

# İSTANBUL VE ÇANAKKALE BOĞAZLARIYLA İLGİLİ OŞİNOGRAFİK ÇALIŞMALARIN KRONOLOJİK İNCELEMESİ

M. Levent ARTÜZ

**Özet:** Bu çalışma başlangıcından bugüne, Türkiye suları ve akıntı sistemleri ile ilgili olarak yapılmış olan oseanografik çalışmaların kronolojisini bir döküman halinde sunmak amacı ile hazırlanmıştır. Bu çalışmada başlangıcından bugüne kadar olan çalışmalar ve çalışmaların kısa özetleri/içerikleri yer almaktadır.

**Anahtar kelimeler:** Oseanografik çalışmalar, Türkiye suları akıntı sistemleri.

**Abstract:** This project related with “the chronological review of the oceanographic investigations of the Turkish straits” aimed to present the chronology of the studies as a document, starting the first day it first started up to now. This project is consisted of the studies and their brief explanations that took place up to now.

**Key words:** oceanographic investigations, Turkish straits.

## Tartışma:

1681 İstanbul Boğazı'nda iki yönlü akıntıyla ilgili olarak ilk yazılı kanıtlar ve alt akıntının tanımı, Kont MARSİLLİ'nin, İsveç Kraliçesi Christina'ya yazdığı mektuplarda yer alır. Kont Marsilli, mevcut üst akıntı güçlerine karşıt bir akıntının fiziksel olarak bir zorunluluk olduğu düşüncesindeydi. Dahası, Marmara Denizi'nde ve İstanbul Boğazı'nın üst akıntılarında su seviyesi değişiklikleriyle ilgili gözlemler yaptı. Amacı Boğazların iki yönlü akıntı sistemiyle ilgili

teorisine fiziksel veri dayanağı oluşturmaktı. İstanbul Boğazı'nda, Marmara Denizi'ne doğru akan yüzey akıntısını, Galata-Ortaköy, Üsküdar açıkları ve Anadolu Kavağı koylarındaki anaforları gösteren bir deniz haritası hazırladı. Kont Marsilli'nin teorisine uzunca bir süre şüpheli gözlerle bakıldı. Marsilli'nin alt akıntı teorisinin üzerinden yüz yıl geçtikten sonra bu teoriye iki araştırmada ilgi gösterildi.

[C MARSILLI, L. F. 1681. *Osservazioni inferno al Bosforo Traio overo Canale di Constantinopoli ROMA. 3*] (Bu çalışmanın İngilizce tercümeli hali, yakın zamanda ABD'de yeniden yayımlandı)

1870'de Kaptan SPRATT akıntı çıpları yardımıyla ve tuzluluğu ölçerek İstanbul

Boğazı'nın hidrografik özelliklerini incelemeye başladı. Boğazlar'ın altında

hiçbir alt akıntının var olamayacağı ve İstanbul Boğazı'nın derin kesimlerinde gözlemlenen ağır ve tuzluluk oranı yüksek suların, ancak sonbahar ve kış dönemlerinde

şiddetli rüzgarların etkisiyle hareketlenen yüzey sularının etkisiyle Ege'den Karadeniz'e doğru akabileceği sonucuna vardı.

**[SPRATT 1870/1871. Yakın dönemde kaşiflerin öne sürdüğü okyanusların Alt Akıntı teorisine dair Royal Geog. Soc. Of London tutanaklarından. ]**

**1872 İngiliz Admiral W.J.L. WHARTON** İngiliz Donanma gemisi "Shearwater"da itinalı bir şekilde droge araştırmalarına, yoğunluk ölçümlerine (aerometrelerle) ve sıcaklık ölçümlerine (reversing termometreleriyle) başladı. İstanbul Boğazı'nın hidrografik koşullarını 2 kesit halinde ve Çanakkale Boğazı'nda üç kesit halinde inceledi. Kaptan Stratt'ın ifadelerinin aksine, Wharton yüzey akıntı katmanlarının altında Ege Denizinden Karadenize kadar uzanan bir alt akıntının mevcut olduğu ve alt akıntının hızı ve gücünün, yüzey akıntısının hızına bağlı olduğu sonucuna vardı. Bulgularına göre, bu iki karşıt yönlü akıntı arasında bulunan arayüzey kuzey ucunda (Karadeniz girişi) 37 metre seviyelerinde, güney ucunda (Marmara Denizi) 18 metrede yer alıyor. Ancak Kardeniz ve Marmara denizi su katmanları arasındaki bu arayüzeyin (termo-haloklin) 48 ve 27 metrelerde olduğu tespit edildi. 1872 Ağustosunda yaptığı ölçümlerde, 35 ile 47 metre arasında bir asgari sıcaklık (termoklin) veya 12°C buldu. Aynı zamanda yüzeyde 23°C ve 60 metrede 16.5°C değerlerini ölçtü. Termoklini oluşturan bu koşullar Ekim ayında (1872) mevcut değildi. Yaptığı

gözlemlere göre yüzey akıntısının hızı, ölçümün yapıldığı yere bağlı olarak 125 cm/s ile 225 cm/s arasında değişiyordu. Alt akıntıda ölçülen hızlar, 13 ile 55 cm/s değerleri arasında değişiklik gösteriyordu. Çanakkale Boğazı'nda Gelibolu açıklarında akıntı arayüzeyi 33 metrede tespit edildi ve Çanakkale Boğazı'nın Ege Denizi çıkışında arayüzeyin derinliği 16 ile 22 metreler arasındaydı. Karadeniz ve Akdeniz su katmanları arasındaki arayüzey (piknoklin) 18-16 metre arasındaydı.

Aynı zamanda yüzeyde olağan üstü şekilde değişkenlik gösteren akıntı hızlarının ortalama 75 cm/s değerinde ve azami 150 cm/s arasında olduğunu kaydetti.

Rüzgarın şiddetiyle deniz seviyesindeki değişimler arasında bir bağlantı kurdu ve buna bağlı olarak ortalama su seviyesinde 70 cm kadar değişiklik görülebileceğini ve aya bağlı gel-git hareketinden dolayı su yüzeyinde 10cm'lik bir yükselme görülebileceğini belirtti.

Ayrıca rüzgarların önemine, yönlerine ve Karadeniz'den gelen yüzey akıntısının hızına olan etkilerine işaret etti. Ancak Kardeniz ile Akdeniz arasındaki yoğunluk farkının etkilerini göz ardı etti.

**[ WHARTON,W.J.L. 1886. Report on the currents of the Dardanelles and Bosphorus Published by order of the Lord Commissioners of the Admiralty London. WHARTON, W.J.L. 1899. Undercurrents. Nature LX. P.316]**

Rus donanmasından **MAKAROFF** 1881 yılının kışında Türk Boğazlarıyla ilgili hidrografik araştırmalarına Rus gemisi

"Taman" ile başladı. Alt akıntı problemini çözmek için yaklaşık 1000 akıntı ölçümü ve 4000 sıcaklık ve yoğunluk ölçümü

gerçekleştirdi Bu alanda daha önce yapılmış araştırmalardan bihaber olan Makaroff, Marsilli ve Whatton ile aynı sonuca ulaştı ve dikkatlice gerçekleştirdiği sıcaklık ve yoğunluk ölçümleri sayesinde Boğazlardaki su kütlesinin iki farklı katmandan

oluşturduğunu ve Karadenize doğru meyilli bir arayüzeyin bulunduğunu kanıtladı.

Ulaştığı bulgular, Boğazlardaki hidrografik koşulların nitelleyici bir tablosu olarak ele alınması gerekir.

#### **Vardığı sonuçlar aşağıdaki şekilde özetlenebilir:**

**a)** Boğazlarda alt ve üst akıntı olmak üzere iki yönlü bir akıntı sistemi mevcuttur.

**b)** Bu akıntıların şiddeti, iki katman arasındaki yoğunluk farklılıklarına ve Karadeniz ile Marmara Denizi'ndeki su seviyelerinin durumuna bağlıdır.

**c)** İki katman arasındaki arayüzey, büyük bir yoğunluk gradyanına sahip bir su katmanından oluşur ve hareketsizdir. Bu katmanın derinliğini ölçüm istasyonlarında, Büyükdere'de 42.1 m, Rumelihisarı'nda 49.4 m, Anadoluhisarı'nda 34.8m, Arnavutköy'de 25.6 m, güney ucunda 20.1 m (Sarayburnu açıklarında) olarak tespit etti.

**d)** Arayüzeyin derinliği, Karadeniz'deki su seviyesi değişimlerine ve aynı zamanda rüzgarın şiddetine bağlıdır. Makaroff'un akıntı ölçümlerine göre üst ve alt akıntı farklı karakteristiklere sahip. Alt akıntı yoğunluk gradyanını takip ederek akmakta ve deniz tabanının oluşumlarından etkilenmektedir fakat dar kanalı her zaman tümüyle doldurmaz. Bu akışın hızı, kesitler halinde, bir nehrin farklı kesimlerinde görüldüğü şekilde birbirinden farklılık gösterir. Maksimum hız değerleri akıntı arayüzeyinin yaklaşık 5.5 metre altında elde edildi ve 0.6 m/s ile 1.1 m/s arasında değerlere sahipti. Saatte bir yapılan akıntı ölçümlerinde, yüzey akıntısının hızında periyodik dalganmalar olduğunu kaydetti. Alt akıntı gibi ters yönde

akan yüzey akıntısı da kanalın tüm yüzey alanını tamamen doldurmuyor ve Boğaz boyunca koylarda girdaplara yer açıyordu. Yüzey akıntısının maksimum hızı, hemen yüzeyde ortalama 1m/s olarak görüldü Bu ortalamadan sapmalar farklı mekanlarda gözlemlendi ve maksimum değeri Arnavutköy'de 1.9 m/s olarak gözlemlendi. (3.8 km). Büyük dere açıklarında bu değer sadece 0.37 m/s (0.7 km) olarak tespit edildi. Bu akıntı ve yoğunluk ölçümlerine dayanarak Karadenizin su bütçesiyle ve iki deniz arasındaki su değişiminin büyüklüğüyle ilgili tahminlerde bulundu, ölçümlerine dayanarak Karadeniz ile Marmara Denizi arasında 0.52 m seviye farkı olduğu hesapladı. Üst akıntının hesaplanan ortalama hızı (0.78 m/s) ve alt akıntının hesaplanan ortalama hızı (0.63 m/s) değerlerini göz önünde bulundurarak Karadeniz'den su çıkışının 9990 m<sup>3</sup>/s olduğunu ve su girişinin de 5400 m<sup>3</sup>/s olduğunu hesapladı. Su girişi ve su çıkışı arasındaki 4590 m<sup>3</sup>/s fark, nehirler ve yağışlar yoluyla gelen sudan, buharlaşmayla eksilen suyun çıkmasıyla oluşan fazlaya işaret ediyor.

Makaroff bu farkın yıldan yıla ve/veya mevsimlere bağlı olarak bölgenin meteorolojik koşullarına ve su kütlesinin yoğunluğuna göre değişebileceğini ifade etti.

[ MAKAROFF S. 1885. On the water exchange between Black Sea and Mediterran Seas. (In Russ.) MAKAROFF S. 1898/1899 On some oceanographic problems Proceed, of Royal Soc. of Edinburgh, p. 391]

**1884 G. B. MAGNAGHI "Washington"** gemisinde, bir manyetik akıntı ölçer ile gözlemlerine başladı ve Çanakkale Boğazı'nda 6, İstanbul Boğazı'nda 7 istasyonda ölçümler yaptı. Akıntının farklı derinliklerdeki hızını ve yönünü kaydetti. Aynı zamanda iki katman arasındaki arayüzeyin konumunu belirlemek için sıcaklık ölçümleri de gerçekleştirdi. Akıntı arayüzeyinin kuzey uçta 45 metrede ve güney uçta 15 metrede buldu. Ayrıca üst akıntı derinliğinin azalması dolayısıyla

yüzey akıntı hızının saniyede 30 santimetreden, saniyede 170 santimetreye çıktığını da gözlemledi. Aynı zamanda alt akıntı hızı Karadeniz'e doğru gidildikçe saniyede 84 santimetreden, saniyede 42 santimetreye düşüyordu. Çanakkale Boğazında akıntı arayüzeyi Nağraburnu'nda 8 metrede ve Ege Denizi girişinde 12 metrede tespit edildi. Çanakkale Boğazı'nda yüzey akıntı hızı saniyede 100 cm ile 130 cm arasında değişiyordu. Alt akıntıya ait hız değerleri de 10 cm/s ile 55 cm/s arasındaydı.

[ **MAGNAGHI, G. B. 1894. Di alcune esperienze eseguite negli Stretti dei Dardanelli e del Bosforo per misurarvi le correnti a varie profondità. Atti del Primo Congr. Geogr. Ital., Geneva 1, 2 p. 440-453.** ]

**1886'da A. de GUEYDON "Petrel"** gemisiyle akıntı hızı ölçümleri, yön ölçümlerinin yanısıra farklı derinlikler ve alanlarda sıcaklık ve yoğunluk ölçümleri gerçekleştirdi. Yaptığı araştırmalar sırasında Gueydon, alt akıntının hacminin, Karadeniz'den gelen yüzey akıntısına oranla çok daha yüksek olduğu sonucuna ulaştı (en azından gözlem yaptığı dönemde) Her ne kadar vardığı sonuçlar kabul edilebilir nitelikte olmasa da, çok basit yöntemler kullanarak topladığı veriler,

İstanbul Boğazı'nın genel hidrografik tablosu içinde kendilerine yer bulabilecek nitelikte. Akıntılar arasındaki sınırı 15-18 metrelerde tespit etti ve 30-45 metrelerde bir başka akıntı arayüzeyi buldu. 1886 yılının Mart ayında Tophane açıklarında yaptığı akıntı hızı araştırmaları sırasında (18'e 20/III) deniz tabanının 9 metre üstünde alt akıntının hız değerlerinde dalgalanmalar tespit etti. Alt akıntıda 8 saat 40 dakika ile 12 saat 9 dakika arasında periyotlara sahip periyodik bir pulsasyon kaydetti.

[ **GUEYDON de A., 1886. Determination des courants sousmarine. Rev. Marit. et Col., Vol. 91, pp 338-347 Paris. ]**

**1892'de J.WOLF ve J. LUKSCH "Po1a"** gemisiyle Çanakkale Boğazı'nda sıcaklık, tuzluluk ve akıntı ölçümleri gerçekleştirdi. Bu ölçümlere dayanarak termohalin ara yüzeyini 12 metrede tespit ettiler. Sekiz

günlük araştırmaları süresince rüzgarların, yüzey katmanlarında sıcaklık ve tuzluluk dağılımı üzerindeki etkisini kanıtlamaya çalıştılar.

[ **LUKSCH J. und WOLF J. 1892. Physikalische Untersuchungen in oestlichen Mittelmeer. III.Reise 1892.Berichte d. Kommission zur Erforschung des oestlichen Mittelmeers VIII. ]**

1894'te K.NATTERER "Taurus" gemisiyle, Marmara Denizi'nde Kuzey-Güney kesitinde yer alan 42 ölçüm istasyonu ve buna ek olarak Çanakkale Boğazı'nda iki istasyonla kimyasal ağırlıklı oşinografik gözlemlerde bulundu. Örnekleme programının standart derinlikleri 0, 5, 10, 50 ve 100 metrelerdi.

Bu örnekleme derinliklerinde, Marmara Denizi'nin sıcaklık, tuzluluk, çözülmüş oksijen ve karbondiyoksit gibi en önemli değişkenlerini ölçtü fakat kullandığı standart derinliklerle, termohalin arayüzeyinin konumunu tespit etmek imkansızdı. Sıcaklık değerleri derin deniz termometreleri, tuzluluk oranları aerometre yoğunluğu değerlerinden yola çıkılarak yapılan hesaplamalarla ve çözülmüş oksijen ile karbondiyoksit oranları titrasyonlar aracılığıyla elde edildi. Mayıs 1894'te, Marmara Denizi'nin üst katmanlarında sıcaklığın 10-22 °C arasında değiştiğini

kaydetti. Tuzluluk da aynı dönemde İstanbul Boğazı'nda ölçülen değerlere göre daha yüksekti. Natterer tuzluluk farklılığını, Marmara Denizi'ndeki buharlaşmadan ziyade iki su kütleleri arasındaki karışma süreciyle ilişkilendirdi.

Alt su tabakasında kaydedilen sıcaklıklar 14.1 °C ile 14.6 °C arasında değiştiğini kaydetti. Bu iki su katmanının dikey olarak karışması, Marmara Denizi'nin taban yapısına bağlandı. Bu incelemeleri sırasında sık sık kendisini çevreleyen sulardan daha yüksek tuzluluk oranına sahip su "mercekleri" gözlemledi. O<sub>2</sub> ve CO<sub>2</sub> gibi çözülmüş gazların dağılımı da dikey karışmayı kanıtlıyordu. H<sub>2</sub>S tespit edilmedi ve 50 metrenin altındaki O<sub>2</sub> içeriği, yüzeydeki konsantrasyonların %50'si kadardı. Yaptığı çalışmalar, Boğazlar'ın kimyasal yapısının keşfiyle ilgili ilk kilometre taşı olarak Kabul edilir.

[ NATTERER, K. 1894. *Chemische Untersuchungen in oestlichen Mittelmeer*. (In Merz u. Muller) NATTERER, K. 1895. *Tiefseeforschungen in Marmarameer auf S.M. Schiff "T a u r u s" in Mat 1894. Denkschriften Kais. Akad. Wiss. Wien. Math. Nat. Kl.. 62. In "Berichte der Kommission zur Erforschung des oestlichen Mittelmeeres" 4 Reihe, Abschnit XIV. 1]*

1894'te J. SPINDLER, Türk gemisi "Selanik"le Marmara denizinde incelemelerine başladı. Amaçlarından biri daha önce Amiral WHARTON tarafından başlatılan bölgenin batimetrik haritasının çıkarılması çalışmalarını tamamlamaktı. Marmara Denizi'nin ortalama derinliğini 289 metre olarak hesapladı.

Denizin sıcaklık ve tuzluluk dağılımını araştırmak için 52'si Marmara Denizi'nde ve altısı Çanakkale Boğazı'nda ve biri İstanbul Boğazı'nda olmak üzere 61 hidrografik istasyon oluşturdu.

Yaptığı araştırmalar sayesinde Boğazlarda farklı özelliklere sahip dört farklı katman olduğunu ortaya çıkardı.

#### **Bunlar;**

1. 11 metre kalınlığa sahip bir homohalin (25.5 S o/ooS) ve homoterm (19.5°C) [incelemelerin yapıldığı dönemde] yüzey tabakası.
2. Bu "örtü"nün altında 11 ile 25 metre derinlikleri arasında sıcaklığın 2°C düştüğü ve tuzluluğunun 10 o/ooS olduğu bir katman.
3. 25-300 metreler arasında uzanan, 15°C sıcaklık ve 38.1 o/ooS'e sahip daha derin bir katman.
4. 200 metrenin altında deniz dibine kadar uzanan (1400 m) homotermik ve (14.2°C) ve homohalin (38.4 o/ooS) bir derin su katmanı. Yüzey akıntısının Karadeniz'den taşıdığı 18.1 o/ooS değerine sahip sular ile alt

akıntının Akdeniz'den taşıdığı 38.8 o/ooS'lik sular ve bunların karışma oranı bu dört katmanın formasyonunda rol oynar. Ancak bu iki farklı su katmanlarının özellikleri Marmara'ya girmeden önce kanallarda yoğun karışma sürecinde değişmiş olur. Üst ve alt akıntılar arasındaki ara yüzey Marmara'da 13-14 metrelerde bulunur. Çanakkale Boğazı'nın Ege girişinde bu ara

yüzey 11 ile 18.6 metreler arasında ve Marmara Denizi girişinde 12 – 16.5 metreler arasında ve İstanbul Boğazı'nda 14 metre seviyesinde tespit edildi.

Adalar açıklarında akıntı hızı 0.25m/s ve koylarda 0.03m/s arasındaydı. Spindler aynı zamanda İstanbul Boğazı'nda su değişimini hesaplamayı denedi ve akıyı 14.500m<sup>3</sup>/s olarak tespit etti.

[ SPINDLER J. 1894. Russische Untersuchungen im Marmara Meer auf den Turkischen Dampfer "S e l a n i k" im jahre 1894. Ann. d. Hydr. mar. Met. p. 313. SPINDLER, J. 1898. Materials on the Hydrology of the Sea of Marmara. Sapiski d. kaiss. russ. Geogr. Soc. Proceed. Vol.33r]

1910'da J. N. NIELSEN "Thor" gemisiyle (Akdeniz ve komşu denizlerle ilgili Thor keşif gezisi) Boğazlar'da ve Karadeniz'de bazı ölçüm istasyonları kurdu. 1910 Ağustos'unda gerçekleştirdiği keşif gezisinde elde ettiği bulgulara göre İstanbul Boğazı'nın Karadeniz girişinde 17.5 metrelik bir kalınlığa sahip bir homohalin (17.5 o/ooS) ve homoterm (24°C) üst tabaka yer alıyordu. Bu "örtü tabaka"nın altında tuzluluk ve sıcaklık açısından bir geçiş bölgesi bulunuyordu ve bu tabakada 85 metrede 7.3 minimum sıcaklık tespit edildi. İstanbul Boğazı'na yaklaştıkça minimum sıcaklık katmanının hızlı bir şekilde yükselip 40 metrelere kadar çıktığı görüldü. Bu katmanda tuzluluk 19 o\ooS değerine sahipti. Bu termoklinin altında, hem sıcaklık hem de tuzluluk değerleri yükselerek sırasıyla 15.32°C ve 36 o/ooS'e ulaşıyordu. İstanbul Boğazı'nda üst ve alt akıntı arasındaki ara yüzey kuzey ucunda 30-40 metrelerde ve güney ucunda 20-25 tespit edildi. Marmara Denizi'nde tuzluluk dağılımı 10-15 metrelere kadar neredeyse

sabit ve 22 o/ooS civarındaydı. Bu katmanın altında tuzlulukta 37.5 o/ooS'e varan bir yükselme gözlemlendi. Üst katmandaki sıcaklığın azaldığı ve 30 metre derinlikte 16-16.5°C maksimum değerine ulaştığı görüldü. 600 metrenin altında sıcaklık 14:15°C sabit değerindeydi. Yapılan gözlemlerden Marmara Denizi'nin derin havzasının Akdeniz'in daha ağır "kış suları" ile dolduğu ve Akdeniz'den gelen göreceli daha hafif "yaz suları"nın bu su kütesinin üzerinde yer aldığı sonucu çıkarıldı. Çözünmüş oksijenle ilgili olarak yapılan ölçümler, bu varsayımın doğru olduğunu gösteren bir kanıttı. Çünkü derin katmandaki oksijen konsantrasyonu, yaz suları katmanındakinden daha yüksekti. Gel-git dalgalanmaları ile bir korelasyon tespit edilmedi. Yüzeyde akıntı hızında büyük değişimler ve girdap oluşumları gözlemlendi. Bu keşif yolculuğu sırasında altı saat aralıklarla akıntı ara yüzeyinin sıcaklık ve tuzluluk ölçümlerine göre değişimleri tespit edildi.

[NIELSEN, J.N. 1912. Report on the Danish Oceanographically Expedition 1908-1910 to the Mediterranean and adjacent Seas Report Vol.1 pp 77-191. 3] (Bu yayın, İstanbul Üniversitesi Balıkçılık Enstitüsü Kütüphanesinde mevcuttu)

**1917'de A. MERZ "Adelgunde" yatıyla İstanbul Boğazı ve Çanakkale Boğazı'nın hidrografyasıyla ilgili araştırmalarını başlattı.**

Araştırmalar iki dönemde yapıldı. İlk gezi 1917 Eylül/Ekim aylarında yapıldı ve ikincisi de 1918 Mayıs-Temmuz arasında yapılmıştır.

Yaptığı araştırmalarda aşağıdaki gözlemlerde bulunuldu.:

**1-** 300 noktada derinlik tespiti (Türk Donanmasından AHMET RASİM'le beraber.)

**2-** Meteorolojik gözlemler ve meteoroloji istasyonlarından elde edilen verilere göre (barometric basınç ve rüzgar) analizler

**3-** Mohr titrimetrisi kullanarak klorinite ölçümleri ve Knudsens tabloları kullanarak tuzluluk hesapları. Reversing şişelere bağlı reversing termometrelerle deniz suyu sıcaklığı ölçümleri [Richter u. Wiese].

**4-** Ekman manyetik akıntı ölçerlerle, akıntı ölçümleri.

**5-** W. PENCK'in işbirliğiyle Boğazlar'ın morfolojisi ve jeolojisiyle ilgili araştırmalar yapılmıştır. MERZ yolculukları boyunca İstanbul Boğazı'nda 18 kesitte ve Çanakkale Boğazı'nda 16 kesitte Boğazlar kıyılarında çok sayıda hidrografik istasyonla çalışmalar gerçekleştirdi. Toplamda 310 istasyonda 2067 akıntı ölçümü, 723 sıcaklık kaydı yapıldı ve klorinite titrasyonu için 623 su örneği alındı.

Alfred Merz'in ölümü dolayısıyla, Lotte MOELLER toplanan hidrografik verileri analiz edip aşağıdaki sonuçlara ulaşmıştır:

**1-** İlk araştırmacıların tanımladığına göre üst ve alt akıntıların taşıdığı su kütlelerinin kat ettiği mesafe yaklaşık olarak 300km. Akıntılarının ortalama hızları göz önünde bulundurulduğunda üst akıntının bu yolu kat etmesi için gereken süre 2 ½ ay ve alt akıntı için gereken süre 2 ¼ aydı.

**2-** Karadeniz ve Ege'nin hidrografik yapısı, Boğazlar boyunca su katmanlarının, karakteristik bir şekilde katmanlaşmasına yol açar. Düşük tuzluluk oranına sahip bir "örtü katmanının" altında tuzluluk oranı yüksek bir su kütlesi yer almakta ve bu iki katman keskin bir haloklin ve çoğu zaman beraberinde keskin bir termoklin tarafından ayrılmaktadırlar. Bu termo-halin ara yüzeyi Karadeniz'de 100-150 metrelerde bulunur ve İstanbul Boğazı'nın kuzey girişinde 50 metreye yükselir. Kanalda bu yükselme daha da belirginleşir ve İstanbul Boğazı'nın güney çıkışında 15-20 metrelere yükselir, bu da genel olarak Marmara Denizi boyunca ara yüzeyi temsil eder. Ara yüzeyin derinliği sadece Çanakkale Boğazı'nda Nağra-Çanak kesitinde yükselmekte ve 10 m derinliğe kadar çıkmaktadır. Ara yüzeyin konumundaki yıllık değişiklikler bir hayli zayıftır. Karadeniz'deki su seviyesi değişikliklerinden etkilenmektedir. Baharda yüksek su seviyelerinin oluşturduğu koşullarda Boğazlar'daki ara yüzey daha derinde olur. 1917 Eylül/Ekim aylarında 2.7 metrelik bir fark ölçülmüştür.

**3-** Buna karşın akıntı ara yüzeyinin derinliği Kuzeyden Güneye doğru gidildikçe artar. İstanbul Boğazı'ndaki akıntı ara yüzeyi Kuzey ucunda termo-halin ara yüzeyinin 7 metre yukarısında ve Güney ucunda 4 metre altında tespit edilmiştir.

Çanakkale Boğazı'nın Kuzey ucunda akıntı ara yüzeyi termo-halin ara yüzeyinin, 0.5 metre yukarıda ve Güney ucunda 6 metre derininde bulunmuştur.

Bunlar, kanalların Kuzey kesimlerinde alttaki su kütlelerinin bir kısmının, üst akıntıyla beraber geri döndüğünü göstermektedir. Bu olgu- bu tür bir katmanlaşmanın belirgin özelliklerinden olan su basıncının dikey dağılımına bağlanmıştır;

4- İstanbul Boğazı'nın Kuzey girişindeki yüzey sularındaki tuzluluk 16-18 o/ooS değerlerinde ve Çanakkale Boğazı'nın Güney ucunda 26-28 o/ooS'di. İstanbul Boğazı'nda suların tuzluluğu 2 o/ooS, Marmara Denizi'nde 5 o/ooS ve Çanakkale Boğazı'nda 3 o/ooS artmaktadır.

Bu rakamlar, üst ve alt akıntılar arasında büyük bir karşılıklı değişim beklenmemesi gerektiğini göstermektedir. Sıcaklığın dikey dağılımı da bu beyanın bir kanıtı olarak düşünülebilir. Yaz döneminde üst su kütlelerinde termik bir tabakalaşma mevcuttur. Minimum sıcaklık katmanı olarak keskin bir termoklin- Karadeniz'den Çanakkale Boğazı'nın güney ucuna kadar takip edilebilir. Buna karşın kış döneminde üst su tabakası homotermiktir.

Marmara Denizi'ne giriş yapan derin suların tuz içeriği, İstanbul Boğazı'nın güney girişine kadar neredeyse sabittir. İstanbul Boğazı'nda yoğun karşılıklı değişim yüzünden tuz içeriği 3-5 o/ooS düşerek 33-35 o/ooS'e geriler. Karadeniz'e giriş yapan derin su katmanının tuzluluğu, İstanbul Boğazı'ndan çıkışta 22-25 o/ooS'e kadar geriler.

Çanakkale Boğazı'na giren derin suyun yoğunluğu 1.029'dur ve Karadeniz girişinde 1.024'e geriler.

5- Ortalama 40-50 cm/s hıza sahip üst akıntı İstanbul Boğazı ve Çanakkale Boğazları'ndan dar bir şerit şeklinde akmaktadır. Hızı iki kanalın güney uçlarında hızlanarak 150cm/s'e ulaşır. Akıntılar arasındaki ara yüzey İstanbul Boğazı'nda 2-10 m ve Çanakkale Boğazı'nda 2-7 m kalınlığındadır.

Üst akıntı hızının dikey dağılımındaki azalma kanalların Kuzey uçlarında yavaş, Güney uçlarında ise olağan üstü hızlıdır. Ara yüzeyin içindeki akıntının hızı, sıfıra yakın değildir, Çanakkale Boğazı'nda

ortalama 8 cm/s ve İstanbul Boğazı'nda 14cm/s.hızındadır.

Geçiş bölgesinde akıntı yönlerinin değişmesi, üst akıntının çapraz sirkülasyon olarak sahile doğru yönelmesi yüzünden gerçekleşir.

İstanbul Boğazı'nın Kuzey kesimlerinde ve Çanakkale Boğazı'nın Güney kesimlerinde görüldüğü gibi yüzey akıntısının Avrupa yakasına Güneybatıdan, Kuzeydoğu yönünde yaklaştığı yerlerde akıntının yönü saat yönünün aksine Güneybatı'dan Kuzeydoğu'ya döner. Akıntının İstanbul Boğazı'nın Kuzey kesimlerinde ve Çanakkale Boğazı'nın Kuzey ve Güney kesimlerinde görüldüğü gibi Asya yakasına yaklaştığı yerlerde, akıntı saat yönünde döner. Kanalların dar kesimlerinde bu kurallar geçerli değildir. İstanbul Boğazı kanalında akıntı ara yüzeyi 10 metre kalınlığındadır ve bir yönden diğerine dönüş gibi basit bir yön değişiminden ziyade, ileri geri bir salınım gerçekleşmektedir.

6- Alt akıntı, üst akıntıya nazaran kanalın topoğrafyasını daha katı bir şekilde takip etmektedir. Alt akıntı her zaman üst akıntının altından akmamaktadır. Bu akıntılar çoğu zaman kanalda farklı yolları takip ederler. İki akıntı arasında bir girdap bölgesinin mevcut olmasından dolayı, İstanbul Boğazı'nda alt akıntının minimum hızı ortalama 8 metrede, Çanakkale Boğazı'nda 16 metrede, termo-halin sınır yüzeyinin altında tespit edilmiştir.

7- Her bir profilden geçen su miktarıyla ilgili olarak yapılan hesaplamalar sayesinde su değişimi hakkında bir fikir edinmek mümkün oldu. Yıllık ortalama 398km<sup>3</sup>/yıl ortalamasına sahip üst akıntı ve yıllık 193km<sup>3</sup>/yıl ortalamasıyla alt akıntı, Karadenizin su bütçesine katkıda bulunmaktadır.

Bu rakamlara göre Karadeniz'den 6520m<sup>3</sup>/s veya 205km<sup>3</sup>/yıl su kaybı olmaktadır. Bu

miktar, 488 mm'lik bir katman kalınlığına denktir.

Karadeniz havzasının su bütçesini hesaplariken aşağıdaki şekilde formüle edilebilecek rakamlara ulaştı;

$$N + Z = A + V$$

**Bu denklemde;**

<b>N = yağış</b>	231 km <sup>3</sup> /yıl
<b>Z = boşalma</b>	328 km <sup>3</sup> /yıl
<b>V = buharlaşma</b>	354 km <sup>3</sup> /yıl
<b>Su çıkışı</b>	328 km <sup>3</sup> /yıl
<b>Su girişi</b>	193 km <sup>3</sup> /yıl
<b>Net su çıkışı</b>	205 km <sup>3</sup> /yıl

8- Kanallardaki komple akıntı sistemleri farklı dalgalanmaların etkisindedir.

Bunlar aşağıdaki gibi özetlenebilir:

- a) Deniz seviyesi değişikliklerine bağlı yıllık periyodik dalgalanmalar
- b) Gel-git etkisiyle periyodik dalgalanmalar

c) Katmanlı su kütlelerinde kendiliğinden gerçekleşen değişimlere bağlı dalgalanmalar

9- Rüzgar ve hava basıncındaki değişikliklerin akıntılara olan etkisi ayrıntılı olarak ele alınmıştır.

MERZ'in gözlemleri ve sonuçların MOELLER tarafından yapılan değerlendirmeleri, Boğazlar'ın hidrografisinin keşfi alanında bir başka kilometre taşıdır.

[MERZ, A. 1921. Stroemungen von Bosphorus und Dardanellen. S. A. aus Verhandlungen 20. Deutsch. Geogr. Tages. BERLIN. MERZ, A. 1928. Hydrographische Untersuchungen in Bosphorus und Dardanellen. Bearbeitet von L. MOELLER. Veroeff. des Inst. fuer Meereskunde an der Univ. BERLIN.]

1952'de P. ULLYOTT ve H. PEKTAŞ 1944-1952 döneminde Boğazlar'da yıllık sıcaklık ve tuzluluk döngüleriyle ilgili olarak toplanan verilerin değerlendirmesine bağladı. Boğazlar'daki kış koşullarının son derece önemli olduğunu fark ettiler. Yaptıkları gözlemler, Marmara Denizi'nden yazın ve kışın çıkan su miktarı arasında büyük bir fark olduğunu gösterdi.

Kışın tuzluluk değerleri yazıya göre 6 o/ooS daha yüksekti ve bu da kışın yaz aylarına

göre karışma derecesinin 100 o/o daha yüksek olduğunu ortaya koyuyordu. Marmara Denizi'nin yüzey sularının yüksek sıcaklıkta olduğu sürece, Çanakkale'den çıkan suların 23-24 o/ooS gibi düşük tuzluluğa sahip olduğunu ancak yüzey sularının soğumaya başlamasıyla birlikte tuzluluğun yükselmekte olduğunu ifade ettiler. Tuzluluktaki artışa, sıcaklıktaki düşüş eşlik ediyordu. Nisan başında, havaların ısınmaya başlamasıyla birlikte tuzluluktaki

düşüş fark edilebilir hale geliyordu. Tuzluluktaki düşüş, Temmuz sonuna doğru yaz koşullarına ulaşılan kadar takip edilebiliyordu.

Yoğunluk farklılıklarından, Marmara'dan çıkan suyun tuzluluğunun, denizin üst ve alt su tabakalarını birbirinden ayıran devamsızlık (discontinuity) tabakasının

istikrarına veya istikrarsızlığına bağlı olduğu sonucunu çıkardılar.

İstanbul Boğazı, Marmara ve Çanakkale Boğazı'nda üst ve alt su katmanları arasında devamsızlık katmanı aracılığıyla bir karışma süreci gerçekleşmekte. Boğazlardaki hidrografik olayları düzenleyen baskın faktör, devamsızlık katmanının istikrarıdır.

**[ULLYOTT, P. and PEKTAŞ, H. 1952. A note on the Yearly Temperature and Salinity Cycle in the Dardanelles. Hidrobioloji, Pub. Of the Hydrobiol. Res. Inst. Univ. Istanbul, Seri A cilt I (Haziran sayı:1 sayfa 19-34) İSTANBUL]**

**1953'de H. PEKTAŞ** İstanbul Boğazı'nın alt akıntıları, karışma ve deşarj etüdü, çalışmalarının yanı sıra, bu alanda önceden yapılmış olan çalışmaları gözden geçirerek, 1951-1954 yılları arasında yaptığı gözlemlerin bir sunumunu gerçekleştirdi. Vardığı sonuçlar uzun bir zaman dilimine yayılan ve yılın tüm mevsimlerini kapsayan gözlemlerine dayanmaktaydı. Aylık ve yıllık değişimlerin hidrografik koşullara ve akıntı davranışlarına olan etkisini takip edebildi.

Vardığı sonuçlar aşağıdaki şekilde özetlenebilir:

**1-** Akdeniz ve Karadeniz arasındaki bağlantının ilk aşamasını oluşturan Ege Denizi ve Marmara bağlantısı tüm mevsimler boyunca üst akıntının ve alt akıntının taşıdığı suların engelle karşılaşmadan taşınmasına imkan tanır. Bu yüzden her mevsim Marmara Denizi'nin derinliklerinde tipik Akdeniz suyu bulmak mümkün. Bu, normal açık deniz havzası bağlantısının mevcut olduğunun bir göstergesidir.

**2-** Marmara Denizi'nde tuzluluk katmanlaşması mevsimsel değişimlerden etkilenir. Marmara Denizi'nde Karadeniz ve derin suların karışmasından dolayı ortaya çıkan yüzey tabakasının kalınlığı azami

seviyesine Haziran ayında, asgari seviyesine Kasım ayında ulaşır.

İstanbul Boğazı'ndaki alt akıntının özelliklerini belirleyen en önemli etkenlerden biri, Karadeniz ve Marmara Denizi arasındaki farklardır.

**3-** Marmara Denizi ile İstanbul Boğazı arasındaki bağlantı Sarayburnu ile Üsküdar arasında "Güney Eşiği" olarak tanımlanan alanla sınırlıdır ve bu, su değişiminde önemli bir etkidir.

**4-** Güney eşiğinden İstanbul Boğazı'nın derin kanalına giren sular, Karadeniz'den akan yüzey akıntısıyla karşılaşır ve Marmara Denizi'ne geri dönmeye zorlanır. Bu, Akdeniz sularının Karadeniz'e akışını kontrol eden en önemli etkenlerden biridir.

**5-** Karadeniz'in su bütçesinde ve meteorolojik değişimlerdeki herhangi bir değişiklik, İstanbul Boğazı boyunca su değişimini düzenleyen ana etkenlerdir.

**6-** ULLYOTT ve ILGAZ tarafından oluşturulan "derin su kütlelerinin dönüşü" hipotezini destekleyen bazı kanıtlar, belli durumlarda yapılan araştırmalar sırasında bulundu ancak bu süreklilik arz etmiyordu. Bu yüzden bu konu üzerinde çok durulmamalıdır.

**7-** Yüzey akıntısının hızından dolayı İstanbul Boğazı'nın bazı yerlerinde düşük

basınç alanları oluşur ve buralarda derin suların yüzeye çıktığı gözlemlenebilir. PEKTAŞ gözlemleri sırasında, yüzey suyunun tuzluluk tabakalaşmasındaki değişiklikler ve yüzey akıntılarındaki mevsimsel dalgalanmalar yüzünden, alt

akıntının Mart'tan Ağustos'a kadar olan altı aylık bir dönemde Karadeniz havzasına ulaşmadığını ve yılın kalan yarısında, Ağustos'tan Mart'a kadar İstanbul Boğazı'nın "Kuzey Eşiği"ni geçip Karadeniz'e ulaştığını buldu.

[PEKTAŞ, H. 1953. Boğazici ve Marmarada satıh akıntıları. Hidrobiologi Mec. Seri A. Cilt 1 sayı 4 sayfa 154 Hidrob. Araş. Enst. Univ. İSTANBUL. ]

[PEKTAŞ, H. 1954. Boğaziçinde Satıh-altı Akıntıları ve Su karışımları. HAE. Cilt 2 sayı 1. 3]

1956'da H. PEKTAŞ "Hydrographical Peculiarities of the Seas Surrounding Turkey" çalışmasında, Karadeniz'in yüzey seviyesinin yüksek değil, düşük olduğu zamanlarda İstanbul Boğazı'ndan derin akıntıların çıkışının mümkün olacağını ifade ediyor. Bunun bir sonucu olarak İstanbul Boğazı'ndaki su kütlelerinin orijini her yerde

ve her sezon aynı değildir. En üstteki Karadeniz katmanı, en alttaki saf Marmara katmanı ve bunlar arasında geçiş katmanı olarak bir karışımdan oluşan bir tabakalaşma tespit edilebilir. Kış ayları ve bahar boyunca İstanbul Boğazı'nın kuzey kesimlerinin sadece Karadeniz suyundan oluşması nadir görülen bir durum değildir.

[PEKTAŞ, H. 1956. The Hydrographical Peculiarities of the Seas Surrounding Turkey. Balık ve Balıkçılık mec. Vol IV, 9. ISTANBUL. 1]

1957'te B. UYGUNER İstanbul Boğazı, Çanakkale Boğazı ve Trabzon açıklarındaki sularda nitrit ( $\text{NO}_2\text{-N}$ ) konsantrasyonlarıyla ilgili yaptığı çalışmalarda, Nisan 1955 ile Ocak 1956 tarihleri arasında yaptığı gözlemleri aktarıyor. Nitritin dikey ve yatay dağılımını ve yıllık değişimlerini araştırdı.

İstanbul Boğazı'nın yüzey sularında maksimum  $7\text{mg/m}^3$  nitrit buldu, fakat 70 metre derinlikte bu değer  $3.3\text{mg/m}^3$  olarak tespit edildi. Çanakkale Boğazı'nda yüzey sularında maksimum konsantrasyon  $2.3\text{mg/m}^3$  ve derin sularda  $8\text{mg/m}^3$  olarak bulundu.

[UYGUNER, B. 1957. La Dosage du Nitrite dans les Eaux du Bosphore, Dardanelles et Trabzonde.Considerations sur la Production Biologique du Nitrite et le Cycle d'Azote. Hidrobiologie, Serie B.Tome IV. Fasc.2-3 Univ. ISTANBUL. ]

1962'de I. ARTUZ "R/S ARAR" gemisiyle Marmara Denizi'ni kapsayan 57 hidrografik istasyonda farklı katmanlardaki sıcaklık dağılımını inceledi ve tuzluluk ile çözünmüş oksijen ölçümleri gerçekleştirdi. Bu istasyonlarda aylık ölçümler yapıldı. En yüksek sıcaklık değişimi yüzey katmanında

(0-0.5m.),  $14.9^\circ\text{C}$ 'lik bir farkla görüldü. Daha derin sularda değişim azalıyor ve 200 metrelerde  $0.1^\circ\text{C}$  ile asgari seviyesine ulaşıyordu. Bu araştırmalarda elde edilen sıcaklık verileri, Marmara Denizi'nde pelajik balıkların bolluğundaki dalgalanmaları açıklamak için kullanıldı.

[ARTÜZ, İ 1962.Some observations on the yearly temperature variations in the different layers of the Marmara Sea. Hidrobiologi, Univ. Istanbul Seri B Vol. VI Fasc. 1-2 ISTANBUL.]

1967'de İstanbul metropol bölgesinin deniz boşaltımları master planıyla ilgili DAMOC Araştırmaları, Dünya Sağlık Örgütü tarafından gerçekleştirildi ve UNDP tarafından desteklendi. Deniz Kuvvetleri Komutanlığı Hidrografi Dairesi tarafından toplanan veriler, bu aynı isimli çalışmanın

sunduğu belgelerde ortaya konmaktadır. İncelemeler, Eylül 1967'den Şubat 1968'e kadar uzanan bir dönemde gerçekleştirildi. Bu program çerçevesinde yapılan ölçümler aşağıdaki bölüm başlıkları halinde toplanmıştır:

- 1- Sıcaklık ölçümü
- 2- Tuzluluk
- 3- Çözünmüş oksijen
- 4- Saydamlık
- 5- Akıntı ölçümleri
- 6- Deniz seviyesi ölçümleri
- 7- Biyolojik gözlemler
- 8- Eser metal analizleri
- 9- Meteorolojik gözlemler

**[DAMOC 1971. Master Plan and Feasibility report for Water supply and sewerage for the Istanbul Region, Prepared for WHO-UNDP. Los Angeles. California USA. 1]**

1980'te K. ÇEÇEN ve grubu, İstanbul Boğazı'ndaki alt akıntının taşıdığı su kütlesiyle ilgili problemi çözmek amacıyla İstanbul Boğazı'nın hidrografik koşullarını araştırmaya başladı. ÇEÇEN ve grubu T.B.T.A.K.'a ilettikleri nihai raporlarında İstanbul Boğazı'nda, Marmara Denizi ile Karadeniz arasındaki hidrografik şartlar arasındaki farklılıktan kaynaklanan iki katmanlı akıntının temel mekanizmasını açıkladı. Deniz Kuvvetleri Hidrografi ve Oşinografi Dairesi ile birlikte gerçekleştirdikleri araştırmalar sırasında

1980 yılının dört mevsimi boyunca İstanbul Boğazı'nın tuzluluk ve sıcaklık profilleri çıkartıldı. Bu gözlemlere dayanan ara yüzey profilleri, ara yüzeyin meyilinin kışın ve özellikle bahar aylarında büyük olduğunu, ancak yaz ve sonbahar aylarında daha düşük olduğunu gösterdi. İstanbul Boğazı'nın kuzey kesimlerinde Marmara suyu içeren hiçbir alt katman uzantısı tespit edilmedi. Bu raporda, İstanbul Boğazı akıntı sistemi için matematiksel bir model oluşturulması girişimleri tartışılmakta.

**[ÇEÇEN, K. ve diğerleri 1981 İstanbul Boğazının Oşinografik ve Hidrolik etüdü – 1 I.T.U. T.B.T.A.K. Rapor No 24]**

M. BAYAZIT ve M. SÜMER İstanbul Boğazı'nda iki katmanlı akışın özelliklerini açıklamak için ek ölçümler yapmaya devam etti ve ilk raporlarına ek olarak bir rapor daha hazırladılar. Raporlarında İstanbul

Boğazı'nın Karadeniz çıkışına yakın dört dikey kesitinde yaptıkları ölçümlerin sonuçlarını yayımladılar. Bu ölçümlerin değerlendirmesi, Marmara'dan giren alt katmanın her zaman bu kesime ulaşmadığını

ortaya koyuyor. Alt katmandaki akıntının, Karadeniz'e dökülen suların hacmindeki artışa bağlı olarak İstanbul Boğazı'na Karadeniz'den giren deşarjın önemli oranda arttığı bahar aylarında, alt katmandaki akışın

Karadeniz havzasına ulaşmadığı sonucuna ulaşıldı. Bu raporda benimsenen ara yüzeysel ve taban sürtünmesini dikkate alan iki katmanlı model, mevcut saha verilerine uygun görünüyor.

**[BAYAZIT, M. ve SÜMER, M. 1982 İstanbul Boğazının Oşinografik ve Hidrolik etüdü – 2 I.T.U. T.B.T.A.K. Rapor No 28 ]**

Bu tarihin ardından Boğazlar'la ilgili oşinografik araştırmalar, özel ölçümler ve projeler şeklinde devam etti. Bunlar arasında en ilgi çekici olanı İ.T.Ü. Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesinin iki dönemlik bir araştırmasıdır. "**The Project of resource of changing oceanographic conditions in the**

**ecosystem of the Sea of Marmara**" verileri ve sonuçları iki volüm halinde gerçekleşmiştir.. (1993-1994) Veritabanıyla ilgili ölçüm sonuçları ayrıntılı olarak dikey ve yatay katmandaki 118 istasyonun verilerini içeren "**Artuz&Artuz&Artuz Database**"de bulunabilir.

**[EDİTÖR: İlham ARTÜZ. 1993 MARMARA DENİZİ EKOSİSTEMİNDE DEĞİŞEN OSEANOĞRAFİK ŞARTLARIN ARAŞTIRILMASI PROJESİ BÖLÜM 1. İ.T.Ü. Gemi İnşaatı ve Denizbilimleri Fakültesi]**

**[EDİTÖR: M. Levent ARTÜZ. 1994 MARMARA DENİZİ EKOSİSTEMİNDE DEĞİŞEN OSEANOĞRAFİK ŞARTLARIN ARAŞTIRILMASI PROJESİ BÖLÜM 2. İ.T.Ü. Gemi İnşaatı ve Denizbilimleri Fakültesi]**