               |
|                       | Yaprak birincil üretimi (mg/shoot)                           | 15m      |                | 68.99 ± 15.72   | 31.80 ± 9.78   | 56.43 ± 10.57  | 56.43 ± 10.57  | 12.38 ± 5.66  |
|                       |  | 10m      |                |                 |                | 356.96 ± 65.22 |                |               |
|                       | Kin birincil üretimi (mg/shoot)                              | 15m      |                | 775.50 ± 106.79 | 425.69 ± 88.25 | 498.49 ± 55.65 | 498.49 ± 55.65 | 92.57 ± 22.93 |
| 10m                   |  |          |                |                 | 71.24 ± 19.60  |                |                |               |
|                       |  | 15m      | 163.03 ± 29.11 | 51.46 ± 14.44   | 132.99 ± 26.06 | 132.99 ± 26.06 | 231.66 ± 92.36 |               |

Tablo 7. (DEVAM) Fenoloji sonuçları

| Yaprak Tipi                    | Fenolojik parametreler   | İstasyon                       |     | L1            | L2             | L3              | L4           |             |
|--------------------------------|--|--------------------------------|-----|---------------|----------------|-----------------|--------------|-------------|
|                                |  | Derinlik                       |     |               |                |                 |              |             |
| O<br>R<br>T<br>A               | Ortalama yaprak sayısı / filiz   | 10m                            |     | 1.40 ± 0.26   | 2.90 ± 0.30    | 2.62 ± 0.32     | 0.63 ± 0.36  |             |
|                                |  | 15m                            |     |               | 2.64 ± 0.40    | 2.75 ± 0.24     |              |             |
|                                | Coefficient A / filiz (%)  | 10m                            |     | 0.00 ±        | 1.59 ± 0.03    | 1.59 ± 0.03     |              |             |
|                                |  | 15m                            |     |               | 0.00 ±         | 1.67 ± 0.03     | 20.00 ± 0.39 |             |
|                                |  | 10m                            |     | 88.79 ± 11.69 | 195.33 ± 22.62 | 154.53 ± 19.03  |              |             |
|                                | Ortalama yaprak boyu (mm)  | 15m                            |     |               | 145.62 ± 30.23 | 173.00 ± 18.55  | 68.40 ± 9.83 |             |
|                                |  | 10m                            |     |               | 6.98 ± 0.13    | 7.59 ± 0.22     |              |             |
|                                | Ortalama yaprak genişliği (mm)   | 15m                            |     | 8.64 ± 0.24   | 7.33 ± 0.23    | 8.28 ± 0.15     | 7.80 ± 0.24  |             |
|                                |  | 10m                            |     |               | 40.46 ± 6.47   | 30.53 ± 7.55    |              |             |
|                                | Yaprak alanı indeksi (=Fotosentetik yaprak alanı indeksi) / filiz (cm <sup>2</sup> ) | 15m                            |     | 10.73 ± 2.52  | 28.83 ± 10.23  | 39.81 ± 6.39    | 5.35 ± 0.88  |             |
|                                |  | 10m                            |     |               |                |                 |              |             |
|                                |  | 15m                            |     |               |                |                 |              |             |
|                                | G<br>E<br>N<br>Ç   | Ortalama yaprak sayısı / filiz | 10m |               |                | 0.76 ± 0.23     | 0.86 ± 0.15  |             |
|                                |  |                                | 15m |               | 2.50 ± 0.30    | 0.91 ± 0.18     | 0.95 ± 0.27  | 2.13 ± 0.69 |
|                                |  | Ortalama yaprak boyu (mm)      | 10m |               |                | 21.56 ± 8.69    | 20.50 ± 8.17 |             |
| 15m                            |  |                                |     | 16.28 ± 4.08  | 15.10 ± 7.36   | 13.00 ± 6.14    | 14.94 ± 6.33 |             |
| Ortalama yaprak genişliği (mm) |  | 10m                            |     |               | 5.50 ± (n:1)   | 7.18 ± 0.46     |              |             |
|                                |  | 15m                            |     | 7.88 ± 0.45   | - ± -          | 8.00 ± (SIDV=0) | 7.80 ± 0.39  |             |



Şekil 26. Fenoloji sonuçları

### 3.4 *Posidonia oceanica* deniz çayırı nakil ve ekimi (transplantasyonu)

Transplantasyon deneyi boyunca 3 farklı bölgede toplam 22 çerçeve yerleştirilmiş, çalışma sürecinin sonunda bunlardan sadece 13 tanesinde ekilen *Posidonia oceanica* filizleri canlı kalmıştır. Diğer çerçevelerdeki filizler çeşitli nedenlerle zarar görmüş ve canlı kalamamıştır.

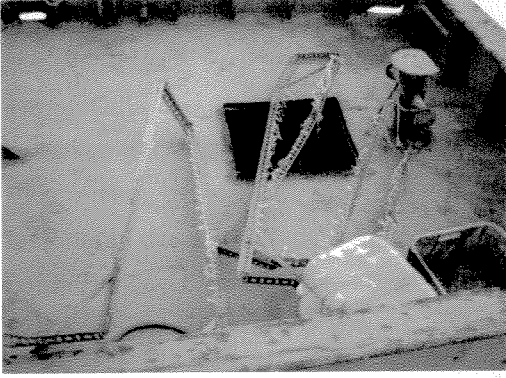
Aralık 2004'te 5.bölgede (Şekil 1) yerleştirilen ilk iki çerçeve (F1 ve F2, Tablo 4) transplantasyon tarihinden çok kısa bir süre sonra parçalanmış şekilde ticari bir gırgır teknesinde bulunmuştur (Şekil 27.a). Aynı şekilde 2.bölgede demirden koruma kafesi olmasına rağmen bir çerçeve daha dip trolü yüzünden zarar görmüş (Şekil 27.b) ve bu çerçeveye bağlanan sıcaklık kayıt cihazlarından biri yine bu sebeple kaybedilmiştir. Mayıs 2005'te 2.bölgede ekilen *Posidonia oceanica* filizleri temmuz 2005 te ölü olarak bulunmuş (Şekil 27.c), olası sebepler arasında yüksek deniz suyu sıcaklığı, düşük ışık geçirgenliği yada toplanan filizlerin taşıma sırasında patojenlerden etkilenmiş olabileceği kanısına varılmıştır. Bu nedenle aynı bölgede transplantasyon yeniden denenmiştir. Yeni ekilen filizlerin yaprakları 1 ay kadar kısa bir süre sonunda aşırı otlama (over-grazing) nedeniyle zarar görmüştür (Şekil 27.d). Bölgedeki potansiyel otçul canlılar arasında Kızıldeniz göçmeni Lessepsiyen *Siganus sp.* ve Indo-Pacific *Conomurex persicus* bulunmaktadır.

5. bölgede yerleştirilen son 12 çerçeve ve 1. bölgede (*Posidonia oceanica*'nın doğal olarak bulunduğu ve transplantasyon deneyi için filizlerin toplandığı çayır) uygulanan yöntemin kontrolü için yerleştirilen bir çerçeve halen canlılığını sürdürmektedir (Şekil 27.e ve f). Ancak 5. bölgede ekilen filizlerin yaprakları da otlama etkisine maruz kalmakta ve kısılmaktadır.

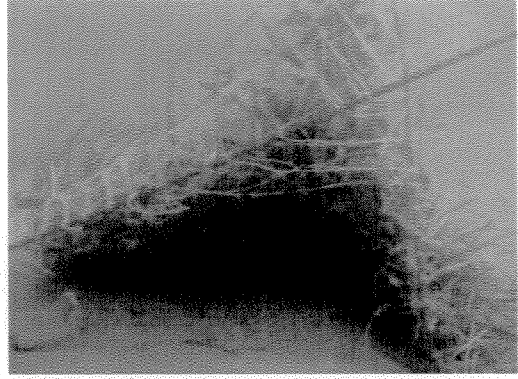
Sonuç olarak 1. ve 5. bölgelerde 1 yılı aşkın bir süre hayatta kalan *Posidonia oceanica* filizleri uygulanan yöntemin uygunluğunu kanıtlamıştır (MEINESZ, 1991). Ancak diğer çerçevelerde karşılaşılan problemler *Posidonia oceanica*'nın bölgede maruz kaldığı tehditleri göz önüne sermiştir. Dip yapısını bozan aşırı avcılığın ve son yıllarda hızla yayılan ve yerleşen Kızıldeniz göçmeni otçul beslenen canlıların otlama baskısının türün Doğu Akdeniz'de bulunmamasına ve/veya geri çekilmesine yol açabileceği tahmin edilmektedir.



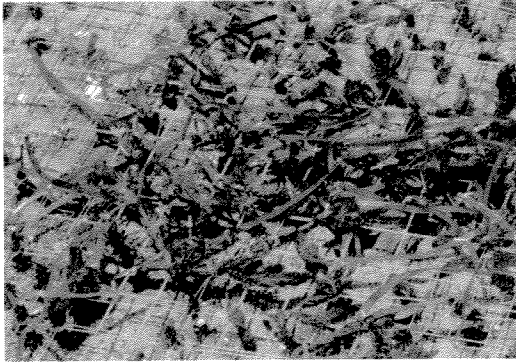
a.



b.



c.



d.



e.



f.



Şekil 27. Transplantasyon sonuçları

#### 4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Tamamlanan bu destek proje ile 104Y028 nolu proje sırasında karşılaşılan Doğu Akdeniz'de *Posidonia oceanica* deniz çayırlarının dağılımını sınırlandıran etkenlerin neler olduğu sorusuna yanıt aranmıştır. Elde edilen fiziksel bulgular bölgedeki *Posidonia oceanica*'nın yaşamasına etki eden en önemli faktörlerin deniz suyu sıcaklığı ve ışık geçirgenliği olduğunu ortaya koymuştur. Ancak *Posidonia oceanica* deniz çayırlarının Levant Denzinde bulunmamasına neden olabilecek bölgenin hidrolojik özellikleri ve doğal *Posidonia oceanica* çayırlarının sağlıklılık parametreleri ölçümlerinin dışında Türkiye'nin Akdeniz kıyılarında ilk defa gerçekleştirilen *Posidonia oceanica* transplantasyonu soruya farklı bir bakış açısı kazandırmıştır. Çalışma alanında maruz kalınan aşırı avcılık ve Lessepsiye otobur türlerin baskınlığı da ciddi bir tehdit oluşturmaktadır.

Bu proje kapsamında uygulanan yöntemler uzun vadede devamlı takip gerektiren bir çalışmayı gerektirmektedir. Bu nedenle bu çalışmanın devamlılığının sağlanması Doğu Akdeniz ekosistemindeki uzun vadeli değişimlerin takip edilmesi, *Posidonia oceanica* çayırlarının dağılımındaki ve sağlıklılık durumlarındaki çevresel faktörlere bağlı değişimlerin belirlenmesi için çok önemlidir. Bunun için geçmişe yönelik bilgi sağlayan lepidokronoloji yöntemine daha fazla örnekleme ile devam edilmesi, bu yöntemin sonuçlarının fiziksel sonuçlara bağlanarak küresel değişimlere uyarlanması ve çayırların güncel durumunun gözlenerek takip edilmesi sonraki çalışmalar için önerilmektedir. Diğer önemli bir araştırma konusu ise başlatılan transplantasyon deneyinin kontrolünün ve devamının sağlanmasıdır.

## 5. REFERANSLAR

- AYSEL, V., ERDUGAN, H. Ve OKUDAN, E.Ş., Marine Algae and Seagrasses of Adana (Mediterranean, Turkey). *Journal of Black Sea/Mediterranean Environment*, 12: 35 - 57. (2006a)
- AYSEL, V., ERDUGAN, H. Ve OKUDAN, E.Ş., Marine Algae and Seagrasses of Mersin Shore (Mediterranean, Turkey). *Journal of Black Sea/Mediterranean Environment*, 12: 79-97. (2006b)
- AYSEL, V., OKUDAN, E.Ş. ve ERDUGAN, H., Marine Algae and Seagrasses of Hatay (Mediterranean, Turkey). *Journal of Black Sea/Mediterranean Environment*, 12: 159-179. (2006c).
- BORUM, J., DUARTE, C.M., KRAUSE-JENSEN, D. ve GREVE, T.M., European seagrasses: an introduction to monitoring and management. The M&MS project, (2004) 88 pp.
- BUIA, M.C., GAMBI, M.C. ve DAPPIANO, M., Seagrass systems. In: M.C. Gambi and M. Dappiano (Editors), *Mediterranean marine benthos: a manual of methods for its sampling and study*. Biologia Marina Mediterranea, Genova, pp. 133-183 (2004)
- CIRIK, Ş., A Propose de la Végétation Marine de la baie d'Akkuyu (Mersin-Turquie), 5. OPTIMA meeting, Istanbul (1986).
- DIAZ-ALMELA, E., MARBÀ, N., DUARTE, C.M., Consequences of Mediterranean warming events in seagrass (*Posidonia oceanica*) flowering records, *Global Change Biology*, 13 (1): 224–235, (2007).
- DUARTE, C.M., Seagrass depth limits. *Aquatic Botany*, 40(4): 363-377. (1991)
- DUARTE, C.M., The future of seagrass meadows, *Environmental Conservation*, 29:192–206, (2002).
- FERNANDEZ-TORQUEMADA, JOSE' LUÍS SANCHEZ-LIZASO, Effects of salinity on leaf growth and survival of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 320 (2005) 57–63 (2004).
- FOLK, R.L., *Petrology of Sedimentary Rocks*, Hemphill Publishing Company, Hemphill, Austin, TX, (1974). 159 pp.
- GREEN, E.P., SHORT, F.T. (ed.), *World atlas of seagrasses*, University of California Press Berkeley, USA, (2003). 310 pp.

- GUCU, G. ve GUCU, A.C., Ecological significance of sea grass meadows (*Posidonia oceanica* (L.) delile) in Bozyazi-Kizilliman marine protected area. Proceedings of the Second International Conference on Oceanography Of The Eastern Mediterranean And Black Sea: Similarities and Differences of Two Interconnected Basin, 14-18 October 2002, METU Cultural and Convention Center Ankara, Turkey, 924-930. (2002).
- LARKUM, A.W.D., ORTH, R.J., DUARTE, C. (ed.), *Seagrasses: biology, ecology and conservation*, Springer: Dordrecht, Netherlands, (2006). 691 pp.
- MEINESZ, A., CAYE, G., LOQUES, F., MOLENAAR, H., Growth and development in culture of orthotropic rhizomes of *Posidonia oceanica*, *Aquatic Botany*, 39(3-4): 367-377, (1991).
- PERGENT, G., PERGENT-MARTINI, C., Some applications of lepidochronological analysis in the seagrass *Posidonia oceanica*, *Botanica Marina*, 33:299-310, (1990).
- PERGENT, G., PERGENT-MARTINI, C., Leaf renewal cycle and primary production of *Posidonia oceanica* in the bay of Lacco Ameno (Ischia, Italy) using lepidochronological analysis, *Aquatic Botany*, 42 (1): 49-66, (1991).
- PERGENT, G., PERGENT-MARTINI, C., FERNANDEZ, C., PASQUALINI, V., WALKER, D., Morphochronological variations and primary production in *Posidonia* sea grass from Western Australia, *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 84(5): 895-899, (2004).
- SHORT, F.T. ve COLES, R.G., *Global Seagrass Research Methods*. Elsevier Science, Amsterdam, (2001) 473 pp.
- URL 1, 2007. <http://www.unep.org/>

## EK 1

ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsü, Deniz Biyolojisi ve Balıkçılık Bölümü'nde 25 Nisan 2007 tarihinde tamamlamış olduğum "A STUDY ON POSIDONIA OCEANICA (L.) Delile, 1813, SEAGRASS MEADOWS IN THE LEVANT SEA" adlı yüksek lisans tezimin kopyası (İngilizce) final raporunun bulunduğu ekli CD'de sunulmuştur. Aşağıda tezimin Türkçe özeti verilmiştir.

### ÖZ

#### LEVANT DENİZİ *POSIDONIA OCEANICA* (L.) Delile, 1813 DENİZÇAYIRLARI ÜZERİNE BİR ÇALIŞMA

ÇELEBİ, Billur

Yüksek Lisans Tezi, Deniz Biyolojisi ve Balıkçılık Bölümü

Tez Yöneticisi: Doç. Dr. Ali Cemal GÜCÜ

Nisan 2007, 124 sayfa

Bu yüksek lisans tez çalışmasında, Türkiye kıyılarındaki *Posidonia oceanica* deniz çayırlarının Kuzey Doğu Akdeniz dağılımı ve durumu incelenmiştir. Çalışma alanı *Posidonia oceanica* deniz çayırlarının Doğu Akdeniz'deki coğrafi dağılımının sınırını içerdiğinden ayrı bir öneme sahiptir. Tez çalışmasının ana amacı *Posidonia oceanica* deniz çayırlarının bölgede bulunmama veya geri çekilme sebeplerinin çevresel değişimlerle ilişkilendirilerek araştırılmasıdır. Çalışma, Anamur/Mersin ve Samandağ/Hatay arasında kalan kıyı şeridinde seçilen beş ana bölgede Eylül 2004 - Ocak 2007 tarihleri arasında gerçekleştirilmiştir. Bölgelerin belirlenmesinde *Posidonia oceanica* deniz çayırlarının bulunup bulunmaması esas alınmıştır. Buna göre dağılımın coğrafik sınırındaki *Posidonia oceanica* yatağını içeren 1, sınırın batısında 1, doğusunda 3 olmak üzere toplam 5 bölge seçilmiştir.

Çalışma alanının hidrolojik özelliklerinden deniz suyu sıcaklığı, tuzluluğu ve ışık geçirgenliği ölçülmüştür. Ek olarak taban yapısının *Posidonia oceanica* çayırlarının yetişmesine uygunluğunu kontrol etmek için sediman tane boyu analizi yapılmıştır. Bölgede temel farklılıklar sıcaklık ve ışık ölçümlerinde tespit edilmiştir. 10 ve 15 metre derinliklerine yerleştirilen sıcaklık kayıt cihazlarından alınan veriler ile, uydudan (NOAA-AVHRR) alınan yüzey suyu sıcaklık verilerinin her ikisinde de *Posidonia oceanica* deniz çayırlarının bulunmadığı doğu istasyonlarında sıcaklığın batıdaki istasyonlara göre daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Bu çalışma sırasında coğrafik sınırın doğusunda doğal olarak bulunan *Posidonia oceanica* deniz çayırlarına yerleştirilen sıcaklık kayıt cihazlarından elde edilen

veriler doğrultusunda, *Posidonia oceanica* deniz çayırlarının büyüebilmesi için dayanabileceği en yüksek sıcaklık 28.4°C olarak belirlenmiştir.

Çalışma alanında genel olarak yüzey ışımasının %10'u sığ derinliklerde soğurulduğundan, bölgedeki düşük ışık geçirgenliğinin deniz çayırlarının büyümesini sınırlayan bir faktör olduğu tespit edilmiştir. Özellikle Mersin ve Iskenderun körfezlerinde kıyısız istasyonlarda *Posidonia oceanica* deniz çayırlarının büyümesi için gerekli en düşük ışık seviyesi 10 metre'den daha derine ulaşamamıştır.

*Posidonia oceanica* deniz çayırları ile ilgili biyolojik parametreler çayırların doğal olarak bulunduğu batıdaki ilk iki bölgede bütüncü 3 yöntem ile araştırılmıştır. Çayırların yapısal özellikleri asıl yerinde sualtı örnekleme ile incelenmiştir. En düşük filiz yoğunluğu ve yaprak boyu Kuzey Doğu Akdeniz'de coğrafi sınırı oluşturan deniz çayırı yatağında bulunmuştur. Bu yatak aynı zamanda incelenen diğer istasyonlara göre en düşük derinlik sınırına sahiptir. Fonksiyonel özellikler ise lepidokronoloji ve fenolojik analiz yöntemleri ile laboratuarda gerçekleştirilmiştir. Ölçümlerin çoğu derinliğe veya istasyonlardaki çevresel koşullara bağlı olarak farklılık göstermiştir. Lepidokronoloji yöntemi ile elde edilen kın (kabuk) kalınlığındaki döngüsel değişimler matematiksel model kullanılarak abiyotik parametrelerle ilişkilendirilmiştir.

Son olarak, sınırın doğusunda kalan ve *Posidonia oceanica* deniz çayırlarının günümüzde bulunmadığı iki bölgede Türkiye sahillerinde bilinen ilk *Posidonia oceanica* nakil ve ekimi gerçekleştirilmiştir. Ekilen filizlerin batıda kontrol amaçlı seçilen bir istasyonda deney süresince hayatta kalabilmesi kullanılan yöntemin uygun olduğunu gösterirken; diğer istasyonlarda ekilen filizlerin istenilen başarıyı elde edememesi bölgede eski kaynakçalarda doğal olarak bulunduğu belirtilen *Posidonia oceanica* deniz çayırı yataklarının yok olması veya gerilemesinin olası sebepleri hakkında bilgi sağlamıştır. Bu nedenler arasında dip trolünün tahrip edici etkisi, Lessepsiyen göçü ve otlamanın etkisi, uzun dönemli iklimsel değişimlerin sebep olduğu çevresel değişimler (sıcaklık artışı ve ışık geçirgenliğinin azalması) yer almaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** *Posidonia oceanica*, Kuzey Doğu Akdeniz, lepidokronoloji, nakil ve ekim, sıcaklık

veriler doğrultusunda, *Posidonia oceanica* deniz çayırlarının büyüebilmesi için dayanabileceği en yüksek sıcaklık 28.4°C olarak belirlenmiştir.

Çalışma alanında genel olarak yüzey ışımalarının %10'u sığ derinliklerde soğurulduğundan, bölgedeki düşük ışık geçirgenliğinin deniz çayırlarının büyümesini sınırlayan bir faktör olduğu tespit edilmiştir. Özellikle Mersin ve Iskenderun körfezlerinde kıyasal istasyonlarda *Posidonia oceanica* deniz çayırlarının büyümesi için gerekli en düşük ışık seviyesi 10 metre'den daha derine ulaşamamıştır.

*Posidonia oceanica* deniz çayırları ile ilgili biyolojik parametreler çayırların doğal olarak bulunduğu batıdaki ilk iki bölgede bütünleyici 3 yöntem ile araştırılmıştır. Çayırların yapısal özellikleri asıl yerinde sualtı örnekleme ile incelenmiştir. En düşük filiz yoğunluğu ve yaprak boyu Kuzey Doğu Akdeniz'de coğrafi sınırı oluşturan deniz çayırı yatağında bulunmuştur. Bu yatak aynı zamanda incelenen diğer istasyonlara göre en düşük derinlik sınırına sahiptir. Fonksiyonel özellikler ise lepidokronoloji ve fenolojik analiz yöntemleri ile laboratuarda gerçekleştirilmiştir. Ölçümlerin çoğu derinliğe veya istasyonlardaki çevresel koşullara bağlı olarak farklılık göstermiştir. Lepidokronoloji yöntemi ile elde edilen kın (kabuk) kalınlığındaki döngüsel değişimler matematiksel model kullanılarak abiyotik parametrelerle ilişkilendirilmiştir.

Son olarak, sınırın doğusunda kalan ve *Posidonia oceanica* deniz çayırlarının günümüzde bulunmadığı iki bölgede Türkiye sahillerinde bilinen ilk *Posidonia oceanica* nakil ve ekimi gerçekleştirilmiştir. Ekilen filizlerin batıda kontrol amaçlı seçilen bir istasyonda deney süresince hayatta kalabilmesi kullanılan yöntemin uygun olduğunu gösterirken; diğer istasyonlarda ekilen filizlerin istenilen başarıyı elde edememesi bölgede eski kaynakçalarda doğal olarak bulunduğu belirtilen *Posidonia oceanica* deniz çayırı yataklarının yok olması veya gerilemesinin olası sebepleri hakkında bilgi sağlamıştır. Bu nedenler arasında dip trolünün tahrip edici etkisi, Lessepsiye'nin göçü ve otlamanın etkisi, uzun dönemli iklimsel değişimlerin sebep olduğu çevresel değişimler (sıcaklık artışı ve ışık geçirgenliğinin azalması) yer almaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** *Posidonia oceanica*, Kuzey Doğu Akdeniz, lepidokronoloji, nakil ve ekim, sıcaklık

## **EK 2**

29 Mayıs – 3 Haziran 2006 tarihleri arasında Malta’da gerçekleştirilen uluslar arası Deniz Çayırları Çalıştayı 2006’da (Mediterranean Seagrass Workshop - MSW 2006) sözlü olarak sunulan ve bildirilerin yayınlandığı özel sayı olarak çıkartılan “Biologia Marina Mediterranea, 13 (4) 2006” adlı yayında basılan makale.



B. CELEBI, A. CEMAL GUCU, M. OK, S. SAKINAN, E. AKOGLU

Institute of Marine Sciences, Middle East Technical University, Mersin 33731, Turkey

## HYDROGRAPHIC INDICATIONS TO UNDERSTAND THE ABSENCE OF *POSIDONIA OCEANICA* IN THE LEVANT SEA (EASTERN MEDITERRANEAN)

### Abstract

In the present study the three hydrological factors turbidity, salinity and temperature which may be possible reasons of the absence of *Posidonia oceanica* in Levant Sea were investigated. The temperature has come out as the most remarkable factor between the two sides of the *Posidonia oceanica* boundary in the northeastern Mediterranean Sea. The observations suggested that the 28.4 °C is a limit for the growth of the species.

**Key-words:** *Posidonia oceanica*, Levant Sea, temperature, salinity, turbidity.

### Introduction

As an endemic seagrass species to the Mediterranean *Posidonia oceanica* (L.) Delile can be found in the littoral zones of the Mediterranean and Marmara Seas (Green and Short, 2003). There is little information about the distribution of *P. oceanica* in the eastern Mediterranean.

Along the eastern Mediterranean coast of Turkey there are only two records of the species, which are located in the bays of Iskenderun (Tutin, *et al.* 1964) and Mersin-Akkuyu (Cirik, 1991). However, recent field studies revealed that there are no meadows present in these given areas and the meadows end with a sharp border in the eastern Levant Sea, at 36° 09' N, 33° 26' E (Gucu and Gucu, 2002).

In this study, temperature which controls the geographical distribution of the meadows, and light penetration which determines the limits of its vertical distribution (Borum *et al.*, 2004), were compared to evaluate their significance in the distribution of the plant. The salinity, which is apparently an important factor limiting *P. oceanica* growth (Fernández-Torquemada and Sánchez-Lizaso, 2005) was also included in the evaluations.

### Material and methods

The southern coast of Turkey, between Kizilliman/Mersin and Cevlik/Hatay were surveyed in the study. The 50 meter depth contour was taken as the lower depth limit for all the measurements. The eastern most boundary of the *P. oceanica* at 36° 09' N, 33° 26' E, which fell within the study area provided an opportunity for comparative measurements. The surveys took place inside the boundary, to the west, where there were healthy meadows, and outside this boundary, to the east, where meadows were absent.

#### *Turbidity and Salinity measurements:*

Turbidity was measured and quantified using a Secchi disk between 2000 and 2005 at 35 stations to the east and to the west of the *P. oceanica* boundary.

PAR/Irradiance profiles were measured at 69 stations for the calculation of

light penetration coefficients in the study area, between 2004 and 2005. Salinity profiles during the warmest periods (August) of the years 1990 and 1991 were used for the comparisons of salinity ranges on both sides of the boundary.

#### *Temperature measurements:*

Two types of temperature measurements were made; 1) warmest seasonal water column temperature of the previous years (1990 - 1991), and 2), continuous water temperature in the warmest period of 2005 at several fixed depths.

Temperature profiles were measured at 219 stations and using these profiles a general temperature limit for the growth of *P. oceanica* in the Levant Sea was estimated.

For continuous water temperature recordings 10 HOBO Pendant Temperature Data Loggers were deployed during the warmest period of the year 2005, from 12<sup>th</sup> of August to 11<sup>th</sup> of September. They were set to record seawater temperatures with 10 min intervals, at 5 different stations, at 2 different depths; St-1 was set as the reference station on a meadow located at 8.3 nm west of the *P. oceanica* boundary; St-2 was set on the meadow forming the eastern boundary of *P. oceanica*; the remaining three stations were all set to the east of this boundary with St-3 at 7.2 nm; St-4 at 46.5 nm; and St-5 at 121.1 nm.

The data loggers enabled to investigate a more precise temperature limit which may be affecting the growth of *P. oceanica*. The temperature recordings of St-1 were taken at 10 min intervals and were averaged over a day (00:00-24:00). The maximum daily average temperature measured at this reference station, with a representative healthy meadow, was set as the Maximum Tolerable Temperature Limit (MTTL). This limit provided the maximum temperature for *P. oceanica* growth in the Levant basin. For further analysis, numbers of warm pulses, which had higher temperatures than the MTTL, along with their duration, and frequency, were estimated for the rest of the stations.

## **Results**

#### *Turbidity and Salinity measurements:*

The Secchi disk depths inside the *P. oceanica* covered zone ranged between 8 - 40 meters, which were wider than the depth ranges observed outside the zone. The Secchi depths measured east of the boundary were between 12 and 31 meters.

The depths of 10% surface irradiance, which was defined as the lower limit of *P. oceanica* growth (Duarte, 1991) were calculated using PAR/Irradiance profiles, at 69 stations. The results were mapped in Fig. 1. The areas near representing high light attenuation sites were found outside the *P. oceanica* boundary. But there is one area with low light attenuation site found outside the boundary where hypothetically light may be adequate for *P. oceanica* growth (e.g., north of the Iskenderun Bay).

The vertical salinity profiles in the warmest season of the years 1990 and 1991 inside and outside of the *P. oceanica* zone showed different ranges. The salinity profile measured outside, to the east of the *P. oceanica* boundary, during the warmest month of the year had a relatively narrow range, which was between 39.1‰ and 39.7‰. The salinity profile measured inside, to the west of the boundary, was between 38.7‰ and 39.9‰. The salinity range outside the boundary fell within the range inside the boundary.

light penetration coefficients in the study area, between 2004 and 2005. Salinity profiles during the warmest periods (August) of the years 1990 and 1991 were used for the comparisons of salinity ranges on both sides of the boundary.

#### *Temperature measurements:*

Two types of temperature measurements were made; 1) warmest seasonal water column temperature of the previous years (1990 - 1991), and 2), continuous water temperature in the warmest period of 2005 at several fixed depths.

Temperature profiles were measured at 219 stations and using these profiles a general temperature limit for the growth of *P. oceanica* in the Levant Sea was estimated.

For continuous water temperature recordings 10 HOBO Pendant Temperature Data Loggers were deployed during the warmest period of the year 2005, from 12<sup>th</sup> of August to 11<sup>th</sup> of September. They were set to record seawater temperatures with 10 min intervals, at 5 different stations, at 2 different depths; St-1 was set as the reference station on a meadow located at 8.3 nm west of the *P. oceanica* boundary; St-2 was set on the meadow forming the eastern boundary of *P. oceanica*; the remaining three stations were all set to the east of this boundary with St-3 at 7.2 nm; St-4 at 46.5 nm; and St-5 at 121.1 nm.

The data loggers enabled to investigate a more precise temperature limit which may be affecting the growth of *P. oceanica*. The temperature recordings of St-1 were taken at 10 min intervals and were averaged over a day (00:00-24:00). The maximum daily average temperature measured at this reference station, with a representative healthy meadow, was set as the Maximum Tolerable Temperature Limit (MTTL). This limit provided the maximum temperature for *P. oceanica* growth in the Levant basin. For further analysis, numbers of warm pulses, which had higher temperatures than the MTTL, along with their duration, and frequency, were estimated for the rest of the stations.

## **Results**

#### *Turbidity and Salinity measurements:*

The Secchi disk depths inside the *P. oceanica* covered zone ranged between 8 - 40 meters, which were wider than the depth ranges observed outside the zone. The Secchi depths measured east of the boundary were between 12 and 31 meters.

The depths of 10% surface irradiance, which was defined as the lower limit of *P. oceanica* growth (Duarte, 1991) were calculated using PAR/Irradiance profiles, at 69 stations. The results were mapped in Fig. 1. The areas near representing high light attenuation sites were found outside the *P. oceanica* boundary. But there is one area with low light attenuation site found outside the boundary where hypothetically light may be adequate for *P. oceanica* growth (e.g., north of the Iskenderun Bay).

The vertical salinity profiles in the warmest season of the years 1990 and 1991 inside and outside of the *P. oceanica* zone showed different ranges. The salinity profile measured outside, to the east of the *P. oceanica* boundary, during the warmest month of the year had a relatively narrow range, which was between 39.1‰ and 39.7‰. The salinity profile measured inside, to the west of the boundary, was between 38.7‰ and 39.9‰. The salinity range outside the boundary fell within the range inside the boundary.

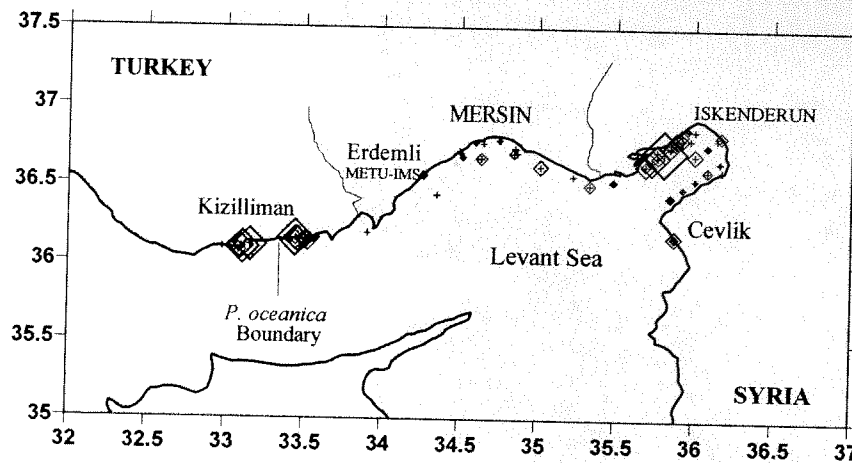


Fig. 1 - Map of Levant Sea where light penetration is adequate for growth of *P. oceanica* (squares indicate suitable areas)

#### Temperature measurements:

The vertical temperature profiles in the warmest season of the years 1990 and 1991 indicated distinctive ranges between the eastern and western sides of the border. The mean temperature of the eastern side was higher than the mean temperature of the western side in 1990 and 1991. Furthermore, the range of the eastern side for the water column up to 20 meter depth was narrower and closer to the maximum temperatures of the western range (27-29 °C and 23-28 °C, respectively). Considering these profiles the separation point of temperature ranges of western and eastern sides is found around 27.5°C. Therefore, this temperature is presumed as the limit for the growth of the *P. oceanica* in the Levant Sea.

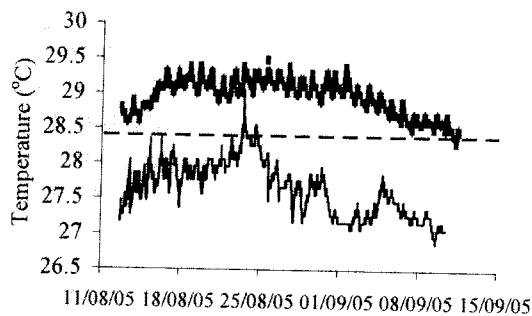


Fig. 2 - Continuous temperature recording data in 2005 (bold line: station in Cevlik, dashed line: MTTL and line: station in Kizilliman)

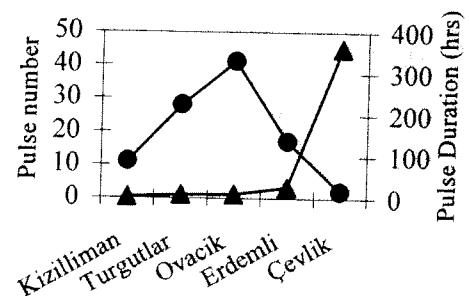


Fig. 3 - Pulse frequency and duration (● total number of pulses, ▲ mean pulse duration).

The continuous temperature measurements at fixed depths during the warmest season of 2005 represented an increasing trend from the west to the east (Fig. 2). From the continuous temperature recordings at the westernmost station, MTTL is calculated as 28.4 °C. The total exposure time to warm pulses higher than MTTL showed same increasing trend from the west to the east.

Beside the mean pulse duration also the number of pulses higher than MTTL was found important for the growth and survival of the species on the western side of the border. Going eastwards the number of pulses increased in the first three stations paralleling the mean pulse duration, but it decreased sharply in the last two stations; while the mean pulse duration continued to increase (Fig. 3). This increase in the easternmost station reached 99 – 100 % of the entire recording period at each depth.

## Discussion

The importance of temperature on the growth of *P. oceanica* in the western parts of the Mediterranean Sea has been highlighted by several studies (Zupo *et al.*, 1997; Mayot *et al.*, 2005). However, in the present investigation of the Levant Sea (Eastern Mediterranean), which encompasses the easternmost boundary of the species, temperature did not suggest such clear cut significance.

Nevertheless, the vertical temperature profiles inside and outside the boundary were distinctively separate and 27.5 °C seemed to be the highest temperature limit the meadows could survive. This analysis was done in the warmest month, August, and continuous data was necessary to further investigate the temperature limitations.

Therefore, continuous data loggers were deployed and the maximum daily average temperature measured at the reference station, representing a healthy meadow, was recorded as 28.4 °C. This temperature was set as the Maximum Tolerable Temperature Limit (MTTL) and it was assumed to be the maximum temperature for *P. oceanica* growth in the Levant basin (Fig. 2). For further analysis, numbers of warm pulses, which had higher temperatures than the MTTL, along with their duration, and frequency were estimated for the rest of the stations and the data suggested that the eastern side of the boundary had the highest exposure and the highest temperatures (Fig. 3).

Apart from temperature, the two other hydrological factors, turbidity (Fig. 1) and salinity profiles, revealed no differences between the two sides of the border. The matching profiles of these parameters on both sides may suggest that salinity and light availability were not the major factors hindering the growth of the species.

On the other hand, care should be taken when interpreting these results, because in this study each factor was evaluated individually for its separate effect, however their possible combined effects were disregarded. In literature, there are short term laboratory studies which investigate environmental factors and emphasize both antagonistic and synergistic impacts among factors, as well as projecting collective impacts on the growth of the species.

In conclusion, this preliminary study may provide the baseline information for future long-term studies from which models predicting the integrated effects of hydrological factors on seagrass distribution in the Levant Sea can be developed.

## Acknowledgement

This study was carried out within the framework of "Investigations of the reasons of absence of *Posidonia oceanica* meadows in the Levant Sea" (TUBITAK CAYDAG 105Y023) and "Investigations on the changing impacts on Kizilliman Marine Protected Area and responses of the ecosystem" (TUBITAK YDABAG 104Y028) projects by the Scientific and Technical Research Council of Turkey. We are

indebted to Gul Moran for her critics on the manuscript, and to the crew of R/V Lamas for their efforts during the surveys.

### References

- BORUM J., DUARTE C.M., KRAUSE-JENSEN D., GREVE T.M. (2004) - *European seagrasses: an introduction to monitoring and management*. A publication by the EU project Monitoring and Managing of European Seagrasses (M&MS).
- CIRIK S. (1991) - A propos de la vegetation marine de la baie d'Akkuyu. *Flora Mediterranea*, Vol. 1: 205-213.
- DUARTE C.M. (1991) - Seagrass depth limits. *Aquat. Bot.*, **40**: 363-377
- FERNANDEZ-TORQUEMADA Y., SANCHEZ-LIZASO J. (2005) - Effects of salinity on leaf growth and survival of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, **320**: 57-63
- GREEN E.P., SHORT F.T. (2003) - *World Atlas of Seagrasses*. Prepared by the UNEP World Conservation Monitoring Centre. University of California Press, Berkley, USA.
- GUCU G., GUCU A.C. (2002) - Ecological significance of sea grass meadows *Posidonia oceanica* (L.) Delile in Bozyazi-Kizilliman Marine Protected Area. Proceedings of the "Second International Conference on Oceanography of the Eastern Mediterranean and Black Sea: Similarities and Differences of Two Interconnected Basins" 1: 924-932
- MAYOT N., BOUDOURESQUE C.F., LERICHE A. (2005) - Unexpected response of the seagrass *Posidonia oceanica* to a warm-water episode in the North Western Mediterranean Sea. *C. R. Biologies*, **328**: 291-296
- TUTIN T.G., HEYWOOD V.H., BURGESS N.A., VALENTINE D.H. (1964) - *Flora Europaea Series*. 1<sup>st</sup> Edition. Cambridge University Press. 5 vols, 1964-1980. 2nd ed. vol. 1 1993, Cambridge.
- ZUPO V., BUIA M.C., MAZZELLA L. (1997) - A production model for *Posidonia oceanica* based on temperature. *Est. Coast. Shelf Scie.*, **44**: 483-492

## EK 3

9-13 Nisan 2007 tarihleri arasında İstanbul'da gerçekleştirilen uluslar arası CIESM 38 kongresinde sözlü sunulan bildiri metni.

### **SURVIVAL OF THE *POSIDONIA OCEANICA* CUTTINGS TRANSPLANTED INTO THE NORTHEASTERN LEVANT SEA**

BILLUR CELEBI\*, ALI CEMAL GUCU\*, MELTEM OK\*, SERDAR SAKINAN\*, EKIN AKOGLU\*

\* Institute of Marine Sciences, Middle East Technical University, Mersin 33731, Turkey

#### **Abstract**

In the present study *Posidonia oceanica* shoots collected near from Bozyazı - Mersin are transplanted to 3 different sites along the south eastern coasts of Turkey, at 2 of which *Posidonia oceanica* meadows are not present naturally. The survival of transplants was followed from 2004 until recently. The success of the transplantation at the most eastern station, though the high seawater temperature, suggests that there may be combination of environmental reasons for the absence of *Posidonia oceanica* meadows in that area.

Keywords: *Posidonia oceanica*, Levantine Basin, Temperature

#### **Introduction**

The distribution of endemic sea grass species *Posidonia oceanica* L. Delile is limited to the littoral zones of the Mediterranean and Marmara Seas [1]. Nevertheless along the eastern Mediterranean coasts of Turkey there are no *P. oceanica* meadows present and the northeastern boundary of meadows end in the Levant Sea, at 36° 09' N 33° 26' E [2]. The possible reason of this absence has been attributed to physical parameters of the seawater in that area such as high temperature [3].

The present study investigated the reason of absence of *P. oceanica* meadows along the northeastern Levant Sea by an experimental transplantation method, which is also being used for acceleration of recovery in damaged *P. oceanica* beds in western Mediterranean Sea [4].

#### **Materials and Methods**

*P. oceanica* shoots were collected either by SCUBA or free diving. Additionally some shoots from the by-catch of trawl surveys were used as cuttings to avoid serious impacts on donor *P. oceanica* meadows. Collection was made from 2 stations at various depths: at Turgutlar, where the most eastern boundary of meadows along the southern coasts of Turkey is present; and at Bozyazı, which is located near to the Kizilliman Marine Protected Area with healthy meadows. Afterwards cuttings were attached with nylon cable ties to the iron frames with grids made of nylon rope. Totally 21 frames with different coverage areas ranging from 0,49 to 2,25 m<sup>2</sup> were placed at 3 different stations in winter of 2004, in



spring and autumn of 2005 and in spring of 2006. One of the stations was chosen only for control purpose at Bozyazı where the shoots were collected. The other two eastern stations, Erdemli and Samandag, were located outside the boundary where the *P. oceanica* meadows are naturally absent [Figure 1.].

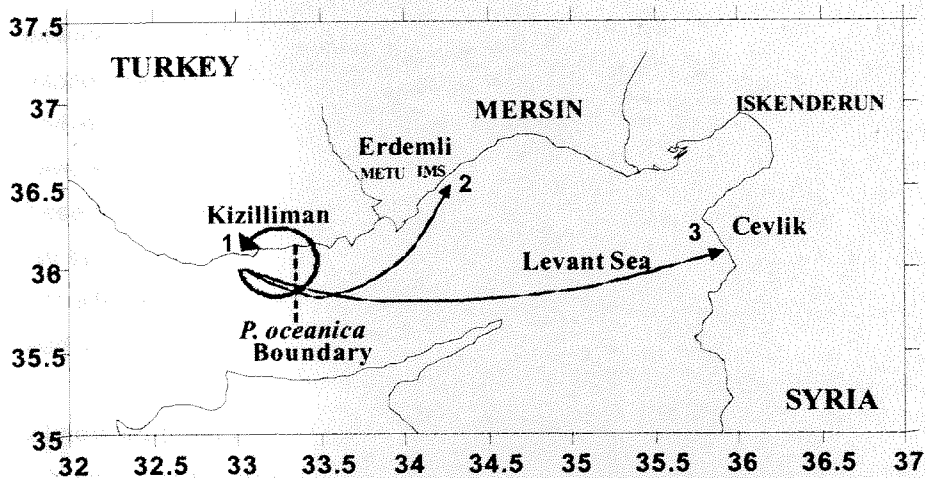


Figure 1. Study area: Site number 1 is the only collection site, the all 3 sites are the transplantation sites.

## Results

A few weeks after the first transplantation in 2004 at Samandag two frames were found broken on a commercial trawling boat. The cuttings of the next 2 frames transplanted at Erdemli in May 2005 were found dead after two months whereas the leaves of the cuttings on the third frame were alive but overgrazed. The secchi disc measurements at this station during these months ranged from 4 to 10 meters at 20 meter bottom depth. The sixth frame transplanted in August 2005 to the harbour of the Institute for visual observation of potential grazers was also overgrazed. The other 3 frames transplanted parallelly in autumn of 2005 to Bozyazı for control purpose, Erdemli and Samandag were still alive in May 2006, January 2006 and October 2006, respectively. But leaves of transplants at Samandag were shortened due to grazing. Last 11 frames, transplanted to Samandag in May 2006 for increasing the coverage area of the last frame against the reduction by erosion of sediment, were still alive in October 2006.

## Discussion

The study area is a unique site for *P. oceanica* transplantation experiments due its geographical position. The eastern Levant Sea is dominated by Levantine surface water mass whose most important features are high salinity and high temperature [5]. The area is also under the effect of pollution due to urbanization and high pressure of fishing by trawlers and purseiners. All of these parameters and activities have negative influence on the health of sea grass ecosystems [4]. Destruction of first 2 grids by trawlers may indicate the significance of heavy trawling pressure on the sea bottom [6]. As was repeatedly observed during visual inspections, grazing by herbivorous organisms seems to be an important factor in the absence of *P. oceanica* in the region. In addition to the only true herbivorous fish species of the Mediterranean fish fauna Lessepsian Siganids may pose a



significant threat to the sea grass. Beside invasive fishes, some herbivorous exotic gastropod species e.g. *Conomurex persicus*, whose grazing activity may also have potential impacts on native ecosystem [7], have been observed in high concentrations around the frames.

The water temperature over the shoots transplanted in Samandag exceeded the upper critical seawater temperature for *P. oceanica* growth suggested by Celebi et.al. (2006). On the other hand, despite relatively lower temperatures, the first 2 frames transplanted at Erdemli on May 2005 did not survive. The light penetration depth seems to be shallower in Erdemli compared to Samandag. However, the natural meadow in Turgutlar survives under even lower light condition than Erdemli. These three examples may indicate the combined effect of light penetration and temperature that may play synergistic role in the balance between respiration and photosynthesis of the *P. oceanica*. The long term effects of physical properties of the sea water on growth and production of *P. oceanica* shoots still need to be observed in following years by lepidochronological analysis of the transplants.

#### **Acknowledgement**

This study was carried out within the framework of 2 projects CAYDAG 105Y023 and YDABAG 104Y028 by the Turkish Scientific and Technical Research Council. We are indebted to SAT-EKOG of METU and to the crew of R/V Lamas for their efforts during the surveys.

#### **References**

- [1] Green E.P., And Short F.T., 2003. World Atlas of Seagrasses. Prepared by the UNEP World Conservation Monitoring Centre. University of California Press, Berkley, USA.
- [2] Gucu G., Gucu A.C., 2002. Ecological significance of sea grass meadows (*Posidonia oceanica* (L.) delile) in Bozyazi-Kizilliman Marine Protected Area. Proceedings of the "Second International Conference on Oceanography of the Eastern Mediterranean and Black Sea: Similarities and Differences of Two Interconnected Basins", 1: 924-932
- [3] Celebi B., Gucu A.C., Ok M., Sakinan S., and Akoglu E., 2006. Hydrographic indications to understand the absence of *Posidonia oceanica* in the Levant sea (Eastern Mediterranean). Proceedings of the "Mediterranean Seagrass Workshop 2006" 29th May-3rd June 2006, Malta, *Biologia Marina Mediterranea* (in press)
- [4] Borum J., Duarte C.M., Krause-Jensen D., And Greve T.M., 2004. European seagrasses: an introduction to monitoring and management. A publication by the EU project Monitoring and Managing of European Seagrasses (M&MS), pp 79-81.
- [5] Ozsoy E., Hecht A., and Unluata U., 1989. Circulation and hydrography of the Levantine Basin. Results of POEM coordinated experiments 1985–1986. *Progr. Oceanogr.*, 22: 125–170.
- [6] Gucu A.C., 2001. Northeastern Mediterranean Fisheries. International Workshop on "New Technologies in Fisheries" 19-22 June 2001, Izmir Turkey
- [7] Mutlu E., Ergev M.B., 2006. Dynamics and ecology of an Indo-Pacific gastropod, *Conomurex persicus* in southeastern Turkey. *Rev Trop Biol.*, 54 (1) (in press)

TÜBİTAK

PROJE ÖZET BİLGİ FORMU

|  |
|--|
| <b>Proje No: 105Y023</b>   |
| <b>Proje Başlığı:</b><br><i>Posidonia oceanica</i> Çayırlarının Levant Denizi'nde Bulunmama Nedenlerinin Araştırılması   |
| <b>Proje Yürütücüsü ve Araştırmacılar:</b><br>Billur ÇELEBİ (proje yürütücüsü)<br>Doç.Dr. Ali Cemal GÜCÜ<br>Meltem OK<br>Serdar SAKINAN  |
| <b>Projenin Yürütüldüğü Kuruluş ve Adresi:</b><br>Orta Doğu Teknik Üniversitesi Deniz Bilimleri Enstitüsü P.K.28 Erdemli 33731 Mersin  |
| <b>Destekleyen Kuruluş(ların) Adı ve Adresi:</b>   |
| <b>Projenin Başlangıç ve Bitiş Tarihleri: 15 Haziran 2005 – 4 Mayıs 2007</b>   |
| <b>Öz (en çok 70 kelime)</b><br>TÜBİTAK ÇAYDAG-104Y028 nolu proje kapsamında ortaya çıkan <i>Posidonia oceanica</i> deniz çayırlarının Kuzey Doğu Akdeniz'de Mersin ili sınırları içinde neden sonlandığı sorusunun araştırılması için başlatılan bu proje ile türün dağılımına etki eden deniz suyu fiziksel özellikleri araştırılmıştır. Transplantasyon yöntemi ile doğal olarak <i>Posidonia oceanica</i> bulunmayan yerlerde türün yaşayıp yaşamadığı tespit edilmiştir.  |
| <b>Anahtar Kelimeler:</b><br><i>Posidonia oceanica</i> , Levant Denizi, Deniz suyu sıcaklıkları, Transplantasyon, Küresel ısınma   |
| <b>Projeden Yapılan Yayınlar:</b><br>Çelebi B., A Study On <i>Posidonia Oceanica</i> (L.) Delile, 1813, Seagrass Meadows In The Levant Sea, (Yüksek lisans tezi), ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsü, 2007<br>Çelebi B., Gucu A.C., Ok M., Sakinan S., and Akoglu E., "Survival of the <i>Posidonia Oceanica</i> cuttings transplanted into the Northeastern Levant Sea". 38th CIESM Congress - Istanbul, Turkey, 9-13 April 2007. (sözlü sunum)<br>Çelebi B., Gucu A.C., Ok M., Sakinan S., and Akoglu E., "Hydrographic indications to understand the absence of <i>Posidonia oceanica</i> in the Levant Sea (Eastern Mediterranean)". Proceedings of the "Mediterranean Seagrass Workshop 2006" 29 May – 3 June 2006, Malta, Biologia Marina Mediterranea, 2006 (sözlü sunum) |