

Akustik konumlandırma sistemlerinin yapay resif alanlarında kullanımı

Use of the acoustic positioning system in artificial reef sites

Aytaç Özgül

Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, 35100, Bornova, İzmir, Türkiye
aytac.ozgul@ege.edu.tr

Received date: 09.05.2016

Accepted date: 23.08.2016

How to cite this paper:

Özgül, A. (2016). Use of the acoustic positioning system in artificial reef sites (in Turkish with English abstract). Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 33(4): 405-411. doi: 10.12714/egejfas.2016.33.4.15

Öz: Akustik telemetri teknolojisinin yapay resif alanlarındaki canlıların izlenmesinde kullanımına son yirmi yılda rastlanmaktadır. Bu çalışmada yapay resif alanlarında yapılacak telemetri çalışmaları için akustik konumlandırma sistemi tasarımı geliştirilmiş, etkili algılama mesafesi (menzil) ve performansı belirlenmiştir. Edremit Körfezi yapay resif alanında Temmuz-Eylül 2013 tarihleri arasında yürütülen araştırmada, Vemco firmasına ait akustik konumlandırma sistemi (VPS; Vemco Positioning System) kullanılmıştır. Beşgen şeklindeki VPS tasarımı, 6 adet akustik alıcı (VR2W), 5 adet senkronizasyon vericisi (Synctag; V13-1L) ve 1 adet kontrol vericisinden (Reftag; V13T-1L) meydana gelmiştir. Çalışmada senkronizasyon vericilerden gelen sinyallerin %89,9'u üç ya da daha fazla alıcı tarafından tespit edilirken, vericilerden gelen sinyallerin %62,1'i 600 m bir alanda en az bir alıcı tarafından belirlenmiştir. Ülkemiz için bir ilk olma özelliği taşıyan bu çalışmanın, yapay resif alanlarında yapılacak bilimsel çalışmalara gerekli literatür katkısını sağlaması beklenmektedir.

Anahtar kelimeler: Akustik telemetri, VPS, yapay resif, Edremit Körfezi, performans

Abstract: Acoustic telemetry technology has been used for monitoring fish in artificial reefs since twenty years. In this study, acoustic positioning system design was developed for telemetry studies in artificial reefs. The performance and effective detection distance of acoustic positioning system were also determined. In this research was carried out between July and September of 2013 in Edremit Bay artificial reefs area, Vemco of acoustic positioning system (VPS; Vemco Positioning System) was used. 6 acoustic receivers (VR2W), 5 synchronization transmitters (Synctag; V13-1L) and 1 control transmitter (Reftag; V13T-1L) were deployed as a pentagonal design. While 89.9% of the signals were captured by at least one receiver, 62.1% of the signals were determined by at least one receiver in a range of 600 m. This study as being the first for Turkey is expected to contribute scientific literature for artificial reef studies.

Keywords: Acoustic telemetry, VPS, Artificial reefs, Edremit Bay, Performance

GİRİŞ

Denizel canlıları bir araya toplamak, popülasyonlarını arttırmak, yenilemek veya korumak gibi amaçlarla deniz tabanına yerleştirilen her türlü yapı yapay resif olarak isimlendirilmektedir (FAO, 2015). İlk kez Japonya'da 1600'lü yıllarda kullanılmaya başlanılan yapay resiflere, 1960'lı yıllardan itibaren İtalya, İspanya, Fransa gibi Akdeniz ülkelerinde rastlanılmaktadır (Bombace, 1989; Lök, 1995; Ito, 2011). Türkiye'de 1980'li yıllarda başlayan yapay resif çalışmaları, 2009 yılında hazırlanan Ulusal Yapay Resif Master Plan'ıyla ulusal bir boyut kazanmış ve Edremit Körfezi'nde Akdeniz'in en büyük yapay resif alanı oluşturulmuştur (Lök vd., 2013).

Yapay resifleri konu alan bilimsel çalışmalarda sualtı görsel sayım tekniği, küçük ölçekli av araçları ve sualtı fotoğraf-video teknikleri gibi farklı yöntemlerden yararlanılmaktadır (Bortone ve Kimmel, 1991; Özgül, 2010). Bu yöntemlerin olumsuz çevresel koşulları (düşük görüş mesafesi, bulanıklık, ışık

yoğunluğunun yetersizliği vb.), dalış limitleri, balık davranışlarındaki farklılıklar gibi nedenlerle yetersiz kalması yüzünden son yıllarda akustik yöntem ve cihazlar tercih edilmektedir (Thorne vd., 1989; Bortone ve Mille, 1999; Nakamura ve Hamano, 2009). Günümüze kadar bu teknoloji kullanılarak yapay resif alanlarında *Coryphaena hippurus* (Josse ve Bertrand, 2000), *Thunnus albacares*, *Katsuwonus pelamis* (Doray vd., 2006), *Thunnus obesus* (Hallier ve Gaertner, 2008), *Diplodus vulgaris*, *Diplodus sargus* (D'Anna vd., 2011), *Lutjanus campechanus* (Szedlmayer ve Schroepfer, 2005; Topping ve Szedlmayer, 2011), *Gadus morhua* (Reubens vd., 2013), *Sciaena umbra* (Özgül vd., 2015) gibi balık türlerinin davranışları incelenmiştir.

Akustik telemetri teknolojisindeki gelişmeyle birlikte aktif ve pasif telemetri yöntemlerinin yerini daha hassas sonuçlar veren akustik konumlandırma sistemleri (Vemco, VPS ve VRAP; Lotek, ALPS) almıştır. Akustik alıcılar, vericiler ve analiz

aşamasından meydana gelen akustik konumlandırma sistemleri kullanılarak sucul canlıların davranışları zaman ile eş güdümlü olarak 1 m kadar hassasiyetle izlenebilmektedir (Espinoza vd., 2011).

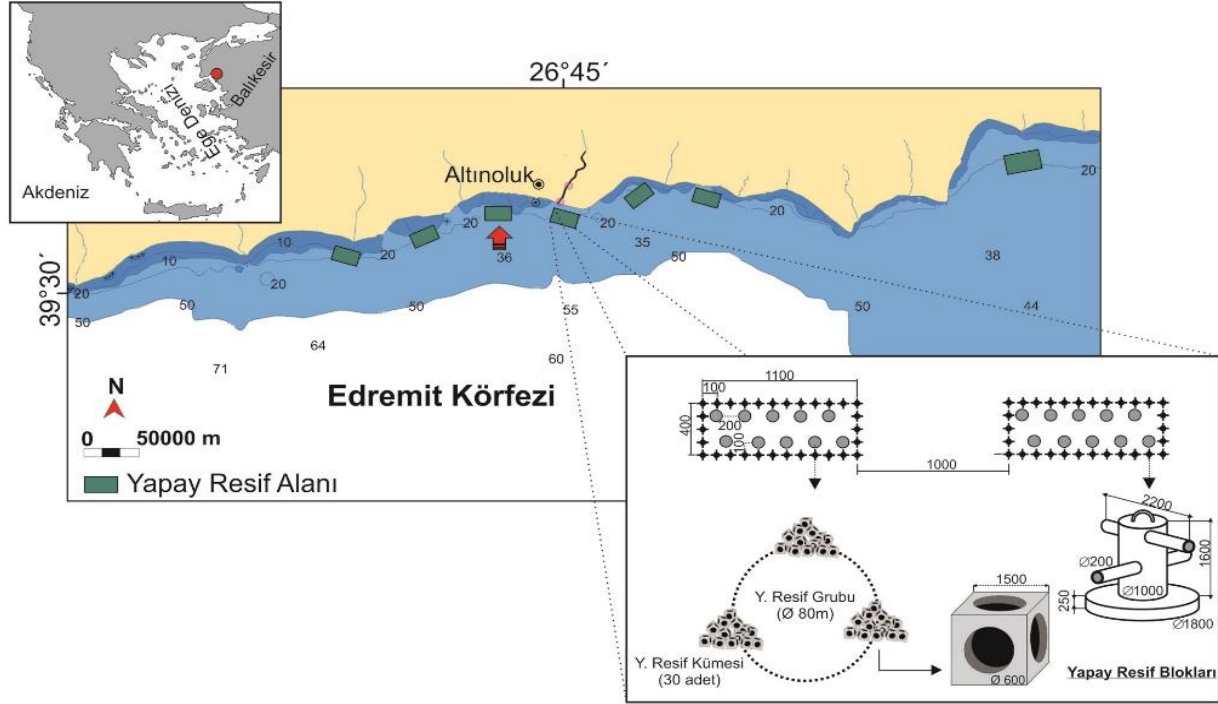
GPS-uydu mantığına benzer şekilde çalışan bu yöntemde, verici yerleştirilen canlılardan gelen her sinyal için bir coğrafik konum belirlenmektedir. Fakat konum belirlenebilmesi için sinyallerin en az 3 alıcı tarafından tespit edilmesi gerekmektedir. Bu yüzden akustik konumlandırma sistemini meydana getiren alıcıların yerleştirme geometrisi ve kullanılacak ortam şartları çalışma başarısında oldukça önemlidir (Klimley vd., 2001; Payne vd., 2010).

Bu çalışmanın amacı, Vemco akustik konumlandırma sisteminin (VPS) yapay resif alanındaki performansını incelemek ve akustik alıcıların etkili algılama mesafesini (menzil) belirlemektir.

MATERYAL VE METOT

Çalışma, Temmuz-Eylül 2013 tarihleri arasında Edremit Körfezi yapay resif alanında yürütülmüştür (Şekil 1). 2010-2012 yılları arasında, Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı tarafından Ulusal Yapay Resif Master Plan'ı kapsamında oluşturulan yapay resif alanında, 6740 adet betondan üretilmiş resif bloğu kullanılmıştır. 3'lü kümeler halinde 12-32 m arasındaki derinliğe yerleştirilen üretim amaçlı resif blokları, anti-trol resif blokları ile çevrelenmiştir. Yapay resif kümelerinin zeminden yükseklikleri ise 4-6 m arasında değişmektedir (Lök vd., 2013).

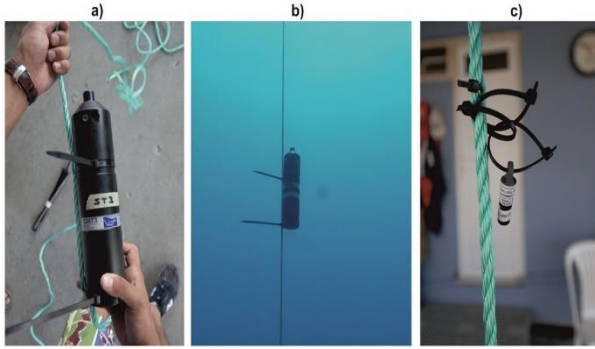
Çalışmada, Vemco firmasına ait akustik konumlandırma sistemi (VPS) kullanılmıştır. VPS 6 adet akustik alıcı (VR2W), 5 adet senkronizasyon vericisi (Synctag; V13-1L) ve 1 adet kontrol vericisinden (Reftag; V13T-1L) meydana gelmiştir (Tablo 1).



Şekil 1. Edremit Körfezi yapay resif alanı ve yerleşim planı
Figure 1. Edremit Bay artificial reef area and deployment plan

Tablo 1. VPS'i meydana getiren akustik alıcı ve vericilerin özellikleri
Table 1. Characteristics of acoustic receiver and transmitters used by VPS

	Model	Ağırlık (g)	Boyut (mm)	Pil Ömrü (gün)	Frekans (kHz)
Alıcı	VR2W	1190,0	308 x 73	450	69
Synctag	V13-1L	11,0	13 x 36	1502	69
Reftag	V13T-1L	11,0	13 x 36	1257	69

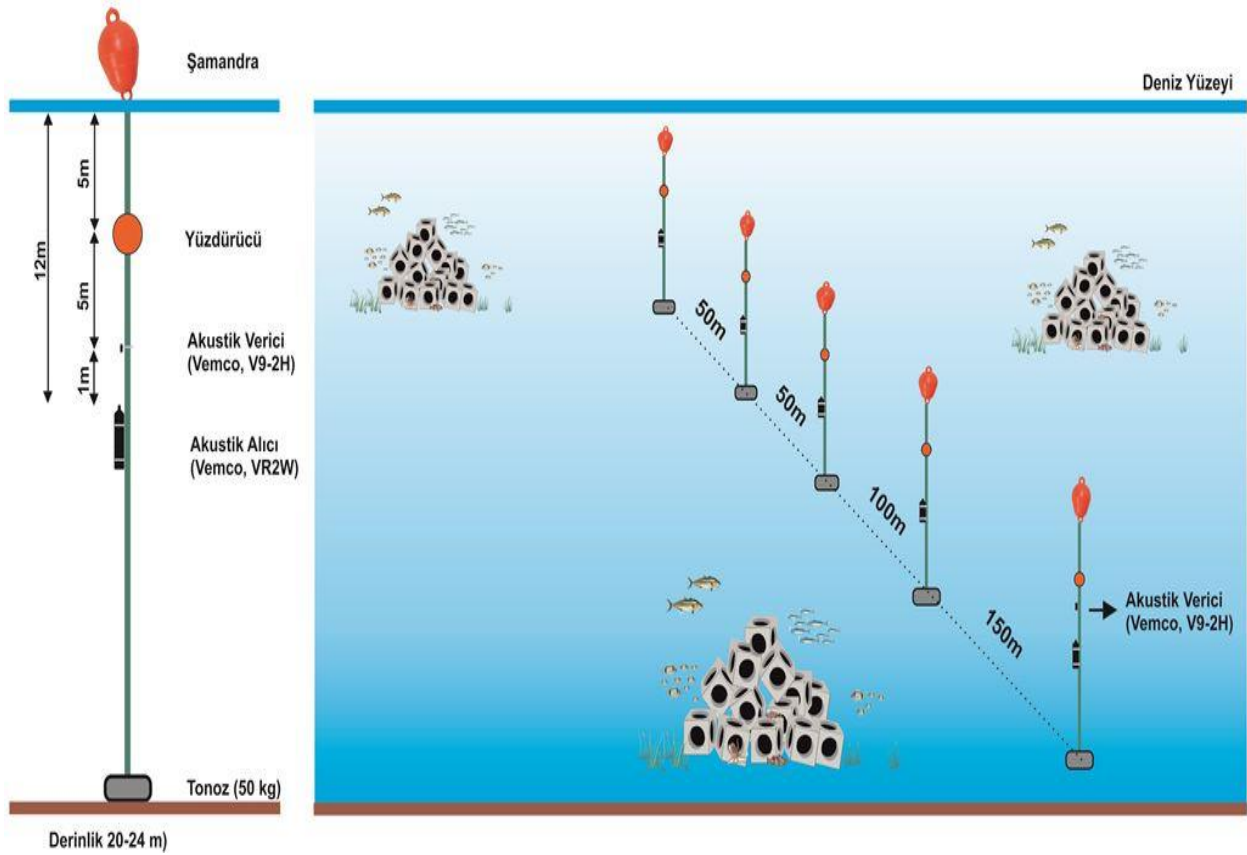


Şekil 2. VPS sistemini oluşturan akustik alıcılar (a, b) ve senkronizasyon vericileri (c)

Figure 2. Acoustic receivers they consist of VPS system (a, b) and sync transmitter (c)

VPS'i meydana getiren alıcılar (Vemco, VR2W) gerek tatlı su gerekse deniz ortamında 500 m derinliğe kadar kullanılabilir. Alıcıların programlanması ve data aktarımında bluetooth teknolojilerinden yararlanılmaktadır (Şekil 2).

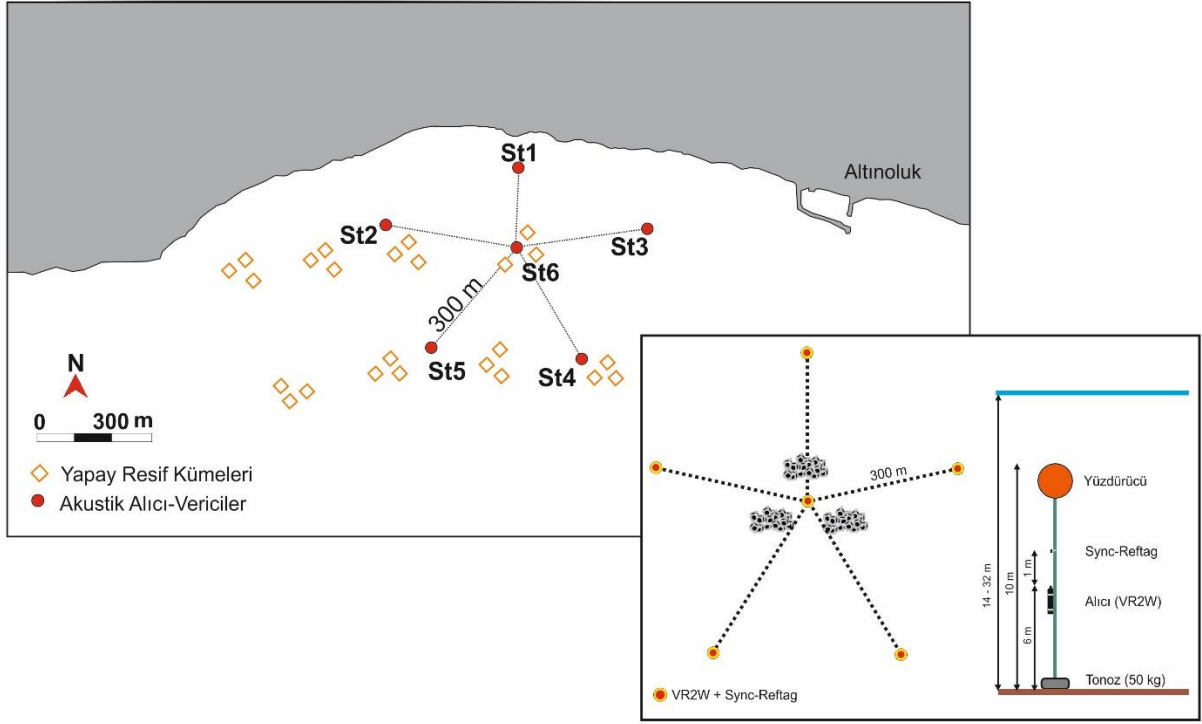
Yapay resif alanına yerleştirilen akustik alıcılar arasındaki optimum mesafenin belirlenebilmesi için literatürde "Range Test" olarak isimlendirilen akustik sistem performans testi (menzil) gerçekleştirilmiştir (Voegeli ve Pincock 1996; Heupel vd., 2006). Bu testte, akustik alıcılar, yapay resif kümeleri arasında 150m-100m-50m-50m aralıklarla artarda sıralanarak ilk alıcının üzerine yerleştirilen vericiden (Vemco, V9-2H; 29mm x 9 mm, 69 kHz) gelen sinyallerin optimum tespit edilme mesafesi (metre) belirlenmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Yapay resif alanında kullanılan range test tasarımı
Figure 3. Range test design used in the artificial reefs area

Çalışmada akustik konumlandırma sistemini oluşturan alıcılar ve vericiler bir beşgen oluşturacak şekilde yapay resif alanına yerleştirilmiştir. Bu tasarımda, 5 akustik alıcı beşgenin köşelerine (her alıcı merkezden yaklaşık 300 m uzaklıkta olacak şekilde) yerleştirilirken son alıcı beşgenin merkezine (3 yapay resif kümesinin orta noktası) konumlandırılmıştır. Beşgenin köşelerindeki alıcıların 1 m üzerine senkronizasyon

vericileri (Synctag; V13-1L), beşgenin merkezindeki alıcının 1 m üzerine ise kontrol vericisi (Reftag; V13T-1L) yerleştirilmiştir. VPS sisteminin yapay resif alanına yerleştirilmesinde balıkadamlardan yararlanılmıştır. Vericilerden gelen sinyallerin yapay resiflerden minimum oranda etkilenmesi için akustik alıcılar deniz tabanından 6 m, senkronizasyon vericileri 7 m yükseklikte konumlandırılmıştır (Şekil 4).

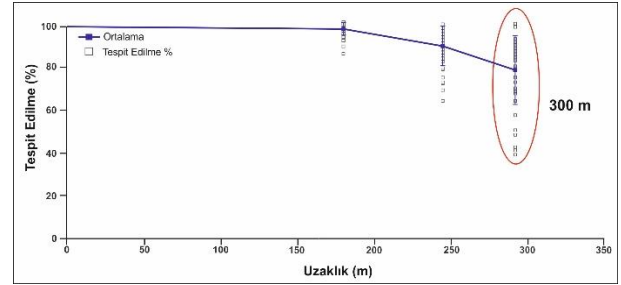


Şekil 4. Yapay resif alanında kullanılan VPS tasarımı
Figure 4. VPS design used in the artificial reefs area

Çalışma sonunda VPS sistemini meydana getiren alıcılar, echo-sounderın (Humminbird 1198-SCI) GPS'i ve dip görüntüsü kullanılarak tespit edilerek balıkadamlar yardımıyla su yüzeyine çıkarılmıştır. Akustik alıcılardan veri aktarımında ve analizinde Vemco VUE programı kullanılmıştır. Veri analizi sonucunda vericiler için seri numarası, zaman (gün-ay-yıl-saat-dakika-saniye), coğrafik koordinatlar (enlem ve boylam), tespit edildiği alıcı, hesaplanan pozisyonlar için hata değeri (HPE) gibi değişkenler hesaplanmıştır. Yapay resif alanındaki sıcaklık (°C), çözülmüş oksijen (mg/l), tuzluluk (ppt) ve pH gibi fiziko-kimyasal parametrelerinin tespitinde YSI-6600 V2 multi-prob (CTD) kullanılmıştır.

BULGULAR

Edremit Körfezi yapay resif alanında sürdürülen çalışmada, Vemco akustik konumlandırma sistemi (VPS) kullanılmıştır. Araştırmada ilk olarak akustik konumlandırma sistemini meydana getirecek alıcılar arasındaki optimum mesafenin belirlenmesi için akustik sistem performans testi (Range Test) gerçekleştirilmiştir. Bu teste göre yapay resif alanında akustik alıcıların vericilerden gelen sinyalleri optimum ($\geq 80\%$) tespit etme mesafesi 300 m olarak belirlenmiştir (Şekil 5). Bu değer, VPS'i meydana getiren alıcıların yerleştirme geometrisinde kullanılmıştır.

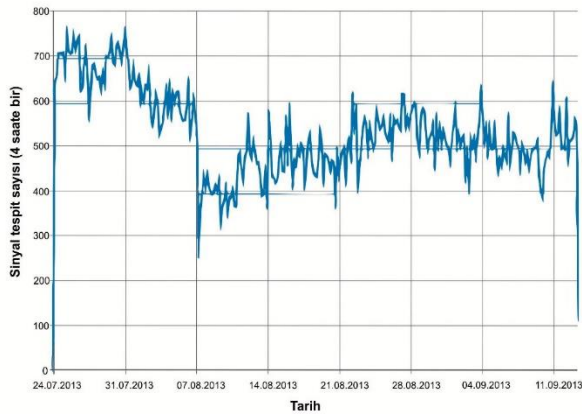


Şekil 5. Yapay resif alanında kullanılan VPS tasarımı
Figure 5. VPS design used in the artificial reefs area

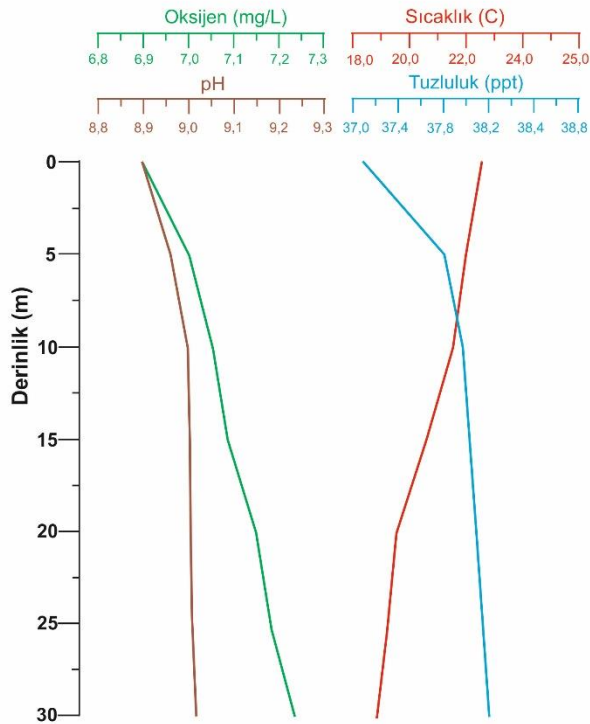
24.07.2013-13.09.2013 tarihleri arasında sürdürülen çalışmada senkronizasyon vericilerinden gelen toplam 164 400 adet sinyal tespit edilmiştir. 1226,5 saat suda bırakılan alıcıların tespit ettiği sinyal sayısı ortalama 134,1 adet/saat olarak hesaplanmıştır. Akustik alıcıların istasyonlara göre tespit ettiği sinyal sayısı 25 578 (St_6) ile 28 314 (St_3) arasında değişmiştir. Çalışmada kullanılan senkronizasyon vericilerinin tespit edilme sayısı 21 328 (Syn_3) ile 31 961 (Syn_1) arasında değişmiştir. Senkronizasyon vericileri ortalama tespit sayısı $27 400 \pm 1 784$ olarak belirlenmiştir. VPS sistemi tarafından hesaplanan konum sayısı 2676 (Syn_3) ile 5265 (St_6) arasında değişmiştir (Tablo 2). VPS sistemi tarafından hesaplanan konum değerlerindeki hata payı 9,0 m daha az olarak tespit edilmiştir.

Tablo 2. Di VPS tasarımında istasyonlara göre tespit edilen sinyal ve konum sayısı
Table 2. Detected signals and positions numbers by stations in VPS design

İstasyon	Koordinat	Derinlik (m)	Sync1	Sync2	Sync3	Sync4	Sync5	Sync6	Konum Sayısı (SyncTag)	
St1	39,56510	26,73147	12,8	5883	4792	3698	3483	3913	5231	5214
St2	39,56430	26,72874	16,2	5615	5824	2413	3471	5249	5184	3386
St3	39,56434	26,73495	20,0	5459	2335	6069	5577	3540	5334	2676
St4	39,56160	26,73351	31,2	4539	2464	4434	4764	6039	5713	5038
St5	39,56172	26,72998	30,1	4983	4412	2247	5603	5535	5019	5174
St6	39,56358	26,73176	23,5	5482	3142	2467	4721	5035	4731	5265



Şekil 6. Yapay resif alanında VPS sisteminin performansı
Figure 6. Performance of the VPS System in artificial reef area



Şekil 7. Yapay resif alanında fiziko-kimyasal parametreler
Figure 7. Physicochemical parameters in Artificial reefs area

Çalışmada senkronizasyon vericilerden gelen sinyallerin %89,9'u üç ya da daha fazla alıcı tarafından tespit edilirken vericilerden gelen sinyallerin %62,1'i 600 m bir alanda en az bir alıcı tarafından belirlenebilmiştir (Şekil 6). Grafikte 07.08.2013 tarihinde meydana gelen düşüşün meteorolojik faaliyetlerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Yapay resif alanında, çalışma süresince su sıcaklığının derinliğe bağlı olarak azalmıştır. En düşük sıcaklık 17,5 °C, en yüksek sıcaklık 23,0 °C olarak ölçülmüştür. Çözünmüş oksijen değerleri, 6,9-7,4 mg/l arasında değişmiştir. Yapay resif alanında tuzluluk %37,9-39,7 arasında değişirken pH ortalama 9,0 olarak belirlenmiştir. (Şekil 7).

TARTIŞMA VE SONUÇ

Akustik telemetri teknolojisi kullanılarak üretilen bilimsel makale sayısındaki artışa rağmen bu teknolojiye ilişkin metodolojik ve analitik çalışma sayısı oldukça azdır. Basitçe balığa yerleştirilen vericinin gücü ve alıcının menziliyle sınırlı olan akustik konumlandırma sistemlerinin performansı sıcaklık, tuzluluk gibi fiziko-kimyasal parametreler, rüzgar, akıntı, dalga gibi meteorolojik olaylar, denizel ortamdaki akustik gürültü (tekne motor ve echo-sounder kaynaklanan ses ve titreşim), doğal yada yapay resif gibi sualtı oluşumları ve sucul canlıların üreme, beslenme gibi aktiviteleri ile ilişkilidir (Voegeli ve Pincok 1996; Klimley vd., 1998; Heupel et al., 2006). Bu yüzden genellikle iç sular veya lagüner alanlarda kullanılan akustik konumlandırma sistemlerinin yapay resifler gibi çok fazla değişkenin bulunduğu bir ortamda kullanılması oldukça yenidir (Topping ve Szedlmayer, 2011; Reubens vd., 2013; Özgül vd., 2015). Bu çalışmanın özellikle yapay resif alanlarında yapılacak çalışmalara metodolojik anlamda gerekli literatür katkısını sağlaması beklenmektedir.

Akustik alıcıların yerleştirilmesinde kullanılan geometri, konumlandırma sisteminin performansını olumlu yönde etkilemektedir. Sistem, vericilerin en az 3 alıcı tarafından tespit edilmesi mantığına göre çalıştığından alıcıların yerleştirilmesinde genelde çokgen şekiller tercih edilmektedir (Smedbol vd., 2014). Alıcıların yerleştirileceği derinlik ve aralarındaki mesafe de sistem performansını etkileyen diğer değişkenlerdir (Lacroix ve Voegeli, 2000; Welsh vd., 2012). Sistemi oluşturan alıcı ve senkronizasyon verici sayının artırılması, alıcıların birbirine yaklaştırılması, doğru yerleştirme geometrisi sistem performansını ve konum

belirlemedeki doğruluk oranını arttıran diğer faktörlerdir (Klimley vd., 2001; Payne vd., 2010; Espinoza vd., 2011). Bu çalışmada, mevcut alıcı sayısına bağlı olarak beşgen şeklinde bir tasarım kullanılmıştır. Alıcılar deniz tabanından 6 m yüksekliğe yerleştirilerek yapay resif bloklarından minimum düzeyde etkilenmesi sağlanmıştır. Çalışmada VPS sisteminin vericileri tespit etme mesafesi ortalama 600 m olarak hesaplanmıştır. Bu değer, beşgen şeklindeki VPS sistem tasarımının ve yerleştirme derinliğinin başarılı olduğunu göstermektedir.

Literatürde geleneksel telemetri teknolojisinin kullanıldığı çalışmalarda, resif bloklarından kaynaklanan yansıma ve soğurulma etkisi araştırmacıların sıklıkla karşılaştığı problemlerdendir (Topping ve Szedlmayer, 2011; Reubens vd., 2013; Piraino ve Szedlmayer, 2014). İtalya'daki bir yapay resif alanında pasif telemetri yöntemiyle yapılan çalışmada, alıcıların etkili tespit mesafesi 500 m olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte yapay resif kümesinden kaynaklanan yansıma ve soğurulmanın akustik alıcıların performansını olumsuz yönde etkilediğine dikkat çekilmiştir (Giacalone vd., 2005). Benzer özellikteki alıcıların kullanıldığı bu çalışmada, yapay resif alanında tespit etme mesafesi 600 m olarak belirlenmiştir. Çalışmada geleneksel telemetri yöntemleri yerine VPS yöntemi kullanılması nedeniyle vericiler yapay resif kümelerinden minimum düzeyde etkilenmiştir.

Akustik konumlandırma sistemlerinin yaygınlaşmasıyla birlikte, alıcıların farklı sucul ortamlardaki performansı ve bu performansa etkileyen faktörlerin incelenmesi önem kazanmıştır. Özellikle çalışma öncesinde yapılacak range test

denemeleri araştırmaların başarısında önemli rol oynamaktadır (Voegeli ve Pincocock 1996; Heupel vd., 2006; Simpfendorfer vd., 2008). Bu çalışmada da VPS sistemi yerleştirilmeden önce range test denemesi gerçekleştirilmiştir. VPS sisteminin verimli olarak çalışması range test uygulamasının gerekliliğine işaret etmektedir. Daha iyi sonuçlara ulaşılabilmesi için range test denemelerinin tüm yıla yayılması önerilmektedir.

Vemco VPS akustik konumlandırma sisteminin diğer akustik konumlandırma sistemlerine göre (Vemco VRAP ve Lotek ALPS) daha başarılı performans gösterdiği, maliyet bakımından daha avantajlı olduğu, dalga ve akıntı koşullarından da diğer konumlandırma sistemlerine göre daha az etkilendiği literatürde de vurgulanmaktadır (Andrews vd., 2011; Espinoza vd., 2011; Smedbol vd., 2014). Bu nedenlerden ötürü VPS diğer akustik konumlandırma sistemlerine göre daha geniş kullanım potansiyeline sahiptir. Bu çalışma VPS'in yapay resif alanları gibi sualtı yükseltilerine sahip bölgelerde de başarıyla kullanılabileceğini göstermektedir. Bununla birlikte, akustik alıcıların yerleştirilmesinde farklı kombinasyonların da denenmesi ileride yapılacak diğer çalışmalara ışık tutacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma TÜBİTAK (TOVAG-1120383) ve Ege Üniversitesi ve Bilimsel Araştırma Projeleri (2013/SAUM/003) kapsamında desteklenmiştir. Akustik konumlandırma sisteminin yerleştirilmesinde Altan Lök, Ali Ulaş, Ozan Düzbastılar, Canberk Pelister'e, veri analizi aşamalarındaki ve akustik sistemin tasarımındaki katkılarından dolayı Frank Smith, Stephanie Smedbol ve Ainsley Hilliard'a teşekkür ederim.

KAYNAKÇA

- Andrews, K.S., Tolimieri, N., Williams, G.D., Samhour, J.F., Harvey, C.J. & Levin, P.S., (2011). Comparison of fine-scale acoustic monitoring systems using home range size of a demersal fish. *Marine Biology*, 158: 2377–2387. doi:10.1007/s00227-011-1724-5
- Bombace, G. (1989). Artificial Reefs in the Mediterranean Sea. *Bulletin of Marine Science*, 44: 1023-1032.
- Bortone, S.A. & Kimmel, J.J. (1991). Environmental assessment and monitoring of artificial reefs. In: *Artificial Habitats for Marine and Freshwater Fisheries* (pp. 177–236). W. Seaman Jr, and L. Sprague (Ed.). New York, Academic Press Inc.
- Bortone, S.A. & Mille, K.J. (1999). Data needs for assessing marine reserves with an emphasis on estimating fish size in situ. *Naturalista Siciliano*, 23: 13-31.
- D'Anna, G., Giacalone, V.M., Pipitone, C. & Badalamenti, F. (2011). Movement pattern of white seabream, *Diplodus sargus* (L., 1758) (Osteichthyes, Sparidae) acoustically tracked in an artificial reef area. *Italian Journal of Zoology*, 78: 255-263. doi:10.1080/11250000903464059
- Doray, M., Josse, E., Gervain, P., Reynal, L. & Chantrel, J. (2006). Acoustic characterization of pelagic fish aggregations around moored fish aggregating devices in Martinique (Lesser Antilles). *Fisheries Research*, 82: 162–175. doi:10.1016/j.fishres.2011.01.011
- Espinoza, M., Farrugia, T.J., Webber, D.M., Smith, F. & Lowe, C.G. (2011). Testing a new acoustic telemetry technique to quantify long-term, fine-scale movements of aquatic animals. *Fisheries Research*, 108: 364–371. doi:10.1016/j.fishres.2011.01.011
- FAO (2015). Practical guidelines for the use of artificial reefs in the Mediterranean and the Black Sea. *Studies and Reviews*. Fabi, G., Scarcella G., Spagnolo, A., Bortone, A.S., Charbonnel, E., Goutayer, J.J., Haddad, N., Lök, A., Trommelen, M., (Eds). General Fisheries Commission for the Mediterranean. No. 96. Rome, Italy.
- Giacalone, V.M., D'Anna, G., Garofalo, G., Collins, K. & Badalamenti, F. (2005). Estimation of positioning error from an array of automated omni-directional receivers in an artificial reef area. In: *Aquatic telemetry: advances and applications: Proceedings of the Fifth Conference on Fish Telemetry held in Europe*, (pp. 245–253). Spedicato MT, Lembo G, Marmulla G, (Eds.). Ustica, Italy, 9–13 June 2003. Rome, Italy: FAO/COISPA,
- Hallier, J. & Gaertner, D. (2008). Drifting fish aggregation devices could act as an ecological trap for tropical tuna species. *Marine Ecology Progress Series*, 353: 255-264. doi:10.3354/meps07180
- Heupel, M.R., Semmens, J.M. & Hobday, A.J. (2006). Automated acoustic tracking of aquatic animals: scales, design, and deployment of listening station arrays. *Marine & Freshwater Research*, 57: 1-13. doi:10.1071/MF05091
- Ito, Y., 2011. Artificial Reef Function in Fishing Grounds off Japan. In: *Artificial Reefs in Fisheries Management* (pp. 239-264). Bortone, S., A. Brandini, F.P., Fabi G., and Otake, S., (Eds). CRC Press, Taylor & Francis Group, New York.
- Josse, E. & Bertrand, A. (2000). In situ acoustic target strength measurements of tuna associated with a fish aggregating device. *ICES Journal of Marine Science*, 57: 911–918. doi:10.1006/jmsc.2000.0578

- Klimley, A.P., Voegeli, F., Beavers, S.C. & Le Boeuf, B.J. (1998). Automated listening stations for tagged marine fishes. *Marine Technology Society Journal*, 32:94-101.
- Klimley, A., Le Boeuf, B., Cantara, K., Richert, J., Davis, S. & Van Sommeran, S. (2001). Radio acoustic positioning as a tool for studying site-specific behavior of the white shark and other large marine species. *Marine Biology*, 138(2): 429-446.
- Lacroix, G.L. & Voegeli, F.A. (2000). Development of automated monitoring systems for ultrasonic transmitters. A. Moore and I. Russell. (Eds.), In: *Advances in Fish Telemetry; Proceedings of the Third Conference on Fish Telemetry in Europe* (pp. 37-50). CEFAS. Suffolk, UK.
- Lök, A. (1995). A study on the feasibility of artificial reefs (in Turkish with English abstract), Ph.D thesis. Ege University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, 54pp.
- Lök, A., Metin, C., Düzbastılar, F.O., Ulaş, A. & Özgül, A. (2013). Research report on a study on observation of fish community structure and physicochemical parameters in Edremit Bay artificial reef project (in Turkish), Ege University, Research and Application Center of Underwater, Bornova, İzmir, 21.
- Nakamura, T. & Hamano, A. (2009). Seasonal differences in the vertical distribution pattern of Japanese jack mackerel, *Trachurus japonicus*: changes according to age? *ICES Journal of Marine Sciences*, 66 (6): 1289-1295. doi:10.1093/icesjms/fsp114
- Özgül, A., (2010). The adaptation of floating artificial reefs for pelagic fisheries in the Aegean Sea (in Turkish with English abstract), Ph.D thesis. Ege University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, 168 pp.
- Özgül, A., Lök, A., Ulaş, A., Düzbastılar, F.O., Tanrıkul, T.T. & Pelister, C. (2015). Preliminary study on the use of the Vemco Positioning System to determine fish movements in artificial reef areas: a case study on *Sciaenops ocellatus* Linnaeus, 1758. *Journal of Applied Ichthyology*, 31: 41-47. doi: 10.1111/jai.12922
- Payne, N.C., Gillanders, B.M., Webber, D.M., & Semmens, J.M. (2010). Interpreting diel activity patterns from acoustic telemetry: the need for controls. *Marine Ecology Progress Series*, 419, 295-301. doi: 10.3354/meps08864
- Piraino, M.N. & Szedlmayer, S.T., (2014). Fine-Scale Movements and Home Ranges of Red Snapper around Artificial Reefs in the Northern Gulf of Mexico. *Transactions of the American Fisheries Society*, 143, (4): 988-998. doi:10.1080/00028487.2014.901249
- Reubens, J., Pasotti, F., Degraer, S. & Vincx, M., (2013). Residency, Site Fidelity and Habitat Use of Atlantic Cod (*Gadus morhua*) at an Offshore Wind Farm Using Acoustic Telemetry. *Marine Environmental Research*, 90: 128-135. doi:10.1016/j.marenvres.2013.07.001
- Simpfendorfer, C.A., Heupel, M.R. & Collins, A.B., (2008). Variation in the performance of acoustic receivers and its implication for positioning algorithms in a riverine setting. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 65, 482-492. doi:10.1139/F07-180
- Smedbol, S.J., Smith, F., Webber, D.M., Vallée, R.E. & King, T.D. (2014). Using underwater coded acoustic telemetry for fine scale positioning of aquatic animals. *20th Symposium of the International Society on Biotelemetry Proceedings* (pp. 9-11). Kyoto University-Japan,
- Szedlmayer, S.T. & Schroepfer, R.L. (2005). Long-term residence of red snapper on artificial reefs in the northeastern Gulf of Mexico. *Transactions of the American Fisheries Society*, 134: 315-325. doi:10.1577/T04-070.1
- Thorne, R.E., Hedgepeth, J.B. & Campos, J.A. (1989). Hydroacoustic observations of fish abundance and behavior around an artificial reef in Costa Rica. *Bulletin of Marine Science*, 44 (2):1058-1064.
- Topping, D.T. & Szedlmayer, S.T., (2011). Home range and movement patterns of red snapper (*Lutjanus campechanus*) on artificial reefs. *Fisheries Research*, 112: 77-84. doi:10.1016/j.fishres.2011.08.013
- Voegeli, F.A. & Pincock, D.G. (1996). Overview of underwater acoustics as it applies to telemetry. In: *Underwater Biotelemetry: Proceedings of the First Conference and Workshop on Fish Telemetry in Europe* (pp. 23-40). E. Baras, and J.C. Phillipart, (Eds.), University of Liege, Belgium.
- Welsh, J.Q., Fox, R.J., Webber, D.M. & Bellwood, D.R. (2012). Performance of remote acoustic receivers within a coral reef habitat: implications for array design. *Coral Reefs*, 31: 693-702. doi:10.1007/s00338-012-0892-1