

Ülkemizin gerek doğal güzellik açısından, gerekse uluslararası bir su yolu olarak büyük önem taşıyan bir yöresi olan İstanbul Boğazında yer alan akımlar hakkında yeterli bilgimiz olduğu söylenemez. Son yıllarda İstanbul Teknik Üniversitesi İnşaat Fakültesindeki TÜBİTAK Sualma Tesisleri, Desteklenen Ünitesinin, Deniz Kuvvetleri Komutanlığı Seyir, Hidrografi ve Oşinografi Dairesinin işbirliği ile yaptığı çalışmalar, bu konuda yeni bilgiler toplanmasını sağlamıştır. Elde edilen bilgiler, özellikle Boğaza verilmesi düşünülen kanalizasyon deşarjlarının yaratabileceği çevre sorunları açısından ilgi çekicidir. Bu yazıda, bu çalışmaların sonuçlarına göre, İstanbul Boğazında yer alan tabakalı akım hakkında bilgi verilmektedir.

A sya ve Avrupa kıtalarını ayıran su yolunun en çok daraldığı bölgede yer alan İstanbul Boğazı, kuzeyde Karadeniz ile güneyde Marmara Denizini bir akarsu gibi menderesler çizerek birleştirir. Boğazın uzunluğu yaklaşık 31 km dir. Genişliği, ortalama 1,6 km. en dar yerinde ise 0,7 km dir. Bu değerlere göre İstanbul Boğazı, dünya üzerindeki boğazlar arasında, genişliğinin uzunluğuna oranı en küçük olanlardan biridir.

İstanbul boğazının ortalama derinliği 65 m kadardır. Ancak boğaz boyunca derinlik büyük değişimler gösterir, derinliğin 100 m yi aştığı çukurlar vardır. Boğazın güney girişinde, derinliğin 30 m ye indiği bir eşik bulunmaktadır. Karadeniz girişinde ise boğazın ortasında dar ve derin bir kanal bulunmakta, kıyılarda derinlik daha az olmaktadır.

İstanbul Boğazında, üstte Karadeniz'den Marmara'ya, altta Marmara'dan Karadeniz'e doğru hareket eden, iki tabakalı bir akım sisteminin bulunduğu eski çağlardan beri bilinmektedir. (Şekil 1). Bu akımların oluşumunu şöyle açıklayabiliriz. Karadeniz'in su dengesi ile ilgili olarak yapılan araştırmalar, bu denize dökülen akarsuların getirdiği su ile deniz üzerine düşen yağışın toplamının, denizden buharlaşarak kaybolan su miktarından daha fazla olduğunu göstermektedir. Bu değerler ancak yaklaşık olarak bilinmekte olup, ortalama olarak akarsuların getirdiği su, yılda 350 km<sup>3</sup>, yağış yılda 300 km<sup>3</sup>, buharlaşma yılda 350 km<sup>3</sup> olarak tahmin edilmektedir. Buna göre, yılda ortalama 300 km<sup>3</sup> e yakın bir su fazlalığı vardır, gerçekte bu miktarın her yıl farklı değerler alacağı söylenebilir. Bu su fazlalığı dolayısıyla dengeyi sağlamak üzere, İstanbul Boğazı yoluyla Karadeniz'den dışarıya doğru bir akım oluşmaktadır. Bu akımın varlığı, sürtünme kuvvetlerini karşılamak için gerekli basınç farkını sağlamak üzere, Karadeniz'deki

## İSTANBUL BOĞAZINDAKİ TABAKALI AKIM

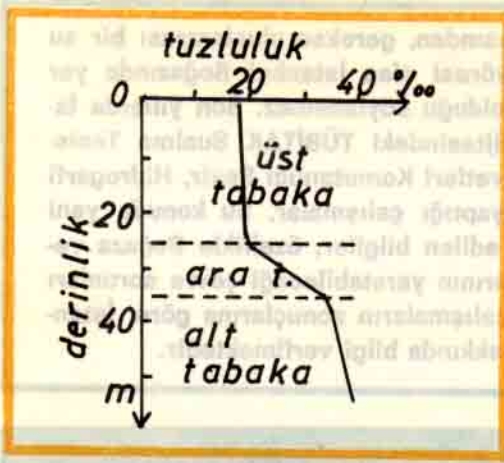
Prof. Dr. Mehmetçik BAYAZIT

su düzeyinin Marmara'dakinden biraz yüksekte olmasını gerektirmektedir. Zaman içinde değişen bu farkın santimetre ölçüsünde olacağı söylenebilir de, gerekli ölçümler yapılmış olmadığından kesin değerler mevcut değildir. (Kavak ve Çubuklu istasyonlarında yapılan ölçümlerin sonuçlarına göre, bulunan yüzey eğimleri boğazın iki ucı arasında, ortalama 35 cm kadar bir fark bulunacağını göstermektedir).

Öte yandan Marmara'daki buharlaşma, Karadeniz'e göre daha fazla olduğu için bu denizlerin tuzlulukları da farklı olmaktadır. Tuzluluklar zaman içinde değişmekle birlikte, ortalama değerler olarak Marmara'nın tuzluluğu binde 38, Karadeniz'in tuzluluğu ise binde 17 kadardır. Bu durumda, Marmara'nın daha tuzlu ve dolayısıyla yoğunluğu daha fazla olan suları, İstanbul Boğazı boyunca alttan Karadeniz'e doğru hareket etmekte, böylece iki tabakalı bir akım sistemi oluşmaktadır.

İstanbul Boğazındaki bu akım sistemi ile ilgili olarak, son iki yüzyılda çeşitli ölçüm çalışmaları yapılmış olmakla birlikte, bunların çoğu günümüzdeki olanaklara göre ilkel sayılabilecek yöntemlerle yapılan tuzluluk ve akıntı ölçümleri şeklindedir. Boğazdaki akımlarla ilgili en ayrıntılı ölçümler, Birinci Dünya Savaşı yıllarında





Şekil 1. İstanbul Boğazındaki tabakalı akım sisteminin şeması

Alman deniz bilimcisi Merz tarafından yapılmıştır. Bu çalışmada, çeşitli mevsimlerde Boğazın çeşitli kesitlerinde akıntı ve tuzluluğun derinlik boyunca değişimi ölçülerek, sonuçlar yorumlanmış ve Boğazdaki akım sistemini belirlemeye çalışılmıştır. 1960'dan sonra Büyük İstanbul Kanalizasyon projesi deniz deşarjları ile ilgili olarak, Boğazdaki akımın incelenmesi yeniden güncellik kazanmış ve Deniz Kuvvetleri Komutanlığı Seyir, Hidrografi ve Oşinografi Dairesi, 1965-67 ve 1974 yıllarında Boğazın güneyindeki 25 km lik kısmında tuzluluk ve akıntı ölçümleri yapmıştır.

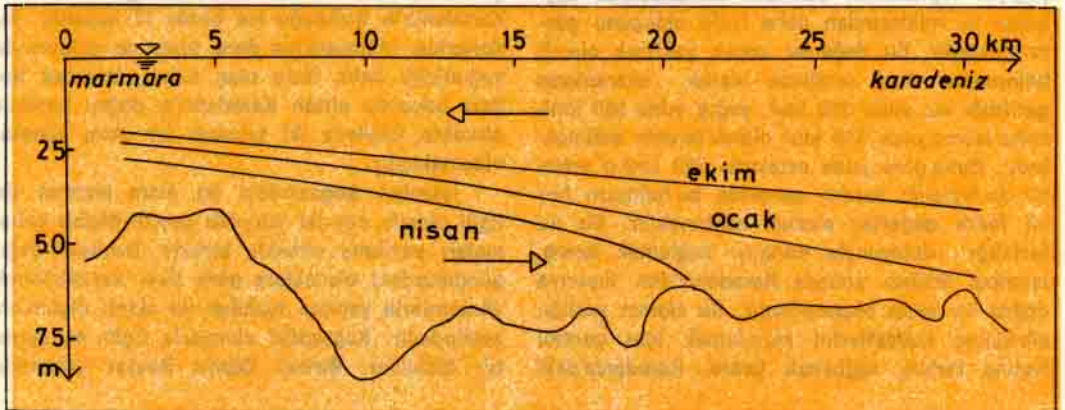
Yapılan ölçümler, Boğaz boyunca akım şartlarının yıl içinde mevsimden mevsime ve ayrı-

ca yıllar arasında önemli değişimlere uğradığını göstermektedir. Bu uzun süreli değişimler yanında, kuvvetli rüzgârların etkisiyle kısa süreli değişimler de olabilmektedir. Boğazdan iki yönde geçen akım miktarlarının bilinmesi için gerekli olan ayrıntılı ölçümler, teknik güçlükler nedeniyle bugüne kadar yapılamadığı için bu değerler kesin olarak bilinmemektedir. Karadeniz'in tuzluluğu zamanla değişmediğine göre, uzun sürede bu, denize giren ve çıkan tuz miktarlarının eşit olması gerektiği düşüncesine dayanarak, üst tabakadaki akış hacminin, alt tabakadakine oranının  $38/17 = 2,2$  olması gerektiği söylenebilir. Bu ortalama bir oran olup, gerçekte akım miktarları zaman içinde değişmektedir. Bu miktarların alt ve üst sınırlarının, saniyede  $3000 \text{ m}^3$  ve  $30.000 \text{ m}^3$  dolayında olduğu tahmin edilmektedir.

Üst ve alt tabakaları ayıran ara yüzeyin konumu da akım miktarlarına bağlı olarak zaman içinde değişmekte, buna bağlı olarak, tabakaların kalınlıkları ve akım hızları farklı değerler almaktadır. Ayrıca, Boğaz boyunca üst ve alt tabakalar arasında sürekli bir karışım olduğu da bilinmektedir. Alt tabakadaki tuzluluğu yüksek olan suyun bir kısmı, ara yüzeyden yukarıya doğru çıkmakta ve bunun yerine tuzluluğu düşük olan üst tabakadaki su geçmektedir. Akımın türbülanslı olması, yani akışkan parçacıklarının her yönde gelişigüzel hareketler yapmaları nedeniyle oluşan bu karışım sonunda, üst tabakanın tuzluluğunun Boğaz boyunca % 10 kadar değiştiği gözlenmiştir.

Üst ve alt tabakaları ayıran arayüzey daima Marmara'dan Karadeniz'e doğru eğimli olup, alt tabakanın ortalama derinliği güneyden kuzeye

Şekil 2. İstanbul Boğazında tuzluluğun derinlikle değişimi (Ocak 1980, Anadoluhisarı Rumelhisarı arası)







Şekil 3. Çeşitli mevsimlerde boğazda arayüzeyin konumu.

doğru azalmaktadır. Üst ve özellikle alt tabakalardaki akıntı hızlarının değişimi konusunda ise çelişkili bilgiler bulunmaktadır. Yüze akıntılarının hızı saniyede 1 ile 3 m arasında değişmektedir. Bu hızlar mevsime bağlı olduğu gibi, boğazın geometrisi dolayısıyla akıma katılmayan ayrılmaz bölgelerinde çevriler oluşmaktadır. Özellikle, kuvvetli lodos rüzgârlarının boğazdaki yüzey akıntıları üzerinde önemli etkiler yaptığı bilinmektedir. Bu rüzgârların etkili olduğu günlerde üst akıntı yön değiştirebilmekte, bunun sonucu olarak yüzeyde yüksek tuzluluklar görülmektedir. Rüzgârların etkisi genellikle ancak birkaç gün sürmektedir. Bu süreler içinde boğazın alt tabakalarındaki durum hakkında yeterli bilgi yoktur. Lodos etkisiyle yüzey akımının yön değiştirmesine, daha çok üst tabakadaki akım miktarının az olduğu, Ekim-Aralık aylarında rastlanmaktadır. Buna karşılık, Karadeniz'den gelen su miktarının fazla olduğu Mart-Ağustos aylarında, kuvvetli rüzgârlar bile üst akıntının yönünü değiştirememektedir.

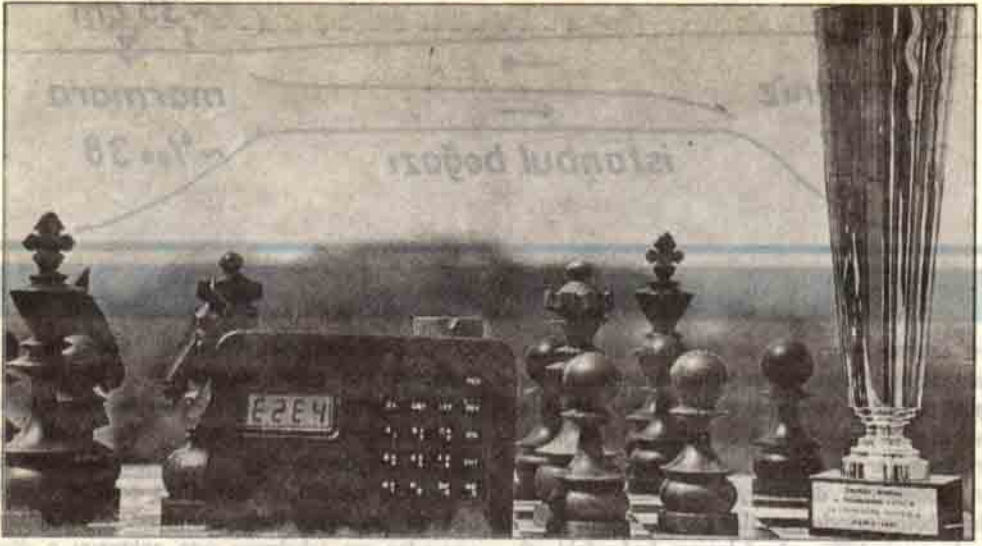
İstanbul Boğazındaki iki tabakalı, akım sistemi hakkında yeni bilgiler elde edebilmek amacıyla, Seyir, Hidrografi ve Oşinografi Dairesi tarafından, 1980 yılının herbir mevsiminde boğaz boyunca 7 noktada tuzluluk ve sıcaklık ölçümleri yapılmıştır. Tabakalaşmayı saptamak için düşey yönde, yeterli sıklıkla, aralıklarla yapılan bu ölçümlerin değerlendirilmesiyle, boğaz boyunca alt ve üst tabakalar arasındaki ara yüzeyin belirlenmesine çalışılmıştır. Ölçülen tuzluluk değişimleri incelendiğinde, Şekil 2'de görüldüğü gibi düşey boyunca 3 bölge ayırabileilmektedir :

1. Tuzluluğun Karadeniz'deki değere yakın olduğu ve derinlikle çok yavaş değiştiği üst tabaka.
2. Tuzluluğun ani olarak arttığı ara tabaka.
3. Tuzluluğun Marmara'daki değere yakın olup, derinlikle yavaş arttığı alt tabaka.

Ölçüm sonuçları, İstanbul Boğazında üstte, Karadeniz'den gelen suların, altta, Marmara'dan gelen suların yer aldığı iki ayrı tabaka bulunduğunu doğrulamaktadır. Ancak bu tabakalar, keskin bir arayüzeyle değil, sonlu bir kalınlığı olan ve içinde tuzluluğun derinlikle çok hızlı değiştiği bir ara tabaka ile ayrılmaktadır. Kolaylık açısından ara tabakanın orta noktasını o düşey üzerinde arayüzeyin yeri olarak kabul ederek, belirlenen arayüzeyler Şekil 3 de görülmektedir.

Karadeniz'den gelen su miktarının küçük olduğu Ekim ayında, üst tabakanın kalınlığının az olduğu ve boğaz boyunca fazla değişmediği, Ocak ayında arayüzeyin daha derinlere indiği, üst tabakanın Marmara'dan Karadeniz'e doğru düzenli bir şekilde kalınlaştığı görülmektedir. En ilginç durum Nisan ayında ortaya çıkmaktadır. Bu ayda, üst tabakanın kalınlığı daha da fazlalaşmıştır. Boğazın kuzeyindeki 10 km lik bölgede, (yaklaşık olarak Büyükdere'nin kuzeyinde kalan kısımda) ölçüm yapılan kesitlerde Marmara suyuna rastlanmamıştır. Bu sonuç, Nisan ayında Marmara'dan giren alt tabaka akımının boğazın güneyindeki 20 km lik kısımda tamamen üst tabakaya karıştığını ve Karadeniz'e ulaşmadığını göstermektedir. Kesitin daha derin bölgelerinde Karadeniz'e doğru bir akıntının bulunup bulunmadığını belirlemek için, Mayıs 1981'de boğazın Karadeniz çıkışında Anadolufeneri açıklarında 4 düşey üzerinde ölçümler yapılmış, bunlarda 60 m ye kadar derinliklerde yine Marmara kaynaklı sulara rastlanmamıştır. Buna göre yağışlar ve kar erimesi etkisiyle akarsuların Karadeniz'e getirdiği akışın büyük değerlere ulaştığı, ilkbahar aylarında üst tabakadaki akım miktarının artışıyla alt tabakadaki akımın Karadeniz'e varamadığı anlaşılmaktadır. Yapılan bir analitik çalışmada da, Karadeniz'deki su düzeyi ile Marmara'daki su düzeyinin farkı 45 cm yi aştığında, Marmara'dan boğaza giren suyun Karadeniz'e kadar ulaşamayan bir tuz kaması oluşturacağı sonucuna varılmıştır.





## SATRAŇ BİLGİSAYARLARININ ŐAMPİYONU

Küçük bilgisayarlarla satraŇ için hazırlanan satraŇ programları için de dünya Őampiyonları düzenlenmektedir. Geçtiđimiz aylarda Paris'te yapılan bir dünya turnuvasında, Münih'teki Hegener + Glaser elektronik firmasının planlayıp gerçekleŐtirdiđi "Mephistox" prototipi, 18 satraŇ-bilgisayarı arasında yanilđi yü-zü görmeden Őampiyon oldu. Dünya Őampiyonunun programı, tanınmıő Mephisto modelinin (Fiyatı: 548 DM.) geliőtirilmiş bir model kasetli olup, 1982 yılı içinde piyasaya çıkmayı beklenmektedir. Tüm "Mephisto" modellerinin bağlanabildiği tam elektronik satraŇ tahtası ise yak-laőık 900 DM. civarında bir fiyata sağla-nabilmektedir.



Paris'teki dünya Őampiyonu "Mephis-tox" Tam elektronik satraŇ tahtası

Bu sonuç daha önceleri H. Pektaő tarafından ileri sürölen düşünceleri kanıtlamakta, Büyük İstanbul Su Getirme ve Kanalizasyon Master Planı için hazırlanan DAMOC raporundaki sonuçlarla uyumlanmaktadır. Bu planda, deniz deşarjlarının boğazdaki alt tabakaya verilmesi öngörülmekte ve bu tabakanın her mevsimde Karadeniz'e ulaőtđi kabul edildiği için, bunun boğazın kirlenmesi açısından sakıncalı bir durum yaratmayacağı ileri sürölmektedir. Halbuki son çalıőmalarda elde edilen sonuçlar, bazı mevsimlerde alt tabakaya verilen kirlil suların tümüyle üst tabakaya karıőarak bütün boğazı kirlenmesi tehlikesi bulunduğunu göstermektedir.

Bu durumda, karar vermeden önce daha ayrıntılı incelemeler yapılması zorunlu olmaktadır.

**KAYNAKLAR**  
 ÇEÇEN, K., BAYAZIT, M., SÜMER, M., GÜÇLÖER, S., DOĐUSAL, M.,

YÖCE, H. : İstanbul Boğazının Oőinografik ve Hidrolik Etüdü-İ. TÜBİTAK Suatma Tesistleri Ünitesi, Kesin Rapor No: 24, 1981.

DAMOC : Master plan and feasibility report for water supply and sewerage plan for the Istanbul region, Cilt III, 1971.

MÖLLER, L. : Alfred Merz hydrographische Untersuchungen in Bosphorus und Dardanellen, Inst. für Meereskunde an der Univ. Berlin, No. 18, 1928.

PEKTAŐ, H. : Boğaz içinde sağlı altı akıntıları ve su karıőımları, Hidrobiyoloji Mecmuası, Seri A, Cilt II, 1954.