

TÜRK BOĞAZLAR SİSTEMİ GÖZLEM VE MODEL ÖNGÖRÜ SİSTEMLERİ

TURKISH STRAITS SYSTEM OBSERVATION AND FORECAST SYSTEMS

Ersin TUTSAK, Adil SÖZER, Özgür GÜRSES, Emin ÖZSOY
ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsü, PK 28, Erdemli, Mersin 33730
ersin@ims.metu.edu.tr

ÖZET: Meteoroloji ve Oşinografi Mükemmeliyet Ağı’ (MOMA) Pilot Projesi kapsamında ülkemizin en hızlı gelişen stratejik bir bölgesi olan Türk Boğazlar Sistemi’nde akıntılar, kıyusal su seviyesi, deniz suyu özellikleri, , kıyusal meteorolojik değişkenler ile deniz yüzey sıcaklığı ve klorofil yaklaşık gerçek zamanlı olarak gözlenmiş, hidrodinamik ve taşınım modelleri geliştirilerek operasyonel kullanımları sağlanmıştır.

ABSTRACT: In the framework of the ‘Meteorology and Oceanography Network of Excellence’ Pilot Project, currents, sea-level, sea-water properties, coastal meteorological variables, sea surface temperature and chlorophyll have been observed on a near-real-time basis, and hydrodynamic and transport models have been put into operational use in the Turkish Straits System, one of the rapidly developing strategic regions of Turkey.

Meteoroloji ve Oşinografi Ağı

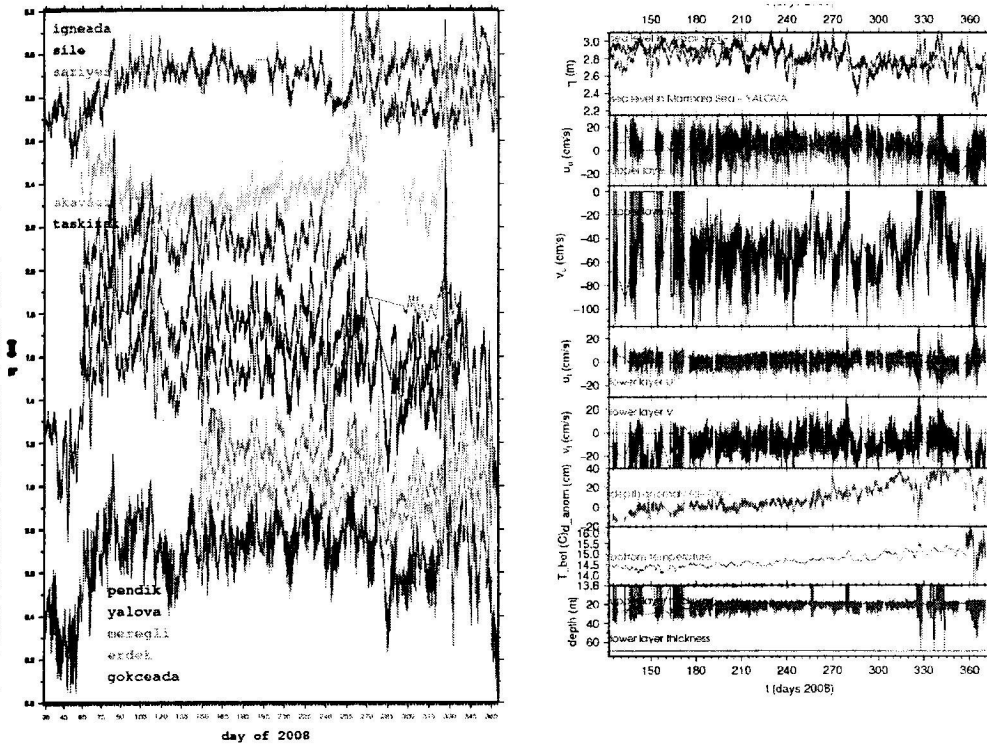
Günümüzde meteoroloji ve oşinografi bilimlerinde, sayısal elektronik ölçüm cihazları, uydu ve yer gözlem sistemleri, gerçek zamanlı veri iletişimi, sayısal öngörü sistemleri ile desteklenen operasyonel sistemlerde hızlı bir gelişme yaşanmaktadır. Hava ve deniz ortamları hakkında düzenli veri toplanabilmesi ve durumlarının gerçek zamanlı olarak tahmin edilebilmesi, üretilen bilgilerin kullanıcı ile hızlı bir şekilde paylaşılabilmesi, uzmanlık, teknoloji ve organizasyon gerektirmekte, elde edilebilecek somut ekonomik katkılar ise bu yöndeki çabalara geçerlilik kazandırmaktadır. MOMA kapsamında Türk Boğazlar Sistemi’nde (TBS) ODTÜ DBE ile birlikte Harita Genel Komutanlığı (HGK), Seyir Hidrografi ve Oşinografi Dairesi Başkanlığı (SHOD), Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü (DMİ), Kıyı Emniyeti Genel Müdürlüğü (KEGM) ve Denizcilik Müsteşarlığı’nın (DM) destek ve katkılarıyla bu gözlem ve öngörü sistemleri kurulmuştur.

Kıyusal Gözlem Sistemleri

Türk Boğazlar Sistemi ve komşu denizlerin kıyı bölgelerinde kurulan deniz seviyesi, meteoroloji ve deniz suyu özellikleri istasyonları SHOD ve HGK’na ait mevcut istasyonlarla entegre edilmiş ve HGK’na ait TUDES sistemi içinde yer

almıştır. Kurulan otomatik istasyonlarda elde edilen su seviyesi, hava sıcaklığı, nem, rüzgar hız ve yönü, barometrik basınç, deniz suyu sıcaklık ve tuzluluğu verileri GPRS sayısal veri iletişim sistemi ile doğrudan internet bağlantısı ile elde edilmektedir. İstanbul Boğazı Baltalimanı'nda kurulan ve yine gerçek zamanlı sayısal iletişim sağlayan bir Doppler akustik akıntı profilleyicisi (ADCP) istasyonundan elde edilen akıntı profillerinden alt ve üst akım için ortalama hız hesaplanabilmekte, taban basınç ve sıcaklık zaman serileri elde edilmektedir.

Elde edilen verilere uygulanan çeşitli analizlerle Karadeniz, Marmara, Ege ve Akdeniz arasındaki hidrodinamik etkileşimlerin daha iyi anlaşılabilmesi ve bu bölgede büyük gereksinme duyulan model ve öngörülerin geliştirilmesine katkıda bulunulması amaçlanmış ve büyük oranda gerçekleştirilmiştir. Karadeniz, Marmara ve Ege Denizi'nde elde edilen su seviyesi verilerinden (Şekil 1a) Boğaz'da su seviyelerinin eşitlendiği veya güney rüzgarlarının arttığı durumlarda üst akıntının yavaşlayarak tümüyle durma noktasına geldiği, kuzey rüzgarlarının arttığı durumlarda ise üst akıntının güçlenerek tüm kesiti kapladığı görülmekteyse de, topoğrafya etkisi nedeniyle elde edilen profil verileri alt akıntının ayrıntılarını saptamaya yetmemektedir (Şekil 1b).



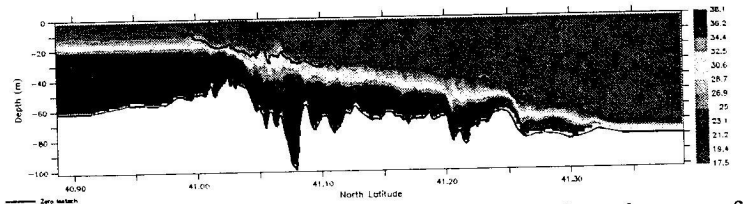
Şekil 1. (a) Karadeniz-Marmara su seviyesi değişimleri, (b) Şile ve Yalova su seviyeleri ile İstanbul Boğazı Baltalimanı ADCP alt ve üst tabaka akımları zaman serileri.

İstanbul / Çanakkale Boğazları ve Marmara Denizi Hidrodinamik Modelleri

Türk Boğazlar Sistemi'nin oşinografik yapısı son yirmi yılda yapılan çalışmalar sayesinde oldukça iyi bilinmektedir.(Oğuz, 1990; Ünlüata ve diğ., 1990; Latif ve diğ., 1991; Beşiktepe ve diğ., 1993, 1994, 1995; Özsoy ve diğ., 1997, 1998, 2001, 2002; Rank ve diğ., 1998, Gregg and Özsoy 2002). Dar kanal topoğrafyası, tabakalaşma, hidrolik kontrol, sürtünme etkileri ve iki yönlü alışveriş akımları nedeniyle İstanbul Boğazı Türk Boğazlar Sistemi'nin akımı en çok sınırlayan elemanıdır. İstanbul Boğazı, ortasındaki daralma ve Karadeniz çıkışındaki eşik ile hidrolik kontrol sağlamakta ve iki tabakalı boğaz akımları için özel bir durum olan 'maksimum alışveriş' (Farmer ve Armi, 1986) rejimine sahip görünmektedir. Çanakkale Boğazı'nda ise hidrolik kontrol'un bulunduğu tek yer Nara Burnu'dur, ve dolayısı ile buradaki su alışverişi 'sub-maksimal' olarak nitelenebilir (Farmer and Armi, 1986). Çanakkale Boğazı'nda bir tek yerde hidrolik kontrol bulunduğu ölçüm sonuçlarından bilindiği gibi sayısal modellerle de öngörülmüştür (Oğuz ve Sur, 1989).

Türk Boğazlar Sistemi'nde farklı gelişme evrelerinde hidrodinamik modeller daha önce kullanılmıştır (Oğuz ve Sur, 1989; Oğuz ve diğ., 1990; Staschuk and Hutter, 2001, 2003; Sözer ve Özsoy, 2002; Oğuz, 2005b; Kanarska ve Maderich, 2008; Ilıcak ve diğ., 2009; Sözer, 2010). Türk Boğazlar Sisteminin dik ve değişken topoğrafyası, yüksek çözünürlük gerekleri, tabakalaşmış akımları ve doğrusal olmayan dinamikleri çoğu kez açık deniz modellerinde gereksinim duyulmayan, ancak Boğazlar söz konusu olunca bu özellikleri yeterince temsil edebilecek yeteneklere ve yüksek başarılı hesaplama olanaklarına sahip modelleri gerektirmektedir. Ayrıca özellikle İstanbul Boğazı'nın ve Çanakkale Boğazı Nara Burnu bölgesinin çok dar olması Boğazların da gerçekçi bir şekilde temsil edildiği bir Türk Boğazlar Sistemi modelinin çalıştırılmasını gereken hesaplama gücünün çok yüksek olması nedeniyle olanaksız kılmaktadır. Bu nedenlerle İstanbul ve Çanakkale Boğazları ve Marmara Denizi için ayrı ayrı modeller geliştirilmiş ve tümünde başarılı sonuçlara olanak veren ROMS modeli kullanılmıştır.

İstanbul Boğazı modelinde gerçeğe yakın seyrelme, ancak modelin yararlı bir özelliği olan dikey karışım katsayılarının koordinatlardan bağımsız olarak belirlenmesi şçeneği ile elde edilebilmektedir. İstanbul Boğazı modelinin (Şekil 2) gerçekçi sonuçları arasında Boğaz'ın güney bölümünde daralma sonrası artan yüzey akıntıları, iki akım yönü arasında sıfır hızın bulunduğu yüzeyin yoğunluk ara yüzeyinden farklı seviyede olması ve Gregg ve Özsoy (1999) tarafından ölçümlerle saptandığı gibi kuzey uçta ara tabakadan daha yüksekte bulunmasıdır.



Şekil 2. İstanbul Boğazı modelinde tuzluluk dağılımı ve akıntı hızının sıfırlandığı yüzeyin konumu.

Modelleri

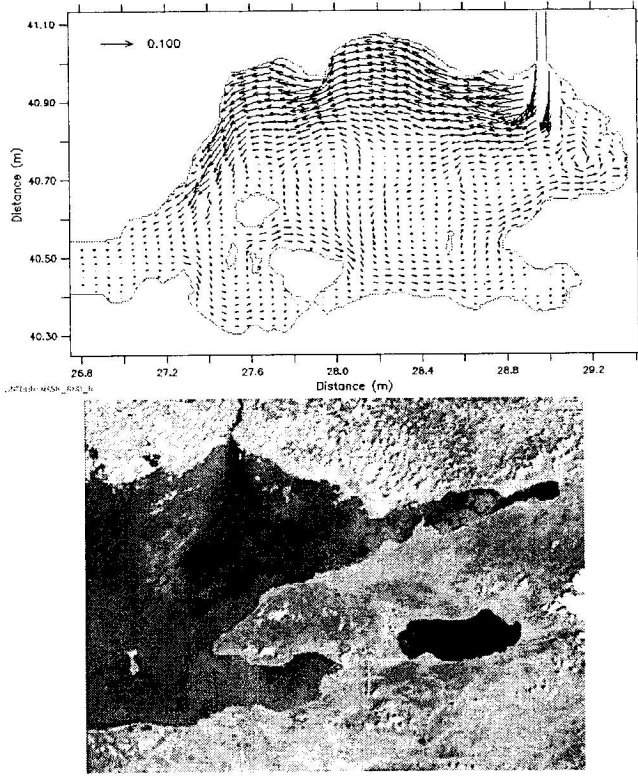
da yapılan
diğ., 1990:
1997, 1998,
topoğrafyası,
ş akımları
sınırlayan
ki eşik ile
durum olan
nemektedir.
mu'dur, ve
armer and
uğu ölçüm
z ve Sur,

rodinamik
Staschuk
Maderich,
değişken
l olmayan
an, ancak
neklere ve
ir. Ayrıca
n çok dar
ar Sistemi
nedeniyle
Marmara
ra olanak

in yararlı
z olarak
(Şekil 2)
an yüzey
nluk ara
çümlele

ırlandığı

Çanakkale Boğazı'nda gerçekleştirilen modelde ise Boğaz içindeki derin kanalın Marmara Denizi'ne doğru derinleşen kesiminde taban akımları bir yerçekimi akıntısı halinde olmaktadır. Yüzey akıntıları ise beklendiği gibi Nara Burnu'nda hızlanmakta ve burada üç boyutlu nitelik kazanmakta, Ege Denizi çıkışında görece yavaşlamaktadır.



Şekil 3. (a) Marmara Denizi model sonuçları, (b) İstanbul Boğazı yüzey akıntısının Marmara Denizi'ne çıkışı.

Marmara Denizi'nde bir dolaşım modelinin gerçekçi sonuçlar üretebilmesi her iki boğazın etkisi, keskin yoğunluk tabakalaşması ve hızlı değişen topoğrafya nedeniyle oldukça zordur. Geliştirilen modelde İstanbul Boğazı'nda giren ve çıkan tuzluluk, sıcaklık ve momentum değerleri sabit tutularak uygun sınır koşulları altında denenmiş ve gerçek başlangıç ve sınır koşulları ile çalıştırılması amaçlanmıştır. Elde edilen sonuçlarda (Şekil 3a) tabakalaşmanın model tarafından korunabildiği görülmüştür. İstanbul Boğazı'ndan Marmara Denizi'ne giren jet akımının (Şekil 3b) benzeştirilebilmesi modelde esnetme tekniklerinin kullanılmasını gerektirmektedir.

Geliştirme önerileri

Başta stratejik önem taşıyan Türk Boğaz Sistemi olmak üzere, kıyısız deniz bölgelerimize odaklı gözlem ve öngörü sistemleri kurulmuş, güncel ve gerçek zamanlı olarak elde edilen verilerden yararlanılarak deniz ve atmosferin gelecek durumları hakkında öneriler düzenli olarak ve her gün yeniden üretilmiştir. Modellerin kaliteli verilere dayanılarak ve gözlem sonuçlarıyla doğrulanarak geliştirilmesiyle, gerçekte daha uyumlu ve gelecek hakkında daha kesin öngörülere ulaşılmıştır. Gözlem ve öngörü sistemlerinin ürettiği bilgilerin yayılım ve taşınım olaylarına uygulanması gösterilmiş ve başarılı sonuçlar alınmıştır.

Ulusal ve bölgesel ekonomik gelişme sonucunda giderek daha fazla olumsuz etkilenen kıyısız bölgelerde ve açık denizde kurulacak gözlem sistemleri, deniz ekosistemindeki değişimlerin günü gününe izlenebilmesine olanak verecek, dolayısıyla hem kaynak yönetimi karar süreçlerine bilgi aktarabilecek, hem de tahminlerde kullanılabilecek verileri üretebilecektir. Çevresel duyarlılığı bulunan bölgelerde hızla yürürlüğe konulması gereken Eylem Planları, ancak gözlem sistemlerinin üreteceği verilere dayandığı sürece başarılı olabilir. Sürdürülebilir kalkınmanın en önemli araçlarından olan Kıyısız Alanlar Yönetimi, ancak bu bilgilere ve bu bilgilerle desteklenen bilimsel sorgulamalara dayanılarak geliştirilebilir. Ancak, kurumlarımızın bu olanakları somut olarak sahiplenmesi ve çevreyi korumak ve sürdürülebilir çevre yönetimi hedefleri doğrultusunda kullanması gerekmektedir.

DEĞİNİLEN BELGELER

- FARMER, D. M., ARMI, L., 1986. Maximal two-layer exchange over a sill and through the combination of a sill and contraction with barotropic flow. *J. Fluid Mech.*, 164: 53-76.
- GREGG, M. C., ÖZSOY, E., 1999. Mixing on the Black Sea Shelf North of the Bosphorus. *Geophysical Research Letters*, 26: 1869-1872.
- GREGG, M. C., ÖZSOY, E., 2002. Flow, water mass changes and hydraulics in the Bosphorus. *J. Geophys. Res.*, 107, noC3: 2.1-2.23.
- ÖZSOY, E., LATİF, M. A., BEŞİKTEPE, S., ÇETİN, N., GREGG, N., BELOKOPYTOV, V., GORYACHKIN, Y., DIACONU, V., 1998. The Bosphorus Strait: Exchange Fluxes, Currents and Sea-Level Changes. In: L. Ivanov and T. Oğuz (editors), *Ecosystem Modeling as a Management Tool for the Black Sea*, NATO Science Series 2: Environmental Security 47, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, vol. 1, 367 pp + vol. 2, 385 pp.
- ÖZSOY, E., DI IORIO, D., GREGG, M., BACKHAUS, J., 2001. Mixing in the Bosphorus Strait and the Black Sea Continental Shelf: observations and a model of the dense water outflow. *J. Mar. Sys.*, 31: 99-135.
- OĞUZ, T., ÖZSOY, E., LATİF, M. A., ÜNLÜATA, Ü., 1990. Modelling of hydraulically controlled exchange flow in the Bosphorus Strait. *J. Phys. Oceanogr.*, 20: 945-965.
- SÖZER, A., ÖZSOY, E., 2002. A three-dimensional model of Bosphorus Strait dynamics. The 2nd Meeting on the Physical Oceanography of Sea Straits, Villefranche, 15th-19th April 2002, pp. 207-210.