

SBT '96

**SUALTI BİLİM VE TEKNOLOJİSİ
TOPLANTISI**

İstanbul, 17-20 Ekim 1996

SBT'96
SBT'96
SBT'96

Toplantı Başkanı

Yusuf P. Tan

Düzenleyen Kuruluşlar

Boğaziçi Üniversitesi Biyomedikal Mühendisliği Enstitüsü
Boğaziçi Üniversitesi Sualtı Sporları

Destekleyen Kuruluşlar

Biyomedikal Müh. ve Yüksek Teknoloji Araştırma ve Uygulama Vakfı
Boğaziçi Üniversitesi Vakfı
Türkiye Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK),
Yer, Deniz, Atmosfer Bilimleri Çevre Araştırma Grubu
Aries Reklamcılık Hizmetleri Ltd.
Arthur Andersen
Bektaşoğlu İnşaat ve Sanayi Ticaret A.Ş.
Dalış Market
Dz. K. Kılıcı Kurtarma ve Sualtı K.ılığı
Deniz Magazin
Dinamik Doğa Sporları Ltd.
Ekmel Beton
Endiksan Endikatör ve Gereç Sanayi A.Ş.
Genta Denizcilik ve İnşaat Ticaret A.Ş.
Marintek Deniz Malzemeleri Tic. A.Ş.
Med Marine Towage and Escort Services Ltd.
Mer Reklam Pazarlama A.Ş.
Scuba Schools International
Yılmaz Balıkadam Donatım Sanayi Ltd.
Yibitaş/Lafarge



BOĞAZIÇI ÜNİVERSİTESİ
Bebek, İstanbul

Cataloging-In-Publication Data:

Sualtı Bilim ve Teknolojisi Toplantısı (1996: İstanbul)
SBT'96: Sualtı Bilim ve Teknolojisi Toplantısı, İstanbul,
17-20 Ekim 1996/Toplantı Başkanı Yusuf P. Tan; düzenleyenler:
Boğaziçi Üniversitesi Biyomedikal Mühendisliği Enstitüsü
Boğaziçi Üniversitesi Sualtı Sporları Kolu

Includes index

1. Diving, Submarine. 2. Ocean Engineering. I. Title

627.72

Toplantı Başkanı

Yusuf P. Tan (B.Ü.)

Düzenleme Kurulu

Şamil Aktaş (İ.Ü.)
Zeynep Akpolat (B.Ü.)
Burak Arslan (B.Ü.)
İrem Ataibiş (B.Ü.)
Nevzat Aydın (B.Ü.)
Yıldırım Bahadırlar (B.Ü.)
Murat Egi (B.Ü.)
Fulya Gümüşburun (B.Ü.)
Berrin Kocayurt (B.Ü.)
Zeynep Özsoy (B.Ü.)
Deniz Şengün (B.Ü.)
Türker Tunalı (B.Ü.)
Nilüfer Türkoğlu (B.Ü.)
Baki Yokeş (B.Ü.)

Bilimsel Danışma Kurulu

Bülent Akınoğlu (O.D.T.Ü.)
Murat Aydın (University of Miami)
Ömer Cerid (B.Ü.)
Maide Çimşit (İ.Ü.)
Murat Draman (B.Ü.)
Musa Kazım Düzbastılar (9 Eylül Ü.)
Cengiz Erenoğlu (Kurt. ve Sualt. K.İği)
Halidun Ergünt (İ.Ü.)
Donald Fray (Inst.of Nautical Arch.)
Halil Özcan Gülçür (B.Ü.)
Kasım Cemal Güven (İ.Ü.)
Yorgo İstefanopulos (B.Ü.)
Osman Karaer (Kurt. ve Sualt. K.İği)
Bülent Mutlugil (Sualtı Araş. Der.)
Hadi Özbal (B.Ü.)
Bayram Öztürk (İ.Ü.)
Tufan Turanlı (Inst.of Nautical Arch.)
Ahmet Türker (Seyir, Hid. ve Oşi. D. Bşk.)
Sumru Ünsal (Ege Ü.)
Mete Uz (University of Rhode Island)
Ahmet Cevdet Yalçınar (O.D.T.Ü.)
Orhan Yenigün (B.Ü.)

ÖNSÖZ

Biyomedikal Mühendisliği alanında eğitim ve araştırma görevlerini üstlenmiş olan Boğaziçi Üniversitesi Biyo-Medikal Mühendisliği Enstitüsü, BÜ-UNESCO İstanbul Biyomedikal Mühendisliği Bölgesel Merkezi etkinlikleri çerçevesinde düzenlediği ulusal ve uluslararası bilimsel toplantılarla bilimi yayma, yenilikleri tanıtmaya ve yüksek teknoloji gelişmelerini duyurma hizmetini de yürütmektedir.

Sualtı Bilim ve Teknolojisi Toplantısı **SBT '96**, sualtında insan gücünden yararlanan bilim dalları ve sualtı çalışmaları için gereken teknolojiyi üreten kuruluşları bir araya getirmek, bir tartışma ve bilgi alışverişi ortamı yaratmak amacıyla Boğaziçi Üniversitesi Biyo-Medikal Mühendisliği Enstitüsü ve Boğaziçi Üniversitesi Sualtı Sporları tarafından düzenlenmektedir.

Arkeoloji, oşinografi, ekoloji gibi birbirinden oldukça uzak bilim dalları sualtı çalışmaları içerdiklerinde ortak sorun ve çözümler içerebilmektedir. Sualtında yaşama, çalışma, ölçme ve değerlendirme yapabilme gereksinimlerinin beraberinde getirdiği sorunlar farklı bilim dallarında ortak çözümler üretimini sağlamaktadır. Ülkemizde ise sualtı konusunda faaliyet gösteren kurum ve kuruluşlar arasındaki bağlar olması gereken düzeyin altındadır. Bu gereksinimler nedeniyle Boğaziçi Üniversitesi Biyo-Medikal Mühendisliği Enstitüsü ve Boğaziçi Üniversitesi Sualtı Sporları 15 Eylül 1995 tarihinde SBT'96'nın düzenlenmesi çalışmalarını başlattı. Yapılan duyuru üzerine gönderilen bildirimler, birçok üniversiteden öğretim üyesinin de katıldığı bir bilimsel danışma kurulu tarafından değerlendirilerek 20 adet bildiri toplantıda sunulmak üzere seçilmiştir. Bunun yanısıra yurtiçi ve yurtdışından 10 konuk konuşmacı davet edilmiştir. Bu fırsatla toplantıya bildiri gönderen bütün yazarlara, değerlendiren hakemlere, düzenleme kuruluna teşekkürlerimizi sunarız.

Türkiye'de ilk kez düzenlenen ulusal nitelikteki bu toplantının sualtıyla ilgili faaliyet gösteren tüm kurum ve kuruluşlar için yararlı geçmesi ve düzenli aralıklarla yenilenmesi dileğiyle,

Boğaziçi Üniversitesi
Biyo-Medikal Müh. Enst. Müdürü
Prof. Dr. Yorgo İstefanopulos

İÇİNDEKİLER

DENİZ VE SUALTI HEKİMLİĞİ

Decompression and Validation	1
Alf O. Brubakk	
Dekompresyon ve Değerlendirilmesi	9
Alf O. Brubakk Çeviren: S. Murat Egi	
Dalış Kazaları Veri Bankası HİTAM-DKB	17
Şamil Aktaş, Umur Özkal	
Boğaziçi Üniversitesi İrtifa Dalışı Çalışmaları	24
S. Murat Egi, Şamil Aktaş, Salih Aydın, Yıldırım Bahadırlar, Fırat Yeşilleyen, Olav Eftedal	
Combined Bubbles Scenario's for Deep Decompression Computation	30
Jean Pierre Imbert	
Derin Dekompresyon Hesaplamaları İçin Birleşik Kabarcık Kurguları	42
Jean Pierre Imbert Çeviren: S. Murat. Egi, Zeynep Akpolat	
İstanbul Tıp Fakültesi, Deniz ve Sualtı Hekimliği Anabilim Dalı'na Başvuran Dekompresyon Hastalarının Değerlendirilmesi	54
Akın S.Toklu, Şamil Aktaş	
Dalgıçlar İçin Özel Bir Splint Şekli	58
Pınar Köktürk, H. Bülent Tüfekçioğlu, Tayfun Bilgin	

ÇEVRE BİLİMLERİ

14C, Trityum ve CFC'lerin Antropojenik Girdilerinin Oşinografide Kullanımı	64
Murat Aydın	
Deniz Sedimentlerinde Petrol Kökenli Kirliliklerin Araştırılması Amacıyla Yapılan Sualtı Dalışları	69
Mustafa Tolay, Recep Dönmez, Ekrem Ekinci	
Besi Tuzlarının Suıçi Tarımıyla Geri Kazanımına Yönelik Olurluk Çalışması	75
Mete Uz	
Fiziksel Oşinografi Ölçümleri: Eski Sorunlar, Yeni Çözümler	79
Mete Uz	
Akdeniz Suyunun Güneybatı Karadeniz'in Oşinografisine Etkileri	84
Ahmet Türker	

SUALTI TEKNOLOJİSİ

Underwater Breathing Apparatus for Deep Diving Olav Eftedal	97
Derin Dalış İçin Sualtı Soluma Aygıtı Olav Eftedal Çeviren: Baki Yokeş	103
Kuzey Marmara Deniz Sondajlarında Template ve Mudline Suspension Sistem Uygulaması Metin Cengiz, H. Gökhan Aker	108
DeneySEL Amaçlı Bir Uzaktan Kumandalı Sualtı Aracı Prototipinin Tasarımı Çağatay Soyer	115
“Chernomor” Program: Technical Base and Organization of Work With the Manned Undersea Laboratory V.P. Nikolaev	119
Chernomor Programı: Teknik Taban ve İnsanlı Sualtı Laboratuvarının Çalışma sistemi V.P. Nikolaev Çeviren: Baki Yokeş, Zeynep Akpolat	123
Research Programs Of “Chernomor” Project V.P. Nikolaev, R.D.Kosyan	126
“Chernomor” Projesinin Araştırma Programları V.P. Nikolaev, R.D.Kosyan Çeviren: Baki Yokeş, Fulya Gümüşburun	130
Kaçırılmış Dekompresyon ve Suiçi Uygulamaları R. Halidun Ergünt	134
Sualtı Ulaşım Araçları-Açık Mini Denizaltılar Haluk Cecan	138

DALIŞ EĞİTİMİ

Professional Divers Training Jean Claude LePechon	142
Profesyonel Dalgıç Eğitimi Jean Claude LePechon Çeviren: Zeynep Akpolat	147
Bilimsel Dalış Eğitimi S. Murat Egi, Baki Yokeş	152
Türkiye'de Sportif Dalış Eğitimi Harun Sevinç	154
İstanbul Üniversitesi Teknik Bilimler MYO,Sualtı Teknolojisi Programının Tanıtımı Halidun Ergünt	155
Askeri Dalgıçlık Eğitimi Cengiz Erenoğlu, Osman Karaer	157

SUALTI ARKEOLOJİSİ

Marmara Adası Batıkları Nergis Günsenin	163
Geç Rodos Amphoralarının Batı Anadolu'daki Dağılım ve Üretim Problemleri Ahmet Kaan Şenol	165
Sualtı Batık Gemi Araştırma ve Kazı Yöntemleri Yaşar Yıldız	173
Sualtı Sitelerinden Çıkarılan Arkeolojik Kalıntılara Yapılacak İlk Koruma Uygulaması Ve Bu Objelerin Site Üzerinde Kısa Süreli Saklanması Ufuk Kocabaş	177
İzmit Körfezi'nde Kuvaterner Boyunca Gözlenen Ortamsal Değişimler Engin Meriç, Niyazi Avşar	183
Haliç Geç Kuvaterner (Holosen) İstifi Foraminifer Topluluğu ve Ortamsal Özelliklerde Gözlenen Değişimler Engin Meriç, Ahmet C. Şamlı, Niyazi Avşar	187

DENİZ CANLILARI

Bozcaada Kıyılarında Bulunan Prosobranchia (Gastropoda, Mollusca) Kavkaları Baki Yokeş	193
Marmara Denizi'nde "Argus" Denizaltısıyla Yapılan Dalışlara Ait İlk Veriler Bayram Öztürk	208
Denizel Ortamda Yapay Habitat Uygulamaları ve Önemi Ali Ulaş, Altan Lök, Adnan Tokaç, Sumru Ünsal	212
İskenderun Körfezi'nde Bentik Foraminifer Dağılımı Niyazi Avşar, Engin Meriç	220

DECOMPRESSION AND VALIDATION

A. O. Brubakk

Department of Physiology and Biomedical Engineering, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway.

Abstract: Decompression will probably lead to gas bubble formation in the cardiovascular system to a certain degree even in individuals who perform decompression using accepted procedures. The degree of gas bubble formation as well as decompression sickness is not only dependent upon the degree of supersaturation, but on many physiological factors. Changes can occur in several organs, most notably in the central nervous system in the absence of clinical signs of decompression sickness. It is argued that the degree of vascular bubble formation should be used to evaluate decompression procedures. Furthermore, we suggest that evaluation of decompression procedures is performed in a more systematic way, thus ensuring a greater safety for the divers.

INTRODUCTION

The question about what constitutes a safe decompression is central to how decompression tables must be validated. Curiously enough, there is no common acceptance to what constitutes a safe decompression. In general terms, a safe decompression shall not lead to any acute or chronic changes in the organism. If one considers the effects of decompression on the organism, then several definitions of decompression related problems can be considered.

1. "Acute clinical symptoms requiring treatment in individuals who have been exposed to a reduction in environmental pressure".
2. "Acute clinical symptoms in individuals who have been exposed to a reduction in environmental pressure".
3. "Organic and/or functional decrements in individuals who have been exposed to a reduction in environmental pressure"
4. "Vascular gas bubbles without reported clinical symptoms in individuals exposed to a reduction in environmental pressure".

The first definition is the one traditionally used and is incidentally the one used to evaluate the effectiveness of decompression procedures. This is probably quite accurate if serious symptoms occur. If, however, the symptoms are less marked, a considerable under-reporting of symptoms may happen (see below) and the second definition may prove to give a more accurate description. A wide variety of symptoms may be included in this, many of them may not be recognized as having anything to do with decompression at all.

The third definition includes both acute and chronic changes related to decompression. These may be related to acute clinical symptoms or develop subclinically. A recent consensus conference determined that such changes, even in individuals with few or no reported symptoms, have been found in the bones, central nervous system and the lungs [1].

The last definition is similar to the so-called "*silent bubbles*" described by *Behnke* [2]. Most will probably not regard this as DCI. However, the fact that such bubbles are present during most decompressions (see below) is similar to the situation in many infectious diseases with detectable pathological flora and little or no symptoms. The question still remains if these bubbles can have an effect on the organism and produce pathologic changes.

Most, if not all, practical decompressions will lead to some degree of gas bubble formation in the organism. The exact threshold for this bubble formation is not known, but it is probably in the range of 50-70 kPa in the tissue [3] and even lower in the vascular system. *Eckenhoff et al.* [4] demonstrated that saturation at 3.7 msw on air was sufficient to produce bubbles and *Norfleet et al.* [5] showed that 400 minutes at 6.1 msw produced bubbles in 25% of the individuals tested. The conclusion from these studies must be that gas bubbles will form in the vascular system at any supersaturation and that the concept of a minimum tolerable limit of supersaturation only relates to clinical symptoms and not to bubble formation. Adding to this problem is the fact that it has been demonstrated repeatedly that a large inter- and intra-individual difference in bubble forming "ability" exist. Factors like sex, age, body build, circulation, temperature, blood composition and degree of exercise seem to play a role [6,7]. Cavitation in joints, for example, have been demonstrated without any supersaturation following violent movements. Furthermore,

there are data indicating that there is a large difference in susceptibility to decompression sickness not directly related to the amount of vascular gas bubbles observed [8].

DECOMPRESSION SICKNESS AS AN ENDPOINT

The use of decompression sickness as an endpoint for the safety of procedures is based on the assumption that procedures that give no symptoms of decompression sickness will have no effects upon the health of the individual. Furthermore it is assumed that if mild decompression sickness can be prevented, then more serious changes will not be found. There is no argument about the fact that procedures that have a considerable incidence of decompression sickness can represent a health hazard. However, modern decompression procedures have a low incidence of treated decompression sickness, probably in the range of 0.3 to 1%. This makes these procedures very difficult to test as a very large number of dives will have to be performed in order to have meaningful statistics about the risk.

A large percentage of commercial divers have suffered decompression sickness in spite of careful use of accepted procedures. In a survey performed in a *Norwegian* diving company, we showed that 19 out of 40 divers (48%) who answered our questions (65% of the divers asked), had suffered Type I DCS [9]. In another much larger study, we showed that 3% of the sports divers and 28% of the professional divers had been treated for decompression sickness. However, 59% of the commercial divers had experienced clinical symptoms related to decompression that was not treated. Untreated symptoms were positively correlated to symptoms from the central nervous system [10]. In a different study, *Todnem et al.* [11] have shown that changes in the central nervous system is positively correlated with clinical signs related to decompression and decompression sickness in saturation divers.

From the above studies we can conclude that there probably is a considerable under reporting of clinical symptoms related to decompression and that such symptoms may have decremental effects upon the divers health. In a recent study of divers who had lost their diving license on medical grounds, 13 out of 15 reported that they had failed to report even quite serious symptoms [12].

One of the more extensive studies of the relationship between diving and injury to the CNS was performed by *Rozshahegyi* on caisson workers [13]. His data indicate that there is a positive relationship between the incidence of decompression sickness and the degree of abnormal neurological findings both clinically and in the EEG. This relationship seems to exist even for workers who only suffered from Type I DCS.

There are, however, other studies that show that even very unsafe diving does not lead to significant changes in the central nervous system [14], indicating that the relationship between diving and possible effects is not simple. This is incidentally the same observation that can be made in patients with minimal head trauma, where it is not possible to establish a simple dose-response relationship [15].

Even quite extensive diving activity without clinical signs of spinal decompression sickness do not seem to lead to changes in the spinal cord [16]. In a group of 10 amateur and 10 professional divers, five of whom had suffered from DCI, no changes could be seen. In the brain, changes in the endothelial layer of the ventricles could be detected in a group of professional divers [17]. This is probably not an effect of intravascular gas bubbles in the brain, but may be related to circulatory changes that may cause changes in venous pressure; e.g. pulmonary embolism. It is thus of interest to note that the changes were more marked in air divers than in saturation divers, maybe due to the fact that air divers are subjected to more severe decompressions with higher amounts of pulmonary gas. Another possible explanation is that this damage is caused by gas bubbles in the spinal fluid, such bubbles will probably primarily adhere to the lining of the ventricles.

In most testing schemes for decompression procedures, mild decompression sickness (muscle and joint pain only) is acceptable in a certain percentage of the cases (typically 1-5%), while serious (central nervous symptoms) are not acceptable. The acceptance of the procedure is thus dependent upon the diagnostic accuracy. Small areas of central nervous damage can for instance lead to very localized changes in skin sensitivity, easily missed even with careful investigations. This is perhaps most strikingly shown by the cases reported by *Palmer et al.* [18], where a diver with considerable degeneration of his spinal cord following a decompression accident had only minute clinical signs and in fact were allowed to continue diving. Recent studies has shown that so-called "*pain only DCS*" is a rare event, happening only in 8 [19] to 13% [20] of all cases. Diving can often be very heavy work, with considerable use of muscles of the upper body. It is to be anticipated that joint and muscle pain caused by decompression sickness easily can be missed in this situation. Furthermore, as documented above, many professional divers may be reluctant to

report minor symptoms, as treatment of decompression sickness may have negative effect upon their further employment prospects.

There are indications that the tables evaluated using decompression sickness as an endpoint can be unsafe. This is demonstrated by the striking change in the occurrence of neurological decompression sickness in the last 10 years, from 20% of all treated cases in 1975 [21] to 80% in 1987 [22]. The reason for this is not quite clear, but is probably related to the development of better equipment, enabling the divers to go to the limit of the tables. Many centers with extensive experience in treating decompression sickness claim that about 1/3 of all treated divers have dived inside accepted limits (*Edmonds*, personal communication 1993). Furthermore, there seems to be a general consensus that most air diving tables are unsafe for long, deep exposures, clearly indicated by the restriction of such dives on commercial operations by British authorities.

Another indication that the use of tested decompression tables will not prevent long term effects is documented by the fact that a large percentage of divers with no history of decompression sickness can have signs of changes in the retinal arteries compatible with gas embolism [23], other studies have demonstrated changes in diffusion capacity of the lung compatible with gas embolism [24]

All the above seems to indicate that decompression sickness is at best a very unreliable way of evaluating decompression procedures.

VASCULAR GAS BUBBLES AS AN ENDPOINT

Using ultrasonic techniques, it has been possible to detect gas bubbles in the vascular system of individuals undergoing decompression. Several studies has demonstrated that there is no linear relationship between gas bubbles found in the right heart and clinical decompression sickness. [25,26]. However, procedures that produce many Intravascular gas bubbles have a high incidence of decompression sickness. Thus, the occurrence of a large number of gas bubbles in the vascular system will function as an early warning sign. This also shows that the clinical signs of decompression sickness and vascular gas bubbles are both based upon supersaturation by gas, but they are probably not directly related.

It has often been claimed that gas bubbles as can be detected in the pulmonary artery is a poor predictor of DCI. The main reason for this is that gas bubbles has been detected without clinical signs of DCI [27]. There seems, however, to be agreement that the risk of DCI increases with increasing number of bubbles. In my own experience, after carefully having monitored many hundreds of air dives and numerous saturation dives, I have never seen an individual without pulmonary artery gas bubbles who had clinical symptoms. The same observation was made by *Davies* [28], who claims that clinical symptoms were never observed when gas bubbles could not be detected in the muscles of the thigh. *Nishi* [29] points out that for air dives, decompression illness was always accompanied by bubbles if all monitoring sites are considered.

Published data seem to support this. In Table I, an overview of several studies have been made.

TABLE I
AIR DIVES; PRECORDIAL BUBBLES AT REST

		Bubble grade	
		0	I-IV
Nishi 1993(27)	n	1265	331
	DCI incidence (%)	0.6	8
Spencer& Johansen 1974(30)	n	110	64
	DCI incidence(%)	1.0	22
Nashimoto& Gotho 1977(31)	n	64	88
	DCI incidence (%)	0	19

One interesting observation is the considerable differences in DCI incidence in the different studies. In all groups with bubbles, the incidence is considerably above what is considered acceptable. It can be very difficult in many cases to distinguish between an occasional bubble and no bubbles using the *Doppler* method [32]. Thus it is possible that the few individuals with DCI and no observed gas bubbles actually had a few bubbles that were not detected.

We performed a study where we compared the incidence of gas bubbles in two surface decompression procedures [33]. One was the *USN Standard Surface Decompression Table Using Oxygen*, the other a new table developed by the *Institute of Environmental Medicine (IFEM), University of Pennsylvania*. The DCI cases were all skin rashes, except one case of knee pain. The divers were monitored postdive using *Doppler* equipment, the results were graded according to the *Kisman-Masurel Scale*.

TABLE II
COMPARISON OF BUBBLE GRADES AFTER SURFACE DECOMPRESSION
(KM SCALE)

Depth(feet) / duration(min)	n	USN		Max	IFEM	
		Max bubble grade	DCI inc. n %		DCI inc. bubble grade	%
80/70	10	2.2	10	12	1.4	0
110/40	10	2.0	10	10	1.7	10+
100/50	10	1.9	0	16	1.7	0
120/40	13	2.2	7.7	30	1.2	0
Mean (all dives)	43	2.4	7.5	68	1.5	1.5

+ One individual with transitory and spontaneously resolved shoulder pain.

This study only considers few subjects, but seem to indicate that a bubble grade in excess of 2 increases the risk of DCI. When evaluating this, it must be kept in mind that the grading system used is non-linear and probably close to exponential (*Eftedal* and *Brubakk*, unpublished, see later).

The data shown above seem to indicate that even few bubbles in the pulmonary artery increases the risk of having clinical symptoms. Thus, the aim must be to develop bubble free decompressions [34].

One of the assumptions made in using ultrasound to evaluate decompression tables, is that one table producing few gas bubbles will be safer than one producing many bubbles. This is probably not an unreasonable assumption, but as far as we know, no one has been able to document that. However, we have been able to show that it is possible to use gas bubble content in the venous system to distinguish between two different profiles [35], and that there is a relationship between the amount of gas and the "stress" of the dive. The advantage of this method is that even small dive series is sufficient to make this distinction.

Most studies using ultrasound has been performed in the right heart. It is generally assumed that the lung is a very good filter for gas bubbles down to a diameter of approximately 10 microns. We have, however, shown that procedures that was considered safe, will give rise to considerable gas bubble formation both on the venous and the arterial side of the circulation [36]. Arterial gas bubbles were also detected in another study during routine decompression from saturation [37].

These studies seem to indicate that gas bubbles in the arterial system may be present without signs of decompression sickness. *James* and *Hills* [38] demonstrated that gas bubbles can lead to breakage of the blood-brain-barrier. *Chryssanthou et al* have in several studies demonstrated that decompression lead to disruption of the blood-brain barrier with leakage of fluid into the extra vascular space [39,40]. In the white matter, this will lead to a separation of myelin lamellae, leading to changes in conduction velocity of the axon. Myelin changes seem to be central in experimental decompression sickness as demonstrated by *Sykes* and *Yaffe* who found changes in myelin sheaths in the spinal cord of animals [41].

METHODS FOR EVALUATING GAS BUBBLE CONTENT

Traditionally, the *Doppler* method has been used for this [42]. The advantage of this is that the equipment is cheap and easy to use even in remote locations. The disadvantage is that the evaluation of the signals is very difficult and requires extensive training, in particular if few bubbles are present [31]. We have developed a method based upon the use of ultrasonic imaging [43]. Using this system, the bubbles are easy to identify and the classification is easy [44]. TABLE III shows a comparison between the gas content as determined from the images and bubble grades. This is based upon data from approximately 100 separate experiments.

TABLE III
RELATIONSHIP BETWEEN BUBBLE COUNT
AND BUBBLE GRADE (K-M, SPENCER)

Grade	Bubble count bubbles/cm ²
0	0
I	<0.1
I-II	0.1 - 0.3
II-III	0.3 - 1.5
III-IV	1.5 - 10
IV	10 - 25 (30)

At 25 - 30 bubbles/cm² all animals died.

Even if this obviously is an approximation, it now makes it possible to convert the bubble grades to a linear scale. Initial analysis of data from dives where both *Doppler* grade and bends incidence is known, using this method and integrating the number of gas bubbles over time, indicate that this method has considerable ability to discriminate between safe and unsafe dives.

CONCLUSIONS

The use of decompression sickness as an endpoint for the evaluation of decompression procedures was developed at a time when there were no equipment for the detection of gas bubbles. There is no doubt that this was a useful endpoint when developing procedures at a time when the procedures were generally unsafe and the incidence of decompression sickness was high. The present situation is however different. If the procedures are used properly, then the incidence of DCS will be quite low and our main concern will be the possible health effect of exposure to the decompression stress. The fact that changes can be seen in individuals who never have had clinical signs of decompression sickness, must lead to the conclusion that such changes may be unrelated to acute clinical signs. It is perhaps in connection with this interesting to note the statement by *Behnke* in 1940 [45]

" It may well be that bubbles form as soon as a state of supersaturation is initiated and that what appears to be a ratio of supersaturation tolerance is in reality an index of the degree of embolism that the body can tolerate".

We believe that changes observed in divers may be related to vascular gas bubbles and that gas bubble monitoring should be performed during decompression procedure testing to reduce the health hazards in each individual and to increase our understanding of the decompression process.

Furthermore, we think that in order to develop new and possible better decompression procedures, a much more systematic approach must be used. We suggest the following steps:

- Determine by a consensus between divers, researchers and operators the main weaknesses in the present procedures.
- Establish an accepted endpoint of decompression procedures.
- Perform a systematic comparison between different mathematical models of decompression using this endpoint.
- Establish an animal model for testing of the different procedures and use this to compare the different procedures.
- Establish a testing program under controlled conditions in man and perform tests.
- Establish a system for testing procedures under operational conditions and perform tests.
- Publish procedures
- Establish procedures for follow-up and evaluation of procedures in operational use.

An approach like this may seem very elaborate and costly. We do, however believe that it will in fact be considerably cheaper and more effective than previous attempts. In particular, such a system will require much less testing in man.

REFERENCES

- [1] Hope A et al (eds). Long term health effects of diving. NUTEC, Bergen, 1994.
- [2] Behnke AR. Decompression sickness following exposure to high pressures. In: Fulton JF. Decompression sickness. WB Saunders Company, London: 1951, pp 53-89.
- [3] Daniels S. Ultrasonic monitoring of decompression procedures, Phil Trans R Soc Lond; 1984,B304:153-75,
- [4] Eckenhoff RG et al. Human dose-response relationship for decompression and endogenous bubble formation. J Appl Physiol, 1990;69: 914-918.
- [5] Norfleet WT et al. Methods for flying after diving in neutral buoyancy training facilities. Poster, UMHS Annual meeting, Halifax 1993.
- [6] Jones HB. Gas exchange and blood-tissue perfusion factors in various body tissues. In: Fulton J F (Ed.). Decompression Sickness. Saunders, Philadelphia & London:1950, 279-321.
- [7] Vann RD. Exercise and circulation in the formation and growth of bubbles In: Brubakk A O et al (Eds.). Supersaturation and bubble formation in fluid and organisms. Tapir, Trondheim: 1989, 235-258.
- [8] Ward CA. Identification of individuals susceptible to decompression sickness In: Bove AA et al (Eds). Underwater Physiology IX, UHMS, Maryland, USA, 1987 239-247.
- [9] Brubakk AO and Fyllingen J. Occupational health service for diving ships. In: Shrier LM (Ed.) Diving and hyperbaric medicine. EUBS, Rotterdam, 1986,149-158.
- [10] Brubakk AO, Bolstad G, Jacobsen. Helseeffekter av luftdykking. SINTEF Report STF23 A93053, Trondheim 1993.
- [11] Todnem K et al. Influence of occupational diving upon the nervous system: an epidemiological study. Brit J Industr Med 1990;47: 708-714.
- [12] Bjelland Ø, Moe N. Underreporting - a problem in professional diving. In: Cimciti, M (ed). Proc EUBS 1994, Istanbul 1994:
- [13] Rozsahegyi I 1980, Dauerschäden des Zentralnervensystem, Ohres, Herzmuskels and Skeletts nach manifesten oder latenten Dekompressionskrankheit. In: Gerstenbrandt F & al (Eds.). Tauchmedizin, Shlueterssche Verlagsanstalt, Hannover 1980: 135-143.
- [14] Edmonds C and Hayward L. Intellectual impairment with diving: A review. In: Bove AA et al (Eds). Underwater Physiology IX, UHMS, Maryland, USA 1987:877-886.

- [15] Grimm BH and Bleiberg J. Psychological rehabilitation in traumatic brain injury. In: Filskov SB and Boll TJ (Eds). Handbook of clinical neuropsychology. John Wiley & Sons, New York 1986 : 495-560
- [16] Mørk S, et al. Does diving really damage the spinal cord? A neuropathological study of 20 professional and amateur divers. Undersea Biomed Res 1992;19(suppl):111.
- [17] Morild I, Mørk SJ. A neuropathologic study of the ependymoventricular surface in divers brains. Undersea & Hyperbaric Medicine
- [18] Palmer AC et al. Spinal cord degeneration in a case of recovered spinal decompression sickness, Br Med J 1981; 283: 888-890.
- [19] Kelleher PC et al. INM diving accident database: Analysis of cases reported in 1991 and 1992. Undersea & Hyperbaric Med Res 1993 20(suppl): 18-19.
- [20] Denoble P et al. Describing decompression illness in recreational diving. Undersea & Hyperbaric Med Res 20 (suppl) 1993: 18.
- [21] Kidd DJ, Elliott DH. Decompression disorders in divers, In Bennett PB and Elliott DH (Eds.). The physiology and medicine of diving and compressed air work. Baillere Tindall, London 1975: 470-494.
- [22] Annual Report. Diving Alert Network, Duke University, Durham, N C, USA 1987.
- [23] Polkinghorne PJ et al. Ocular fundus lesions in divers, Lancet 1988;II: 1381-1383.
- [24] Thorsen E et al. Exercise tolerance and pulmonary gas exchange after deep saturation dives. J Appl Physiol 1990; 68: 1809-14.
- [25] Gardette B. Correlation between decompression sickness and circulating bubbles in 232 divers. Undersea Biomed Res 1979; 6: 99-107
- [26] Nashimoto I and Gotoh Y. Ultrasonic Doppler detection of blood bubbles in caisson work. In: Early diagnosis of decompression sickness, 12th UMS workshop, Bethesda, Maryland 1977: 171-183.
- [27] Nishi RY. Doppler evaluation of decompression tables. In Lin YC, Shida KK (eds). Man in the sea. Best Publishing Company San Pedro 1990:pp 297-316.
- [28] Davies JM. Studies on bubble formation after decompression. PhD thesis, Dept of Pharmacology, University of Oxford 1983.
- [29] Nishi RY. Doppler and ultrasonic bubble detection In Bennett PB, Elliott DH (eds). The physiology and medicine of diving. 4th ed, WB Saunders Company London 1993:pp433-453.
- [30] Spencer MP, Johanson DC. Investigation of new principles for human decompression schedules using the Doppler ultrasonic blood bubble detector. Tech Report , Inst. Environ Med and Physiol, Seattle 1974.
- [31] Nashimoto I, Gotoh Y, Relationship between precordial Doppler ultrasound records and decompression sickness. In Shilling CW, Beckett MW (eds). Underwater Physiology VI. Undersea Medical Society, Bethesda 1978:pp497-501.
- [32] Sawatzky KD, Nishi RY. Assessment of inter-rater agreement on the grading of intravascular bubble signals. Undersea Biomed Res 1991;18:373-396.
- [33] Brooks S, et al. Decompression from air dives using surface decompression. SINTEF Report SINTEF23 F93013. SINTEF Trondheim 1993.
- [34] Flook V, Brubakk AO. Designing bubble-free profiles - Impossible? Underwater technology 1993;19:23-29.
- [35] Flook V et al. Comparison between predictions of gas bubbles by a mathematical model of decompression and bubble counts detected in pigs. In. Reinertsen RE, Brubakk AO, Bolstad G (eds). Proc EUBS Trondheim 1993: 278-282.
- [36] Brubakk AO et al. Gas bubbles in the circulation of divers after ascending excursions from 300 to 250 msw. J Appl Physiol 1986;60:45-51
- [37] Hjelle JO et al. Doppler monitoring during 3 dives to 360 msw, In: Maroni A and Oriani G (Eds). Proc EUBS Diving and Hyperbaric Medicine, Palermo, Italy 1987: 357-364.
- [38] James P and Hills BA. Microbubble damage to the blood-brain-barrier. Relevance to decompression sickness. Undersea Biome Res 1991;18: 111-116.
- [39] Chryssanthou C et al. Blood-brain and blood-lung barrier alteration by dysbaric exposure, Undersea Biomed Res 1977;4:117-129.
- [40] Chryssanthou C et al. Increase in blood-brain-barrier permeability by altitude decompression, Aviat Space Evniron Med 1987; 58: 1082-1086.
- [41] Sykes JJW et al. Light and electron microscopic alterations in spinal cord myelin sheaths after decompression sickness, Undersea Biomed Res 1985;12: 251-258.

- [42] Spencer MP. Decompression limits for compressed air determined by ultrasonically detected blood bubbles. *J Appl Physiol* 1976;40: 229-235.
- [43] Eftedal O and Brubakk AO. A method for detecting intravascular gas bubbles using 2D ultrasonic scanning and computer-based image processing. In: *Proc EUBS Heraklion, Crete 1991*:311-316.
- [44] Eftedal O et al. Bubble grading in ultrasonic images. *Undersea & Hyperbaric Med* 1993;20(suppl): 79.
- [45] Behnke AR et al. Preliminary report on air embolism and equipment for oxygen inhalation, CAM Report no 3, Experimental Diving Unit, Washington D C, 1940

DEKOMPRESYON¹ VE DEĞERLENDİRİLMESİ

A.O.Brubbak

Department of Physiology and Biomedical Engineering, Norwegian University of Science and Technology, Trondheim, Norway.

Çeviren: S. Murat Egi

Boğaziçi Üniversitesi, Biyo-Medikal Mühendisliği Enstitüsü, Bebek, 801815, İstanbul

Özetçe.- Kişiler genel kabul görmüş yöntemlere göre dekompresyon uygulaması da, basınç azalması nedeniyle kalp/damar sisteminde bir dereceye kadar gaz kabarcığı oluşumu olasılık dahilindedir. *Dekompresyon Hastalığı* (DH) gibi gaz kabarcıklarının oluşma derecesi sadece süpersatürasyon seviyesine değil bir çok fizyolojik faktöre bağlıdır. DH'nın klinik belirtileri görülmeksizin, bazı organlarda, özellikle merkezi sinir sisteminde değişimler oluşabilir. Damar içi kabarcıklarının dekompresyon yöntemlerini sınamak amacıyla kullanılması öne sürülmektedir. Bunun ötesinde, dalıcılar yönünden daha fazla güvenlik sağlaması için dekompresyon yöntemlerinin daha sistemli bir şekilde sınanması gerektiğini de öne sürüyoruz.

I.GİRİŞ

Güvenli bir dekompresyonu oluşturan etkenin ne olduğu sorusu, dekompresyon tablolarının nasıl sınanması gerektiğinin de temelini oluşturur. Ne kadar gariptir ki, güvenli bir dekompresyonu neyin oluşturduğu konusunda henüz bir genel uzlaşma bulunmamaktadır. Dekompresyonun organizma üzerindeki etkileri ele alındığında, dekompresyona ilişkin sorunların birden fazla tanımı gözönünde bulundurulmalıdır:

1. Ortam basıncının azalmasına maruz kalmış kişilerde, tedaviyi gerektiren akut klinik semptomlar
2. Ortam basıncının azalmasına maruz kalmış kişilerde akut klinik semptomlar
3. Ortam basıncının azalmasına maruz kalmış kişilerde organik ve/veya işlevsel aksaklıklar
4. Ortam basıncının azalmasına maruz kalmış kişilerde klinik semptomlar belirtilmeksizin görülen damar içi kabarcıklar

İlk tanım geleneksel olarak kullanılan ve dekompresyon yöntemlerinin etkinliğinin sınanmasında kullanılan tanımdır. Ciddi semptomlar görülmesi durumunda bu yöntem oldukça kesindir. Bununla birlikte, eğer, semptomlar daha az belirginse semptomların oldukça az ifadesi (Bkz. alt satırlar) ile karşılaşılabılır ve ikinci tanım daha hassas bir betimleme oluşturur. Buna oldukça geniş bir semptom çeşitliliği dahil edilebilir, bunlarda çoğunun dekompresyonla hiç bir ilişkisi bulunmayabilir. Üçüncü tanım dekompresyonla ilgili hem akut kem kronik değişimleri içerir. Bunlar akut klinik semptomlara bağlı olabilir ya da sub-klinik olarak gelişebilir. Yakın geçmişteki bir consensus (uzlaşma) konferansında, kişilerde az ya da hiç semptom görülmesi de bu çeşit değişimlerin kemiklerde, merkezi sinir sistemi ve akciğerlerde gelişebileceği saptanmıştır [1]. Son tanım *Behnke* tarafından betimlenen "sessiz kabarcıklar" a benzemektedir [2]. Çoğunluk buna DCI² (*Decompression Illness, Dekompresyon Hastalığı, DH*) olarak bakmamaktadır. Bununla birlikte, bu kabarcıkların birçok dekompresyon sonrasında gözlenmesi (Bkz. alt satırlar), bir çok bulaşıcı hastalıkta patolojik flora ile birlikte az ya da hiç belirti görülmemesine benzer. Bu kabarcıkların organizmayı etkileyebilmeleri ve patolojik değişikliklere neden olabilmeleri hala bir soru olarak kalmaktadır.

Tümü olmasa bile bir çok uygulanan dekompresyon organizmada bir dereceye kadar kabarcık oluşumuna neden olmaktadır. Kabarcık oluşumu için gereken kesin sınır bilinmemekle birlikte dokularda 50-70 kPa civarında [3] hatta daha az olması olasıdır. *Eckenhoff* et al. [4] hava ile 3.7 mds (metre deniz suyu) derinliğinde satüre olmanın kabarcık oluşturmaya yeteceğini göstermiştir. *Notrfleet* et al. [5] 6.1 mds.'de 400 dakikadan sonra deneylere katılanların %25'inde kabarcık oluştuğunu göstermiştir. Bu çalışmalardan elde edilen sonuç herhangi bir süpersatürasyonun kabarcık oluşumuna neden olabileceği ve süpersatürasyona en düşük toleransın kabarcık oluşumuna değil klinik semptomlara bağlı olduğu şeklinde olmalıdır. Bu soruna ek olarak, kişiler arasında ve belirli bir kişi için farklı zamanlarda görülen kabarcık oluşturma "yatkinliği" bir çok kereler kanıtlanmıştır. Cisiyet, yaş, vücut oluşumu, dolaşım, sıcaklık, kan yapısı ve egzersiz miktarı gibi etkenlerin payının olduğu sanılmaktadır [6,7]. Örneğin, herhangi bir süpersaturasyon söz konusu olmaksızın, şiddetli hareketlerden sonra eklemlerde kavitasyon oluştuğu saptanmıştır. Bunun ötesinde, damar içi kabarcık sayısına bağlı olmaksızın, DCS'e maruz kalma yatkinliği konusunda çok büyük farklılıklar olduğu konusunda veriler vardır [8].

¹ Çevirenin notu: Dekompresyon, sualtı tıp literatüründe basınç azalması olarak kullanılır. Oysa ki dilimizde dekompresyon, ya da dekompresyon yapmak kelimesi, belirli derinlik ve zaman kombinasyonları aşıldığında vurgunun önlenmesi amacıyla, belirli derinliklerde belirli süreler beklemek amacıyla kullanılmaktadır. Bu metinde **dekompresyon** sadece **basınç azalması** anlamını ifade etmektedir. Bir örnek verecek olursak tüm dalışların sonunda basınç azalması sözkonusu olacağından tüm dalışlarda dekompresyon vardır.

DCS'İN KRİTER OLARAK KULLANILMASI

DCS'in dekompresyon güvenliği için kriter olarak kullanılması DCS semptomu görülmeyen dalışların kişinin sağlığına herhangi bir etkisi olmayacağına dayanır. Bunun ötesinde, eğer basit DCS önlenirse, ciddi değişikliklerin önlenebileceği varsayılmıştır. Ancak, modern dekompresyon yöntemlerinde tedavi gerektirmiş DCS sayısı oldukça az olup, muhtemelen %0.3 ila %1 arasında değişmektedir. Bunun sonucunda, risk hakkında anlamlı istatistikler elde etmek amacıyla çok sayıda deney yapılması gerekmektedir. Genel kabul görmüş yöntemlerin dikkatli bir şekilde kullanılmasına rağmen, birçok profesyonel dalgıç DCS geçirmiştir. Bir *Norveç* dalış şirketinde gerçekleştirilen araştırmada, sorulara cevap veren 40 dalgıçtan (toplam sorgulananın %65'i) 19'unun (%48) Tip I DCS geçirdiği gözlenmiştir [9]. Daha geniş bir incelemede, sportif dalıcıların %3 ve profesyonel dalıcıların %28'inin DCS'den dolayı tedavi olduğunu bulduk. Ancak, dekompresyona bağlı klinik semptom görülen profesyonel dalgıçların %59'u tedavi görmemiştir. Tedavi edilmemiş semptomlar, merkezi sinir sistemi semptomlarına pozitif olarak bağımlıdır [10]. Diğer bir çalışmada, *Todnem* vd. [11] merkezi sinir sistemindeki değişimlerin profesyonel dalgıçlarda dekompresyona bağlı klinik belirtiler ve DCS ile pozitif korelasyon gösterdiğini ispat etmiştir.

Yukarıdaki çalışmalardan çıkarabileceğimiz sonuç, büyük olasılıkla dekompresyona bağlı klinik semptomların oldukça az rapor edildiği ve bu semptomların dalgıçın sağlığı ile ilgili aksaklıklara neden olabileceğidir. Yakın geçmişte, tıbbi nedenlerden dolayı dalış belgesini kaybeden dalıcılarla yapılan araştırmada, 15'inden 13'ü oldukça ciddi semptomları dahi söylemediklerini ifade etmişlerdir [12].

Dalış ve merkezi sistem hasarları konusundaki ilişki konusunda en kapsamlı araştırma kezon (*caisson*, basınçlı tünel) işçileri ile gerçekleştirilmiştir [13]. Verileri, DCS ile klinik ve EEGyle (*Elektroensefalogram*) tanımlanmış anormal nörolojik bulgular arasında pozitif bir ilişki olduğunu göstermektedir. Aynı ilişkinin sadece Tip I DCS'ten yakın işçiler için de geçerli olduğu sanılmaktadır.

Bununla birlikte, bazı çalışmalar oldukça riskli dalışların dahi merkezi sinir sisteminde değişikliğe neden olmadığını göstermiştir [14]. Bu da dalış ve olası etkilerinin basit olmadığını gösterir. Bu olay basit bir doz-sonuç etkisini belirlemenin güç olduğu, ufak kafa travmaları geçiren hastalarda yapılan inceleme sonuçlarına benzerdir [15].

Klinik omurilik DCS bulgularının görülmediği aşırı dalış etkinliklerinde bile omurilik değişimleri gözlenmemiştir [16]. Beşi DCI'dan etkilenen 10 amatör 10 profesyonel dalgıçtan hiçbirinde omurilik değişimi gözlenmemiştir. Bir grup profesyonel dalgıçın beyinde, ventriküllerin endotel tabakasında değişimler gözlenmiştir [17]. Muhtemelen, bu beyindeki damar içi kabarcıkların değil, venöz basınçta değişime neden olan dolaşım değişiklikleridir; örneğin akciğer embolisi. İlginç olan şey, hava ile dalanlarda satürasyon dalgışlarına göre daha belirgin değişiklikler olmasıdır. Bunun nedeni daha ciddi dekompresyona maruz kalan hava ile dalan dalgıçlarında daha yüksek miktarlarda gaz kabarcığı oluşmasıdır.

Dekompresyon yöntemlerinin sınırlanmasında çoğunlukla basit DCS (sadece kas ve eklem ağrısı) belirli bir yüzdeye kadar (genellikle %1-5) kabul edilebilir, öte yandan ciddi DCS (merkezi sinir sistemi semptomları) kabul edilemez. Böylece yöntemin kabul görmesi tanının kesinliğine bağlıdır. Örneğin, merkezi sinir sistemindeki zarar gören küçük alanlar, oldukça sınırlı bölgelerde görülen deri hassaslığına neden olabilir. Bu da dikkatli incelemelerde bile kolayca gözden kaçabilir. Bir dalış kazası sonrasında, omuriliğinde ciddi dejenerasyon görülen bir dalgıçın sadece çok hafif klinik bulguları olması ve sonuçta dalışa devam etmesine izin verilmesi, *Palmer* vd. [18] tarafından rapor edilen çarpıcı bir vaka örneğidir. Yakın geçmişte yapılan incelemeler, "salt acı görülen DCS"nin nadir bir olay olduğu, tüm vakaların sadece %8 [19] ila %13'ünde [20] oluştuğunu göstermiştir. Dalış çoğu kez gövdenin üst bölümündeki kasların kullanıldığı yorucu bir çalışma olabilmektedir. Bu gibi durumlarda DCS'in neden olacağı kas ve eklem ağrısı kolayca gözardı edilebilir. Bunun ötesinde, yukarıda belirtildiği gibi, birçok profesyonel dalgıç DCS tedavisi görmüş olmanın ilerideki mesleki kariyerlerine ters etkisi olacağından basit semptomları söylemekte isteksiz olabilir.

DCS'in tabloların değerlendirilmesinde kullanılması güvensiz bir uygulama olabilir. Bu nörolojik DCS yüzdesinde son 10 yılda görülen değişikliklerle de ispat edilmektedir. 1975 yılında tedavi uygulanan vakaların %20'sini oluşturan nörolojik DCS [21] 1987 yılında %80'e çıkmıştır. Bunun tam olarak nedeni bilinmese de, muhtemelen daha gelişmiş malzemelerin yapıyla birlikte dalgıçların tablo sınırlarına daha yakın dalışlar yapabilmeleri olabilir. DCS tedavisinde oldukça fazla tecrübe sahibi merkezlerin iddiasına göre, tedavi gören tüm dalıcıların 1/3'ü genel kabul gören tablo sınırları dahilinde dalmıştır [*Edmonds*, kişisel görüşme 1993]. Bunun ötesinde, birçok dalış tablosunun derin ve uzun dalışlar için güvenilir olmadıkları konusunda yaygın bir kanı vardır. *İngiliz* otoritelerinin bu tip ticari dalışları kısıtlaması bunun en açık göstergesidir.

Test edilmiş dekompresyon tablolarının kullanımının uzun vadedeki etkileri, hiçbir DCS geçirmemiş dalgıçların büyük bir yüzdesinde gaz embolisi ile ilişkilendirilebilecek retinal atardamar değişimi belirtileri görülmesi [23], diğer çalışmalarda bulunan ve gaz embolisiyle ilişkilendirilebilecek akciğerlerdeki difüzyon kapasitesindeki değişim ile belirlenmiştir [24].

Tüm yukarıda belirtilenler, DCS'in dekompresyon yöntemlerinin sınanmasında güvenilir olmayan bir yol olduğuna işaret ettiğine benzemektedir.

DAMARIÇİ KABARCIKLARIN KRİTER OLARAK KULLANILMASI

Dekompresyona maruz kalmış kişilerde, ultrason teknikleri kullanılarak, kabarcıkların tesbit edilmesi mümkündür. Bir çok araştırma, sağ kalpte bulunan kabarcıklar ile klinik DCS arasında doğrusal bir ilişki olmadığını ispat etmiştir [25,26]. Bununla birlikte, çok sayıda damarıçi kabarcık oluşturan yöntemler yüksek miktarda DCS'e neden olmaktadır. Böylelikle, vasküler sistemde yüksek miktarda kabarcık oluşumu bir erken uyarı belirtisi işlevini görebilmektedir. Bu aynı zamanda, klinik belirtiler gösteren DCS ve damarıçi gaz kabarcıklarının her ikisinin de gaz süpersatürasyonuna bağlı oldukları, ancak, muhtemelen doğrudan doğruya ilişkili olmadıklarını gösterir. Bir çok kez pulmoner arterde gözlenen kabarcıkların zayıf bir DCI öngörüsü olduğu iddia edilmiştir. Bunun ana nedeni, klinik DCI belirtileri olmaksızın gaz kabarcıklarının tesbit edilmesidir [27]. Bununla birlikte, DCI riski artan kabarcık sayısı ile birlikte artmaktadır. Bir çok satürasyon dalışı ve yüzlerce hava dalışı gözlemledikten sonra, kendi deneyimlerim boyunca, hiçbir zaman pulmoner arterinde kabarcık olmadan klinik semptomlar gösteren birine rastlamadım. Aynı gözlem, kalça kaslarında gaz kabarcıkları görülmesizin klinik semptomların gözlenemediğini iddia eden *Davies* [28] tarafından da yapılmıştır. *Nishi* [29], eğer tüm inceleme noktaları gözönünde bulundurulursa, hava dalışlarının her zaman kabarcıklarla birlikte görüldüğüne dikkati çekmektedir.

Yayınlanan veriler bu görüşü destekliyor gibidir. Tablo I yapılan bazı çalışmaların bir özetidir.

TABLO I
HAVA DALIŞLARI SONUNDA DİNLENME ANINDA KABARCIKLAR

Gözlemci		Kabarcık Derecesi	
		0	I-IV
Nishi 1993(27)	n ² DCI vakası (%)	1265 0.6	331 8
Spencer& Johansen 1974[30]	n DCI vakası(%)	110 1.0	64 22
Nashimoto& Gotho 1977(31)	n DCI incidence (%)	64 0	88 19

İlginç bir gözlem de, farklı araştırmalar arasında, DCI vaka sayısında görülen değişikliklerdir. Kabarcık görülen tüm gruplarda, vaka sayısı kabul edilebilirlik sınırının oldukça üzerindedir. Birçok durumda, *Doppler* metodu kullanarak çok az sayıda kabarcık ile hiç kabarcık olmaması arasında ayırım yapmak güçtür. Dolayısıyla, çok az sayıda rastlanabilecek kabarcık gözlenmesizin DCI görülen kişilerde,gerçekte tesbit edilemeyen az sayıda kabarcık olması olasılık dahilindedir.

İki yüzey dekompresyonu yönteminde oluşan gaz kabarcıklarını karşılaştırdığımız bir inceleme gerçekleştirdik. Biri *USN (United States Navy, ABD Donanması)* oksijen kullanımlı yüzey dekompresyon tablosu, diğeri ise *IFEM (Institute of Environmental Medicine, Pennsylvania)* tarafından geliştirilen yeni bir tabloydu. Dalış sonrasında dalgıçlar *Doppler* cihazı kullanılarak incelenmiş ve *Kishman-Masurel* ölçeğine göre sınıflandırılmıştır.

Bu çalışma az sayıda kişiyi kapsıyordu, fakat kabarcık derecesinin 2'den fazla olması DCI riski arttırmışa benzemektedir. Bu değerlendirme yapılırken, kabarcık derecelendirme sisteminin doğrusal olmayıp, muhtemelen eksponansiyel yakın olduğu aklıda tutulmalıdır (*Eftedal* ve *Brubakk*, yayınlanacak).

Yukarıda gösterilen veriler, pulmoner arterde az sayıda kabarcık olmasının dahi klinik semptomlar görülmesi riskini arttırmışa benzemektedir. Demek ki amaç kabarcık oluşturmeyen dekompresyon tasarlamak olmalıdır [34].

² n = dalış sayısı

TABLO II
YÜZEY DEKOMPRESYONUNDAN SONRA KABARCİK
DERECELERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI (KM ÖLÇEĞİ)

Derinlik vakası (feet) / dip zamanı (dak)	n	USN		n	IFEM	
		Maks. kabarcık derecesi	DCI vakası %		Maks. kabarcık derecesi	DCI %
80/70	10	2.2	10	12	1.4	0
110/40	10	2.0	10	10	1.7	10+
100/50	10	1.9	0	16	1.7	0
120/40	13	2.2	7.7	30	1.2	0
Ortalama (Tüm Dalışlar)	43	2.4	7.5	68	1.5	1.5

+Geçici ve aniden yokolan omuz ağrısı olan bir kişi

Dekompresyon tablolarını sınamak amacıyla ultrason kullanılması sırasında kullanılan varsayımlardan biri, az sayıda kabarcık oluşturan bir tablonun çok sayıda kabarcık oluşturan tablodan daha güvenli olacaktır. Bu, muhtemelen mantıksız bir varsayım değildir, ancak, bildiğimiz kadarıyla, hiç kimse bunu belgeleyememiştir. Fakat, biz, iki değişik dalış profilini ayırtmak amacıyla venöz sistemdeki gaz kabarcık miktarının kullanılabileceğini gösterebildik [35]. Ayrıca, gaz miktarı ile dalış "stres"i arasında ilişki bulunmaktadır. Bu metodun avantajı az sayıda dalış dizisinin dahi bu ayrımı yapmak için yeterli olmasıdır.

Ultrason kullanılan birçok araştırma sağ kalpte yapılmıştır. Genelde, akciğerlerin, 10 mikrondan büyük kabarcıklar için çok iyi bir süzgeç olduğu varsayılır. Bununla birlikte biz, güvenilir kabul edilen yöntemlerin dolaşım sisteminin hem venöz hem de arteriyel bölümlerinde hatırı sayılacak miktarda gaz oluşumuna neden olacağını gösterdik [36]. Satürasyon dalışları sırasında rutin olarak kullanılan dekompresyon sırasında da arteriyel kabarcıkları tesbit ettik [37].

Bu çalışmalar, arteriyel sistemde DCS belirtileri görülmeksizin gaz kabarcıkları görülebileceğini işaret etmiş benzerdir. *James ve Hills* [38] gaz kabarcıklarının kan-beyin-bariyerinin kırılmasına neden olduğunu göstermişlerdir. *Chrystanthou* vd. birkaç çalışmalarında, dekompresyonun damar-dışı bölgeye sıvı akışı ile birlikte kan-beyin-bariyerinin kırılmasına neden olacağını göstermişlerdir [39,40]. Bu olay beyaz maddede, miyelin kılıfının ayrılmasına yolaçacak, bu da aksonda iletim hızı değişikliğine neden olacaktır. Miyelin değişiklikleri, hayvanların omuriliğindeki miyelin tabakalarında değişim saptayan *Sykes ve Yaffe* tarafından da gösterildiği gibi, deneysel DCS'in merkezinde yer almaktadır [41].

GAZ KABARCİK MİKTARININ DEĞERLENDİRİLMESİ İÇİN YÖNTEMLER

Geleneksel olarak, *Doppler* yöntemi bu tip değerlendirme için kullanılmaktadır [42]. Bunun avantajı cihazın ucuz ve saha ölçümlerinde kullanılabilir olmasıdır. Dezavantajı, özellikle az sayıda kabarcık söz konusu olduğunda sinyalleri değerlendirmenin çok güç olması ve aşırı derecede pratik yapmayı gerektirmesidir [31]. Biz, ultrasonografik görüntülemeye dayalı bir yöntem geliştirdik [43]. Bu sistem kullanıldığında kabarcıkların tanımlanması ve sınıflandırılması daha kolay olmaktadır [44]. Tablo III'te görüntülerden belirlenen gaz içeriği ve kabarcık derecesi arasında bir karşılaştırma yapılmıştır. Bu yaklaşık olarak 100 deneyden elde edilen verilere dayanmaktadır.

Her ne kadar bu açıkça bir yaklaşık değer olsa da, kabarcık derecesi artık doğrusal bir ölçeğe çevrilebilir. *Vurgun ve Doppler* derecesinin bilindiği dalışlardan elde edilen verilerin ilk analizlerinde bu yöntem kullanılmış ve gaz kabarcıklarının belirli bir zaman diliminde integrali alındığında güvenli ve güvensiz dalışlar arasında ayırım yapılabildiği görülmektedir.

TABLO III
KABARCIK SAYISI VE KABARCIK DERECESİ
(KM, SPENCER) ARASINDAKİ BAĞINTI

Derece	Kabarcık sayımı kabarcık/c
0	0
I	<0.1
I-II	0.1 - 0.3
II-III	0.3 - 1.5
III-IV	1.5 - 10
IV	10 - 25 (30)

25-30 kabarcık/cm² 'de tüm hayvanlar ölmüştür.

SONUÇ

Dekompresyon yöntemlerinin değerlendirilmesinde DCS'in kriter olarak kullanılması, gaz kabarcıklarının saptanması için herhangi bir cihaz yokken geliştirilmiştir. DCS vakalarının yüksek ve yöntemlerin genellikle güvensiz olduğu zamanlarda bu kriterin faydalı olduğu kuşkusuz bir gerçektir. Ancak günümüzde durum değişiktir. Eğer yöntemler uygun bir şekilde kullanılırsa, DCS vaka sayısı oldukça düşük olacak ve asıl ilgilendiğimiz nokta dekompresyon stresine maruz kalma olacaktır. Hiç klinik DCS belirtilerine rastlanmamış kişilerde de değişimler görülmesi, bu tip değişimlerin akut klinik belirtilere bağlı olmayabileceği sonucunu getirir. Bu bağlamda *Behnke*'nin 1940'taki [45] saptamasını dikkate almak ilgi çekici olacaktır:

"Süpersatürasyon olur olmaz pekala kabarcıklar oluşabilir ve süpersatürasyon toleransı diye görülen aslında vücudun tolere edebileceği emboli derecesinin bir göstergesi olabilir."

Dalgıçlarda meydana gelen değişimlerin damar içi kabarcıklara bağlı olduğuna inanıyoruz; dekompresyon olayını kavrayabilmemiz ve bireylerin sağlık sorunlarını en aza indirebilmemiz için dekompresyon yöntemleri sırasında gaz kabarcıklarının izlenmesi gerekmektedir.

Bunun da ötesinde, yeni ve muhtemelen daha iyi dekompresyon yöntemlerinin geliştirilmesinde daha sistematik bir yöntem izlenmesi gerektiğini düşünüyoruz. Şu aşamaların izlenmesini önermekteyiz:

- Günümüzdeki dekompresyon yöntemlerinin zayıf noktalarının belirlenmesi
- Dekompresyon yöntemleri için kabul gören bir kriter oluşturmak
- Bu kriteri kullanarak farklı dekompresyon modellerinin arasında sistemli bir karşılaştırma yapmak.
- Farklı yöntemleri sınamak için bir hayvan modeli oluşturmak ve bunu farklı yöntemleri karşılaştırmak için kullanmak.
- İnsanlarda kontrollü şartlarda gerçekleştirilecek bir test programı oluşturmak ve bu sınamaları gerçekleştirmek.
- Gerçek ortamda kullanılacak bir test programı oluşturmak ve bu sınamaları gerçekleştirmek.
- Yöntemleri yayınlamak
- Kullanımda olan yöntemleri değerlendirmek ve takibetmek için yöntemler oluşturmak.

Bu tip bir yaklaşım oldukça karmaşık ve yüksek maliyetli olacağına benzer. Ancak, biz bunun önceki yöntemlere göre daha etkin ve ucuz olacağına inanıyoruz. Özellikle bu tip bir sistem, insanlarda yapılacak deney sayısını azaltacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Hope A et al (eds). Long term health effects of diving. NUTEC, Bergen, 1994.
- [2] Behnke AR. Decompression sickness following exposure to high pressures. In: Fulton JF. Decompression sickness. WB Saunders Company, London: 1951,pp 53-89.
- [3] Daniels S. Ultrasonic monitoring of decompression procedures, Phil Trans R Soc Lond; 1984,B304:153-75,
- [4] Eckenhoff RG et al. Human dose-response relationship for decompression and endogenous bubble formation. J Appl Physiol, 1990;69: 914-918.
- [5] Norfleet WT et al. Methods for flying after diving in neutral buoyancy training facilities. Poster, UMHS Annual meeting, Halifax 1993.
- [6] Jones HB. Gas exchange and blood-tissue perfusion factors in various body tissues. In: Fulton J F (Ed.). Decompression Sickness. Saunders, Philadelphia & London:1950, 279-321.
- [7] Vann RD. Exercise and circulation in the formation and growth of bubbles In: Brubakk A O et al (Eds.). Supersaturation and bubble formation in fluid and organisms. Tapir, Trondheim: 1989, 235-258.
- [8] Ward CA. Identification of individuals susceptible to decompression sickness In: Bove AA et al (Eds). Underwater Physiology IX, UHMS, Maryland, USA, 1987 239-247.
- [9] Brubakk AO and Fyllingen J. Occupational health service for diving ships. In: Shrier LM (Ed.) Diving and hyperbaric medicine. EUBS, Rotterdam, 1986,149-158.
- [10] Brubakk AO, Bolstad G, Jacobsen. Helseeffekter av luftdykking. SINTEF Report STF23 A93053, Trondheim 1993.
- [11] Todnem K et al. Influence of occupational diving upon the nervous system: an epidemiological study. Brit J Industr Med 1990;47: 708-714.
- [12] Bjelland Ø, Moe N. Underreporting - a problem in professional diving. In: Cimcit, M (ed). Proc EUBS 1994, Istanbul 1994:
- [13] Rozsahegyi I 1980, Dauerschäden des Zentralnervensystem, Ohres, Herzmuskels and Skeletts nach manifesten oder latenten Dekompressionskrankheit. In: Gerstenbrandt F & al (Eds.). Tauchmedizin, Shlueterssche Verlagsanstalt, Hannover 1980: 135-143.
- [14] Edmonds C and Hayward L. Intellectual impairment with diving: A review. In: Bove AA et al (Eds). Underwater Physiology IX, UHMS, Maryland, USA 1987:877-886.
- [15] Grimm BH and Bleiberg J. Psychological rehabilitation in traumatic brain injury. In: Filskov SB and Boll TJ (Eds). Handbook of clinical neuropsychology. John Wiley & Sons, New York 1986 : 495-560
- [16] Mørk S, et al. Does diving really damage the spinal cord? A neuropathological study of 20 professional and amateur divers. Undersea Biomed Res 1992;19(suppl):111.
- [17] Morild I, Mørk SJ. A neuropathologic study of the ependymoventricular surface in divers brains. Undersea & Hyperbaric Medicine
- [18] Palmer AC et al. Spinal cord degeneration in a case of recovered spinal decompression sickness, Br Med J 1981; 283: 888-890.
- [19] Kelleher PC et al. INM diving accident database: Analysis of cases reported in 1991 an 1992. Undersea & Hyperbaric Med Res 1993 20(suppl): 18-19.
- [20] Denoble P et al. Describing decompression illness in recreational diving. Undersea & Hyperbaric Med Res 20 (suppl) 1993: 18.
- [21] Kidd DJ, Elliott DH. Decompression disorders in divers, In Bennett PB and Elliott DH (Eds.). The physiology and medicine of diving and compressed air work. Baillere Tindall, London 1975: 470-494.

- [22] Annual Report. Diving Alert Network, Duke University, Durham, N C, USA 1987.
- [23] Polkinghorne PJ et al. Ocular fundus lesions in divers, *Lancet* 1988;II: 1381-1383.
- [24] Thorsen E et al. Exercise tolerance and pulmonary gas exchange after deep saturation dives. *J Appl Physiol* 1990; 68: 1809-14.
- [25] Gardette B. Correlation between decompression sickness and circulating bubbles in 232 divers. *Undersea Biomed Res* 1979; 6: 99-107
- [26] Nashimoto I and Gotoh Y. Ultrasonic Doppler detection of blood bubbles in caisson work. In: Early diagnosis of decompression sickness, 12th UMS workshop, Bethesda, Maryland 1977: 171-183.
- [27] Nishi RY. Doppler evaluation of decompression tables. In Lin YC, Shida KK (eds). *Man in the sea*. Best Publishing Company San Pedro 1990:pp 297-316.
- [28] Davies JM. Studies on bubble formation after decompression. PhD thesis, Dept of Pharmacology, University of Oxford 1983.
- [29] Nishi RY. Doppler and ultrasonic bubble detection In Bennett PB, Elliott DH (eds). *The physiology and medicine of diving*. 4th ed, WB Saunders Company London 1993:pp433-453.
- [30] Spencer MP, Johanson DC. Investigation of new principles for human decompression schedules using the Doppler ultrasonic blood bubble detector. Tech Report , Inst. Environ Med and Physiol, Seattle 1974.
- [31] Nashimoto I, Gotoh Y, Relationship between precordial Doppler ultrasound records and decompression sickness. In Shilling CW, Beckett MW (eds). *Underwater Physiology VI*. Undersea Medical Society, Bethesda 1978:pp497-501.
- [32] Sawatzky KD, Nishi RY. Assessment of inter-rater agreement on the grading of intravascular bubble signals. *Undersea Biomed Res* 1991;18:373-396.
- [33] Brooks S, et al. Decompression from air dives using surface decompression. SINTEF Report SINTEF23 F93013. SINTEF Trondheim 1993.
- [34] Flook V, Brubakk AO. Designing bubble-free profiles - Impossible? *Underwater technology* 1993;19:23-29.
- [35] Flook V et al. Comparison between predictions of gas bubbles by a mathematical model of decompression and bubble counts detected in pigs. In. Reinertsen RE, Brubakk AO, Bolstad G (eds). *Proc EUBS Trondheim 1993*: 278-282.
- [36] Brubakk AO et al. Gas bubbles in the circulation of divers after ascending excursions from 300 to 250 msw. *J Appl Physiol* 1986;60:45-51
- [37] Hjelle JO et al. Doppler monitoring during 3 dives to 360 msw, In: Maroni A and Oriani G (Eds). *Proc EUBS Diving and Hyperbaric Medicine, Palermo, Italy 1987*: 357-364.
- [38] James P and Hills BA. Microbubble damage to the blood-brain-barrier. Relevance to decompression sickness. *Undersea Biome Res* 1991;18: 111-116.
- [39] Chryssanthou C et al. Blood-brain and blood-lung barrier alteration by dysbaric exposure, *Undersea Biomed Res* 1977;4:117-129.
- [40] Chryssanthou C et al. Increase in blood-brain-barrier permeability by altitude decompression, *Aviat Space Evniron Med* 1987; 58: 1082-1086.
- [41] Sykes JJW et al. Light and electron microscopic alterations in spinal cord myelin sheaths after decompression sickness, *Undersea Biomed Res* 1985;12: 251-258.
- [42] Spencer MP. Decompression limits for compressed air determined by ultrasonically detected blood bubbles. *J Appl Physiol* 1976;40: 229-235.

- [43] Eftedal O and Brubakk AO. A method for detecting intravascular gas bubbles using 2D ultrasonic scanning and computer-based image processing. In: Proc EUBS Heraklion, Crete 1991:311-316.
- [44] Eftedal O et al. Bubble grading in ultrasonic images. Undersea & Hyperbaric Med 1993;20(suppl): 79.
- [45] Behnke AR et al. Preliminary report on air embolism and equipment for oxygen inhalation, CAM Report no 3, Experimental Diving Unit, Washington D C, 1940

ÜLKEMİZDE İLK DALIŞ KAZALARI VERİ BANKASI: HİTAM-DKB

Şamil Aktaş¹, Umur Özkal²

¹ İÜ Hiperbarik Tıp Araştırma ve Uygulama Merkezi, İstanbul
² BÜ Sualtı Sporları Kolu, İstanbul

Özetçe- İstanbul Üniversitesi, Hiperbarik Tıp Araştırma ve Uygulama Merkezi ülkemizde ilk kez dalış kazaları verilerini toplayacak bir birim oluşturdu. Kısa adı HITAM-DKB olan bu projenin amacı dalış kazalarının oluşmasına neden olan etkenleri saptayarak bir rapor halinde sualtı camiamıza sunmak ve gelecekteki kazaların oluşmasını önlemektir.

I. GİRİŞ

Dalış kazalarının büyük çoğunluğu insan kaynaklıdır. Malzeme hatalarının büyük bir kısmı bile insan kullanımına bağlıdır. Bu açıdan oluşabilecek kazaların en aza indirilmesi, kazalara yol açan davranış biçimlerinin saptanmasına ve bunların analizine bağlıdır. Kazalar hakkında elde edilen verilerin uygun yollarla derlenmesi ve uzmanlar tarafından değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Kazaya yol açan davranış biçimleri, malzeme hataları ve bunların kullanımında karşılaşılan sorunlar saptandıktan sonra bu verilerin dalıcı eğitiminde yerini alması ile kazaları en aza indirmek ve dalışları daha güvenli hale getirmek mümkün olabilir.

II. PROJE

İstanbul Üniversitesi Hiperbarik Tıp Araştırma ve Uygulama Merkezi (HİTAM) dalış kazalarıyla ilgili verileri toplamak ve bunları değerlendirmek amacıyla bir proje başlatmıştır. Kısa adı HİTAM-DKB olan bu proje uyarınca dalış kazaları ile ilgili verileri toplamak amacıyla bir bildirim formu oluşturulmuştur. Bu formu oluştururken ülkemizde uygulanan dalış türleri, denizlerimizin koşulları ve dalıcılarımızda rastlanan dalış davranış biçimleri gözönünde tutulmuş, bir yandan da uluslararası dalış kazaları projeleriyle uyumlu olmasına çalışılmıştır [1, 2, 3, 4] Bu bildirim formları tüm dalıcılarımıza postalanmakta ve geri yollanan formlar değerlendirilmektedir (Ek: HİTAM-DKB, Dalış Kazaları Bildirim Formu).

Dalış Kazaları Bildirim Formunun ilk iki bölümü formu dolduran kişi ve kazazede/kazazedeler ile ilgilidir. Daha fazla bilgi gereksinimini karşılamak ve gerektiğinde bilgileri doğrulamak amacı gütmektedir. III. bölümde kaza yeri ve su sıcaklığı sorgulanmakta, kazaya etki edebilecek çevresel faktörler araştırılmaktadır. IV. bölümde malzemeyle ilgili oldukça detaylı sorular yer almaktadır. malzeme hataları ya da bunların hatalı kullanımları kaza nedenleri arasında oldukça önemli bir yer tutmaktadır. V. bölümde dalış türü ve amaçları, VI. bölümde ise dalışla ilgili bilgiler yer almaktadır. Kaza çözümlenmesinde en çok yararlanılan bilgilere bu bölümde ulaşılmaktadır. Dalıcıya ait faktörler VII. bölümde sorgulanmaktadır. Bölüm VIII, IX ve X'da tedavi ve sonucu ile ilgili bilgiler sağlanmaya çalışılmaktadır. XI. bölümde kazanın dalıcı tarafından kendi cümleleriyle anlatılması istenmektedir. Bu bölüm şu ana kadar olan çalışmalarımızda en fazla ayrıntının yakalandığı bölüm olma özelliğini taşımaktadır.

HİTAM-DKB elde edilen bu verileri derlemek amacıyla, birbiri ile bağlantılı iki ayrı veri tabanı oluşturmuştur. Bu veri tabanlarından ilki tüm dalıcılarımızın isim ve adreslerini içermektedir. Bu veri tabanı aracılığıyla HİTAM-DKB projesi temelinde dalıcılarımızla olan ilişkiler bilgisayar ortamında dinamik bir biçimde yürütülebilmektedir. İkinci veri tabanı ise projenin temelini oluşturmaktadır. Bu veri tabanı aracılığıyla kaza bilgi formlarından elde edilen veriler işlenebilmektedir.

Veri işlenmesinde, döküman bazlı veri tabanı programı kullanılmıştır. Bu programın özelliği formlarla toplanacak çok sayıda bağımsız verinin seri olarak arşivlenebilmesidir. Program aracılığıyla veriler gruplanabilmekte, sıralanabilmekte ve gruplar arasında karşılaştırma yapılabilmektedir. Ayrıca program, bilgilerin internet veya intranet aracılığıyla interaktif bir biçimde paylaşılabilmesine de olanak tanımaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Hanson R De G, Young JM. Diving accidents. Derleyen Bennett PB, Elliott DH, The Physiology and Medicine of Diving and Compressed Air Work, İkinci baskı, Bailliere Tindall, London, sayfa 545-556, 1975
- [2] Stahl CJ. Diving accident investigation. Derleyen Shilling CW, Carlston CB, Mathias MA, The Physician's Guide to Diving Medicine, Plenum Press, New York, sayfa 661-683, 1984.
- [3] Edmonds C. Investigation of diving accidents. Derleyen Strauss RH, Diving Medicine, Grune and Stratton, New York, sayfa 329-407, 1976.
- [4] Edmonds C. Diving fatalities and statistical interpretations. Derleyen Edmonds C, Lowry C, Pennefather J, Diving and Subaquatic Medicine, İkinci baskı, Diving Medical Centre, Australia, sayfa 455-470, 1980.

HİTAM-DKB DALIŞ KAZALARI BİLDİRİM FORMU

Form doldurma tarihi: / /

(**Önemli not:** Her form yalnızca bir kaza içindir. Bu nedenle iletmeyi düşündüğünüz diğer kazalar için bu formu doldurmadan fotokopi çektiirebilir ya da bu formu yollarken yeni formlar isteyebilirsiniz.)

I. FORMU DOLDURAN KİŞİ İLE İLGİLİ BİLGİLER

(Bu bilgiler kaza ile ilgili ayrıntılar hakkında bağlantı kurulabilmesi amacıyla istenmektedir. HİTAM-DKB'nin bilimsel amaçlı çalışması dışında kullanılmayacaktır ve kesinlikle saklı tutulacaktır. Buna rağmen kimlik belirtmek isteyenler doldurmayabilirler.)

İsim:		Klüp, Dernek, Şirket vb.:	
Posta adresi:			
Telefon		Faks:	

II. KAZAZEDE/KAZAZEDELER İLE İLGİLİ BİLGİLER

(Bu bölümde birinci dereceden kazazede iseniz kendinizi ilk bölüme, ikinci dereceden kazazede iseniz ikinci bölüme yazınız. Yalnızca görgü tanığı iseniz kendinize ait bilgileri yazmayınız. Kaza ile ilişkili ikiden fazla kişi bulunuyorsa ayrı bir kağıda benzer bilgileri doldurunuz.)

1. Kazazede				2. Kazazede			
İsim:				İsim:			
Adresi:				Adresi:			
Tel:		Faks:		Tel:		Faks:	
Kaza anındaki yaşı:				Kaza anındaki yaşı:			
Kaza anındaki klübü:				Kaza anındaki klübü:			
Kaza anındaki tecrübesi: Eğitim <input type="checkbox"/> Başlangıç <input type="checkbox"/> Az <input type="checkbox"/> Orta <input type="checkbox"/> Tecrübeli <input type="checkbox"/> Profesyonel <input type="checkbox"/>				Kaza anındaki tecrübesi: Eğitim <input type="checkbox"/> Başlangıç <input type="checkbox"/> Az <input type="checkbox"/> Orta <input type="checkbox"/> Tecrübeli <input type="checkbox"/> Profesyonel <input type="checkbox"/>			

III. KAZA YERİ VE ZAMANI İLE İLGİLİ TANIMLAMALAR

Kaza tarihi:	/ /	Kaza yeri:		Kaza bölgesi:	
Tahmini su sıcaklığı:	Sıcak <input type="checkbox"/>	Ilık <input type="checkbox"/>	Normal <input type="checkbox"/>	Soğuk <input type="checkbox"/>	Çok soğuk <input type="checkbox"/>

IV. EKİPMANLA İLGİLİ BİLGİLER

(Bu bölümde kullanılan dalış araç ve gereçleri ile ilgili hatırlanan mümkün olan en fazla bilgi yer almalıdır. Özellikle dalış kazası ile ilgili olabilecek ekipman ve bunların özellikleri detaylı olarak bildirilmelidir. Bu amaçla ayrı bir kağıt kullanılabilir.)

		MARKA	MODEL	DURUMU
Kompresör	Var <input type="checkbox"/> Yok <input type="checkbox"/>			
Tüp	Var <input type="checkbox"/> Yok <input type="checkbox"/>			
Elbise	Var <input type="checkbox"/> Yok <input type="checkbox"/>			
Regülatör	Var <input type="checkbox"/> Yok <input type="checkbox"/>			
Ahtapot regülatör	Var <input type="checkbox"/> Yok <input type="checkbox"/>			
B.C.	Var <input type="checkbox"/> Yok <input type="checkbox"/>			
Decobrain	Var <input type="checkbox"/> Yok <input type="checkbox"/>			
El feneri	Var <input type="checkbox"/> Yok <input type="checkbox"/>			
Bıçak	Var <input type="checkbox"/> Yok <input type="checkbox"/>			
Bodyline	Var <input type="checkbox"/> Yok <input type="checkbox"/>			
Kılavuz halatı	Var <input type="checkbox"/> Yok <input type="checkbox"/>			
Ağırlık	Var <input type="checkbox"/> Yok <input type="checkbox"/>			
Hapuş, sepet vb.	Var <input type="checkbox"/> Yok <input type="checkbox"/>			
Diğer:				

V. DALIŞ TÜRÜ VE AMACIYLA İLGİLİ TANIMLAMALAR

Dalış türü: Nefesle <input type="checkbox"/> Tüplü <input type="checkbox"/> Kapalı devre <input type="checkbox"/> Yarı kapalı devre <input type="checkbox"/> Nargile <input type="checkbox"/> Standart <input type="checkbox"/>
Dalış amacı: <i>(Bu bölümde birden çok seçenek işaretlenebilir.)</i>
Eğitim <input type="checkbox"/> Askeri <input type="checkbox"/> Sportif <input type="checkbox"/> Fotograf <input type="checkbox"/> Süngercilik <input type="checkbox"/> Salyangozculuk <input type="checkbox"/> Balık avlama <input type="checkbox"/> Bilimsel <input type="checkbox"/> Yarışma <input type="checkbox"/> Sualtı inşaat <input type="checkbox"/> Diğer <i>(Belirtiniz):</i>

VI. KAZANIN OLUŞTUĞU DALIŞLA İLGİLİ BİLGİLER

Kaza tarihi	/ /	Kaza zamanı (saat: dakika)				
	1. dalış		2. dalış		3. dalış	
Dalış başlama saati	saat[] dakika []	saat[] dakika []	saat[] dakika []	saat[] dakika []	saat[] dakika []	
Maksimum derinlik	metre		metre		metre	
Dip zamanı	dakika		dakika		dakika	
Dekompresyon durakları	[]metrede []dk []metrede []dk []metrede []dk	[]metrede []dk []metrede []dk []metrede []dk	[]metrede []dk []metrede []dk []metrede []dk	[]metrede []dk []metrede []dk []metrede []dk	[]metrede []dk []metrede []dk []metrede []dk	
Çıkış hızı (metre/dakika)						
Satış fasılası	saat[] dakika []	saat[] dakika []	saat[] dakika []	saat[] dakika []	saat[] dakika []	
Sizce ne tür bir kazayı tanımlayınız.						

VII. DALIŞ ÖNCESİ KAZAZEDENİN DURUMU

Dalış öncesi alkol alımı	Var <input type="checkbox"/> Yok <input type="checkbox"/>	Miktarı:		Dalıştan ne kadar önce (saat):	
Dalış öncesi ilaç	Var <input type="checkbox"/> Yok <input type="checkbox"/>	İsimleri:			
Önceki dalış hastalıkları					
Ruhi durum					
Genel sağlık durumu					
Kulak açma	Problemlili <input type="checkbox"/>	Problemsiz <input type="checkbox"/>			

VIII. ACİL İLK TEDAVİ İLE BİLGİLER

İlk tedavi olarak neler yapılmıştır ? Suiçi tedavi (aksuna) yapıldı mı ?	
Kullanılan ilaçlar nelerdir? Dozları ?	
Tedaviyi yapan tıbbi kurum varsa ismi ?	
Tedavi yapan kişilerin (dalgıç, cankurtaran, doktor) biliniyorsa isimleri	
İlk tedaviye başlama tarih ve saati.Kaza anı ile ilk tedaviye kadar geçen süre ?	

IX. BASINÇ ODASI TEDAVİSİ

(Bu bölüm ile ilgili detaylar basınç odası tedavisi yapan kurumlar tarafından doldurulacaktır. Formu dolduran tarafından yalnızca aşağıdaki bilgilerin verilmesi yeterlidir.)

Basınç odasına ulaştığı tarih:		Basınç odasına ulaştığı saat:	
Basınç odası tedavisini yapan kurum:		Basınç odası tedavisini yapan kişiler:	

X. KAZA SONUCU

(Bu kazanın ve yapılan tedavilerin sonucunda vücut fonksiyonları üzerinde kalıcı bir aksaklık bulunması halinde bunları anlatınız.)

XI. KAZANIN DETAYLI ANLATIMI

(Bu bölümde yukarıdaki bilgiler içinde yer alsın yer almasın kazayı kendi anlatımınızla ayrıntılı olarak yazınız. Sizce önemli hususlar ayrıca değerlidir. Metnin sonuna benzer biçimde sizce kaza nedeni, alınabilecek önlemler, uygulanması gereken tedaviler ve bu konudaki önerilerinizi de yazınız. Ek kağıt kullanabilirsiniz.)

Size daha fazla form yollanmasını istiyormusunuz?	Evet <input type="checkbox"/>	Hayır <input type="checkbox"/>	Kaç adet ?	
Form yollanmasını istediğiniz kişiler ve adresleri:				

BOĞAZIÇI ÜNİVERSİTESİ İRTİFA DALIŞI ÇALIŞMALARI

S.M. Egi¹, Ş. Aktaş², S. Aydın², Y. Bahadırlar¹, F. Yeşilleyen¹, O. Eftedal³

¹Boğaziçi Üniversitesi Biyo-Medikal Müh. Enst., 80815, Bebek, İstanbul
²İstanbul Üniversitesi, Sualtı Hekimliği A.B.D., Çapa 34390, İstanbul
³SINTEF UNIMED EAM, Trondheim, Norveç

Özetçe-Ortam basıncı farklı olduğundan, irtifa dalışları farklı tabloların kullanımını gerektirir. Varolan dekompresyon algoritmaları arasındaki farklılıklar yükselti arttıkça büyür. Bunun yanı sıra deniz seviyesinde yaşayan kişiler, oksijen kısmi basıncının azalmasından dolayı hipoksiden etkilenirler. 3000 metrenin üzerinde çok az sayıda kontrollü deney yapılmıştır.

Boğaziçi Üniversitesi Sualtı Sporları (BÜSAS) tarafından 4 irtifa dalışı çalışması gerçekleştirilmiştir: 1990 *Uludağ* (2200 m), 1991 *Kaçkar* (3412 m), 1992 *Süphan* (3980 m) ve 1994 *Kaçkar* (3412 m). Bu gezilerde sırasıyla 6, 9,9 ve 29 dalgıç, 11,29,6 ve 90 dalış gerçekleştirmiştir. Bu çalışmalarda şu sorunlar çözülmeye çalışılmıştır: İrtifaya uyum için ideal çıkış hızı, dekompresyon hastalığı (DH) sınırının hipobarik uzantısı, malzeme sorunları, hipoksiye uyum için gelişen adaptif değişimler, bu değişimlerin dekompresyon kabarcıklarına etkisi. Tüm araştırma gezilerinden önce dalgıçlar İ.Ü. Deniz ve Sualtı Hek. A.B.D.'inde muayene edilerek dalışa engelleri olmadığı belirlenmiştir.

Program süresince 136 dalış gerçekleştirilmiştir. M2 tablolarıyla 1 DH'na rastlanmıştır. M4 tabloları ile sınırdaki gerçekleştirilen 40 dalış sonucunda hiç bir DH'na rastlanmamıştır. 1991, 1992 ve 1994 yıllarında sırasıyla 1,2 ve 1 akut dağ hastalığına (ADH) rastlanmıştır. Bu çalışmaların hiç birinde ekibe eşlik eden yöre halkında ADH'ya rastlanmamıştır. Hematokrit (Hct) ve tansiyon haricindeki incelenen tüm fizyolojik parametreler, irtifaya uyum süreci doğrultusunda değişim göstermiştir. Ancak bu değişimler ile gözlenen kabarcık sayısında bir korelasyon bulunmamaktadır. 2 dalış bilgisayarının irtifada bozulduğu gözlenmiştir. Denge yelekleri ve kuru elbiseler şişirme düğmelerinin sıkışması ve yüzeye yakın konumlarda dengeleme sorunu göstermiştir. *Scubapro MK2* ve *MK5* tipi regülatörler sıklıkla donarak bir çok dalışın yarıda kalmasına neden olmuştur.

3412 metreye tırmanmadan 2200 metrede uyunarak geçirilen bir gecenin ADH'yı büyük ölçüde engellediği sonucuna varılmıştır. Doğrusal uzanım metodu yüksek irtifa için güvensiz bulunmuştur. Düşük irtifalar için doğrusal uzanan ve gitgide ortam basıncı eksenine doğru eğilen M4 DH sınırı en iyi sonucu vermiştir.

Sadece sıfır deko sınırları için denenen bu kuramın, dekolü dalışlar için sınanması ve uzun süreli irtifa uyumundan sonra tablo sınırlarında herhangi bir değişim olup olmayacağı ilerde incelenmesi gereken konular arasındadır.

I. GİRİŞ

Sportif, askeri, bilimsel ya da ticari nedenlerle dalış etkinlikleri yüksek irtifada gerçekleştirilebilir. İrtifada gerçekleştirilen dalış etkinlikleri ve bu etkinlikler sırasında kullanılan dekompresyon teknikleri arasında farklılıklar gözlenmektedir:

Sportif etkinlikler: *Avusturya* ve *İsviçre*'de sportif dalış etkinlikleri ancak göllerde yapılabilir. Bu dalışlarda tercih edilen tablolar *Bühlmann* tablolarıdır [1]. *Güney Afrika*'nın *Transvaal* bölgesinde içsularda yapılan dalışların tümü 1300-1800 m. arasında yer alır [2]. *Hindistan*'da *Pykara Gölü*'nde (2134 m) sürekli dalış eğitimi verilmektedir [3]. *Şili* ve *Meksika* da yüksek irtifa dalışlarının sıkça yapıldığı ülkeler arasında yer almaktadır [4,5]

Yüksek irtifa dalış eğitimi bir çok sportif dalış kuruluşunun eğitim programında yer alır. Her eğitim kuruluşunun farklı irtifa dalış tablosu vardır. Bu tabloların hiçbiri 2400 metrenin üzerinde yeterince sınanmamıştır.

TABLO I
FARKLI EĞİTİM KURULUŞLARINDA KULLANILAN İRTİFA DEKOMPRESYON TABLOLARI

KURULUŞ	TABLO
CMAS ¹	Bühlmann (1984)
BSAC ²	Hennessy (1977)
PADI ³	Recreational Dive Planner/Cross Düzeltmesi
NAUI ⁴	NAUI 1990 Tabloları/Cross Düzeltmesi

Limnolojik araştırma ve bilimsel dalışlar: 1860 m yükseklikteki *Tahoe Gölü* (*California*) limnolojik amaçlı dalışların en fazla yapıldığı bölgedir. Bilinen en eski irtifa dalış tabloları 1965 yılında *Dr Jon Pegg*

¹ Confédération Mondiale des Activités Subaquatiques

² British Sub-Aqua Club

³ Professional Association of Diving Instructors

⁴ National Association of Underwater Instructors

tarafından bu göldeki araştırmalar için geliştirilmiş, ancak hiçbir zaman yayınlanmamıştır [3]. Bu göldeki eğitim ve araştırma amaçlı dalışlar uzun yıllar *Kaliforniya Üniversitesi* tarafından sürdürölmüştür. Endemik türlerin araştırılması yüksek irtifa dalışlarının önde gelen amaçları arasında yer almıştır. Bunların içinde en yüksek irtifada yer alanlar 1968 yılında *Jacques Cousteau* tarafından *Titicaca Gölü*'nde (3810 m) ve 1993 yılında *Le Pechon* tarafından *Chungara Gölü*'nde yapılan çalışmalardır. Arkeolojik araştırmalar da her iki dalış gezisinin amaçları arasında yer almaktadı.

Askeri Operasyonlar: İrtifa dalışların askeri dalışlar için önemi *Bühlmann* tarafından vurgulanmıştır [6]. İsviçre silahlı kuvvetleri irtifa dalışları için *Bühlmann*'ın geliřtirđi tabloları kullanırlar [1,6]. *Kanada Donanması* ise deniz seviyesinde kullanılan tabloların, irtifaya uyarlanması için düzeltme faktörleri geliştirmiştir. *Amerikan Donanması Dalış Elkitabı (USN Diving Manual)* irtifa dalışları için herhangi bir tablo içermez. *Türkiye* ise yüksek irtifa gölleri açısından oldukça zengindir. Özellikle *Güneydoğu Anadolu*'daki göllerde arama ve kurtarma operasyonları için yakın gelecekte irtifa tablolarının kullanımı gerekli olabilir.

Ticari Etkinlikler: Özellikle baraj gölleri ticari dalış etkinlikleri açısından önemli bir potansiyel oluşturur. Ticari dalışların tarihine bakıldığında ilk satürasyon dalışının 1965 yılında *Virginia Smith Mountain Baraj Gölü*'nde *Marine Contracting of Southport (Connecticut)* tarafından gerçekteşirildiği görölr. Gölün dolumu 2.5 yıl sürmüş olup, inşaat masrafları 100 milyon dolara varmışken, 41.1 ve 62.5 metre derinlikteki iki süzgecin'in tahribolması üzerine, sözkonusu şirket 16 gün ve 800 adam.saatlik bir çalışma ile onarımı tamamlamıştır [7].

Yüksek irtifa dalışları için *Stolt-COMEX* tarafından bir takım tablolar hazırlanmış olmasına karşın, bu tabloların kuramsal yapısı ve hangi şartlar altında sınıandığı ticari nedenlerden ötürü saklı tutulmaktadır. 6 metrede oksijen dekompresyonu içeren bu tablolar, kişiye özel kalmak şartıyla satılmaktadır.

Türkiye'deki yapılan baraj göllerinin sayısı ve bu göllerin inşaası sırasında çevre düzenlemesine yeterince önem verilmemesi göz önünde bulundurulduğunda, erezyonun neden olacağı sorunlar ya da diğer sorunlar nedeniyle ticari amaçlı irtifa dalışları gelecekte *Türkiye*'deki baraj göllerinde de yapılması zorunlu olacaktır.

Yüksek irtifa'daki basınçlı tünel yapımları da irtifa dalışlarına benzer dekompresyon sorunları içermektedir. 2286 metre'de *Mexico City*'de yapılan basınçlı tünel çalışması bunlara en iyi örnektir [8].

Yüksek irtifada dalış bir çok sorunu da beraberinde getirir. Birinci sorun dekompresyon tablolarındaki değişikliklerdir. Ortam basıncı farklı olduğundan deniz seviyesinde kullanılan tablolar irtifa dalışlarında kullanılamaz. Deniz seviyesi tablolarının temelinde yer alan kuramlar arasındaki farklılıklar irtifa arttıka daha belirgin hale gelir. Dalış tabloları ve temellerindeki algoritmalar arasındaki farklılıklar *Brubakk* ve *Egi* tarafından ortaya konmuştur [9]. Bu çalışmada elde edilen sonuç dalış tabloları arasında var olan farklılıkların irtifa, derinlik ve dip zamanı ile birlikte artmasıdır. Hatta *Bühlmann*'ın 1975 yılındaki tablolarıyla 1984 yılındaki tabloları arasında bile kabul edilmesi imkansız farklılıklar vardır [1,6]. Asıl ilginç olan *Bühlmann*'ın 1984 yılı tablolarını sınavan dalışlar arasında 1975 yılı tablolarını sınavan dalışları da göstermesidir. İrtifa dalışlarında kullanılan bir diğer dekompresyon yöntemi de gerçekte dalış derinliğini bir tablo ya da katsayı aracılığıyla deniz seviyesine eşdeğer derinliğe çevirmektir. En yaygın olarak kullanılan çevrim metodu *Cross Çevrimi*'dir [10-11]. *Cross Çevrimi*'nin temelinde yatan kuram DH'yı oluşturan etkenin yüzeydeki ortam basıncının dalış derinliğindeki basınca olan oranıdır. Böylece irtifa azaldıkça ortam basıncı azalacak, ancak derinlik/yüzey basıncı oranı artacaktır. Buna göre irtifada yapılan dalışlar, deniz seviyesinde daha derinde yapılan dalışa eşit olacaktır. *Cross Çevrimleri*'nin daha geliştirilmiş biçimi tuzluluk farkından dolayı oluşacak basınç değişimlerini de kapsar [12].

Yüksek irtifada dalış sözkonusu olduğunda, irtifa ile birlikte azalan oksijen kısmi basıncı da hesaba katılmalıdır. Eğer dalış bölgesinin bulunduğu bölgeye geliş sırasında uygun çıkış hızı izlenmezse, dalıcı yüksek irtifa hastalıklarından bir ya da bir kaçına yakalanabilir. Bu hastalıkların başlıcaları dağ hastalığı, yüksek irtifa akciğer ödemi, yüksek irtifa retinopatisi, yüksek irtifa beyin ödemidir. Ancak dağcılık kaynaklarında irtifaya uyum amacıyla izlenmesi gereken çıkış hızı konusunda bir görüş birliği yoktur [9]. Bir diğer sorun ise, vücudun oksijen azlığına uyumu (*aklimatizasyon*) sonucunda yaşanır. İnsan vücudunda bu uyum süreci boyunca görölen değişimlerin bir kısmı dalış fizyolojisini yakından ilgilendirir. Ancak bu etkilerin hakkında yapılmış çok az araştırma vardır [4,13].

II. YÖNTEM

Yukarıda belirtilen sorulara cevap aramak amacıyla 4 yüksek irtifa dalışı planlanmıştır (Tablo II). 1990 araştırma gezisi kuru elbise, buzaltı ve irtifa dalışının temel becerilerinin sınıandığı bir ön çalışmadır. Bu

çalışmada sadece *Amerikan Donanması (United States Navy, USN)* tablolarının doğrusal uzanımı kullanılarak dekompresyon hesabı yapılmıştır. 2200 metrede 3 gün kalınmış ve 11 dalış gerçekleştirilmiştir. dalışlar sıfır dekompresyon sınırlarının altında gerçekleştirilmiştir.

TABLO II
ARAŞTIRMA GEZİLERİNİN ÖZETİ

Yıl	Dağ	Göl İrtifası	Dalgıç sayısı	Dalış sayısı	Dalış Tablosu	Ölçümler
1990	Uludağ	2200 m	6	11	LEM	-
1991	Kaçkar	3412 m	9	29	LEM, M2, M3	Doppler Kan Basıncı Nabız Akciğer fonksiyon
1992	Süphan	3960 m	9	6	M4	-
1994	Kaçkar	3412 m	29	90	M4	Doppler Nabız Akciğer fonksiyon Biy-empedans Hct TcPo ₂ TcPCO ₂

1991 yılında *İstanbul*'dan hareket eden ekip 23 saatlik bir otobüs yolculuğundan sonra *Yusufeli*'ne (560 m) vararak geceyi burada geçirmiştir. 560 metreden 3412 metreye 10 saatte çıkılmış, 3 farklı tablo kullanılmıştır: Doğrusal uzanım ve doğrusal uzanımın sırasıyla 2 *feet of sea water* (fsw) ve 3 fsw azaltıldığı M2 ve M3 tabloları. Bu tabloların elde edilme yöntemleri çeşitli yayınlarda belirtilmiştir [14-16]. Dalışları sonra *Precordial Doppler* kayıtları alınmış ayrıca akciğer fonksiyon testleri, nabız ve tansiyon ölçümleri gerçekleştirilmiştir. 3412 metrede 4 gün kalınmış ve 29 dalış gerçekleştirilmiştir. Dalışlar sırasında gölün tamamına yakın kısmı buz ile kaplı olup, dalışlar 1 ila 2 metre buz tabakası altında gerçekleştirilmiştir. Hava sıcaklığı gündüz 10 ile 15^o C, gece ise 0 ile 4^o C arasında değişmiştir.

1992 araştırma gezisinde *Van*'a uçakla varıldıktan sonra karayoluyla 1700 m yükseklikteki *Adilcevaz*'a varılmıştır. Geceyi burada geçiren ekip, 1700 metreden 3600 metreye 7 saatte çıkmış, ADH belirtilerinin görülmesi nedeniyle 3600 metrede zorunlu olarak kamp yapmıştır. Bir sonraki gün gerçekleştirilen dalışlarda 10 metreden daha sığa dalınmıştır. 3960 metrede sadece 6 saat kalınmış, tamamen buzla kaplı göle 6 dalış yapılmıştır. Bu dalışlar ülkemizde en yüksekte yapılmış dalışlardır. Dalışlar boyunca herhangi bir tıbbi gözlem yapma olanağı bulunmamıştır.

1994 yılındaki araştırma gezisine 29 dalgıç katılmıştır. Dalgıçlara, çalışma öncesinde oksijen taşıma ve kullanımını arttırıcı 6 haftalık bir antrenman programı önerilmiş, ancak katılım zorunlu tutulmamıştır. Tüm ekiptekiler irtifada yaşamak ve dalmak konularında seminerlere katılmıştır. ADH ve DH belirtilerinin açıkça ifade edilebilmesi yönünde teşvik edilmişlerdir.

Ekip 3 gruba bölünmüş ve her gurubun 3412 metrede kalış süresi 5 gün ile sınırlandırılmıştır. Böylece aynı irtifa uyum süresi için daha çok sayıda deney gerçekleştirilerek istatistiksel açıdan daha anlamlı sonuçlara ulaşılmıştır. Ekip 1991 yılındaki ulaşım rotasını izlemiş, ancak bu kez *Yusufeli* yerine 2200 m yükseklikteki *Yaylalar Köyü*'nde konaklamıştır. Dalgıçlar göle gelmeden önce, bir gece 2200 metrede uyuyarak dinlenmişlerdir. Bu şekilde irtifaya daha iyi uyum sağlanabileceği dağcılık kaynaklarıca belirtilmektedir [17-21]. 3412 m'ye varış ile dalışlar arasında en azından 16 saat zaman farkı olmuştur. *Hematokrit (Hct)* seviyeleri her dalıştan önce parmak ucundan 2 kan örneği alınarak ölçülmüş, Hct seviyesi 49'un üzerinde çıkan dalgıçların tekrar normale dönüncüye kadar dalışlara katılmaması sağlanmıştır. Böylece kanı koyulaşarak DH hastalığından daha kolay etkilenen dalgıçlar elenmiştir. Tüm dalgıçların su ve sulu gıdalar tüketmeleri teşvik edilmiştir.

Dalgıçlar tecrübe seviyelerine göre kuru veya yarı-kuru tip dalış elbisesi kullanmış, aşırı üşüme durumunda dalışı bırakmaları tavsiye edilmiştir. Bir dizi dalış, gölde çözünmüş oksijen ölçümü, eğitim, fotoğraf ve video çekim çalışmalarına ayrılmıştır. Bu dalışlardan acil çıkışla biten ya da oksijen ölçümü için yapılan dalışların haricinde dalış sonrasında *Doppler* kaydı yapılmamıştır. Yine bu dalışların derinliği 12 m.'yi dip zamanı ise 30 dakikayı geçmemiştir.

Diğer bir grup dalış ise 12, 15, 18, 21 ve 27 m.sıfır dekompresyon sınırlarının sınanmasına ayrılmıştır. Bu dalışlarda dalgıçlardan hedef derinliğe 2 dakika içinde inmeleri, dipte hareketsiz kalmayıp yüzmeleri ve 6 m/dak hızla yukarı çıkmaları istenmiştir. Dalış sonrası *Doppler* kayıtları alınmıştır (2-5 MHz *Mini Dopplex*, *Huntleigh*, *İngiltere*). İlk ölçüm satha varıştan sonra 15 dakika içinde alınmıştır. Kabarcığa rastlanmadığı durumlarda ilk ölçümden 15, 30, 45, 75, 105 ve 180 dakika sonra ölçümler alınmış; kabarcık görülmesi durumunda ise 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120, 180, 240 ve 360. dakikalarda ölçüm yapılmıştır. Eğer bir dalışta kabarcık gözlenirse ertesi gün dalışına izin verilmemiştir. Kabarcık miktarı 3 veya daha fazlaysa oksijen verilmiş ve *Dekort* uygulanmıştır. Önlem olarak, dalış mahallinde teleskopik bir basınç odası kurulmuş ve test edilmiştir.

2. ve 3. gruplarda atardamar seviyesine yakın O₂ and CO₂ değerleri deriüstü ölçümlerle (*TINA*, *TCM3*, *Radiometer*, *Copenhagen*) takip edilmiştir.

1. ve 3. gruplarda elektriksel biyo-empedans yöntemiyle vücut su/yağ bileşimi ölçülmüştür. Bu ölçümlerde *Boğaziçi Üniversitesi Biyo-Medikal Mühendisliği Enstitüsü*'nde geliştirilen taşınabilir bir biyo-empedans ölçer kullanılmış, bu cihaz *hp 4284A LCRmeter (Hewlett Packard)* ile kalibre edilmiştir [22]. Ölçümün temeli vücuda yüksek frekanslı sabit akım kaynağı bağlayarak, potansiyel farkını ölçmek ve bu değerlerden elektriksel empedansı hesaplamaya dayanır. Vücudun elektrik akımını ne denli iyi ilettiği ise su/yağ oranına bağlı olduğundan elde edilen değerler vücuttaki yağ ve su miktarının kestirimi için kullanılır. Bu çalışmada tüm vücut empedansının yanısıra, kol, bacak ve gövde empedansları da ayrı ayrı ölçülmüştür.

Tüm araştırmalar öncesinde katılanlar *İstanbul Tıp Fakültesi, Deniz ve Sualtı Hekimliği Anabilim Dalı*'nda muayene edilerek dalışa engel olacak sağlık sorunlarının olup olmadığı kontrol edilmiştir.

III. BULGULAR

1990 gezisinde hiç bir dağ hastalığı bulgusuna rastlanmadı. 1991, 1992 ve 1994 yıllarında ise sırasıyla 1,2 ve 1 dağ hastalığı vakası görüldü. Ekibe eşlik eden ve yüksek irtifada yaşayan kişilerin hiç birinde dağ hastalığına rastlanmadı. 1991 ve 1994 yılı araştırmalarında irtifada kalışın fizyolojik parametrelere etkilerini araştıran ölçümlerin sonuçlarının detayları başka kaynaklarda belirtilmiştir [13,15,16]. Sonuçların bir özeti Tablo 3'de yer almaktadır. Bir çok vücut parametresinin değişmesine karşın, irtifada kalış süresinin kabarcık sayısına etkisi gözlenmemiştir.

Soğuk su ve malzeme sorunları nedeniyle birçok dalış yarıda bırakılmıştır. Tüm araştırma gezileri boyunca toplam 136 dalış gerçekleştirilmiştir. 1994 tablolarında, ortalama kabarcık miktarı *Spencer Sınıflandırması*'na [23] göre 1'in altında çıkmıştır. 1991 yılında M2 tablosu ile 1 vurgun, 1994 yılında ise M4 tablosu ile 1 şüpheli vurgun gözlenmiştir. Her iki durumda da çok zayıf görülen belirtiler, yüzeyde oksijen kullanımı ile birlikte ortadan kalkmıştır. 1991 yılında vurgun görülen dalış sonunda satha gelinirken *Beuchat Aladin Pro* dalış bilgisayarı sıfır dekompresyon sınırına 3 dakika daha kaldığını belirtmiştir. Aynı dalış bilgisayarı bu dalışın ardından yapılan iki dalışta da yine dekompresyon durağı göstermemiştir.

TABLO III
BULGULAR

Ölçüm	Sonuç
Hct	Değişim gözlenmedi
Tansiyon	Değişim gözlenmedi
TcPO ₂	Artar
Nabız	Çıkışın ardından artar, irtifada kalış boyunca azalır.
Kol biyo-empedansı	Çıkışın ardından azalır, irtifada kalış boyunca normale döner
Bacak biyo-empedansı	Çıkışın ardından artar, irtifada kalış boyunca normale döner
Vital kapasite	Azalır
Fonksiyonel rezidüel kapasite	Artar

Dört araştırma gezisi sonunda aşağıdaki malzeme sorunlarıyla karşılaşmıştır:

- Dalış bilgisayarlarının bozulması
- Yüzeye yakın konumlarda denge yeleklerinin ve kuru elbiselerin yüzerlik kontrolünün güçlüğü
- Kuru elbise ve denge yeleklerinin hava akış kontrol düğmelerinde görülen donmalar
- Regülatör 1. ve 2. kademelerinde donmalar

Bunların yanısıra, çevre şartlarına bağlı bir takım sorunlar gözlenmiştir:

- Buz tabakasının acil çıkışları engellemesi
- Soğuk nedeniyle azalan dalıcı ve malzeme performansı
- Görüş mesafesinin silt tabakası nedeniyle azalması
- Yüksek nem nedeniyle elektronik gereçlerin bozulması
- Azalan ortam basıncının neden olduğu hipoksinin dalıcının yüzey yüzüşleri sırasında performansını azaltması

IV. TARTIŞMA

Tüm araştırma gezilerinde 2200 m'ye hızlı bir çıkış tüm katılanlar tarafından tolere edilmiş ve ADH görülmemiştir. 1991 ve 1994 çalışmaları karşılaştırıldığında 2200 m'de bir gece uyumanın ADH riskini azalttığı görülür. Öte yandan 1700 m'de geçirilen bir 3600 m'ye tırmanışta dalgıçları koruyamamış ve çıkış ertesine güne ertelenmiştir. Elde edilen bu sonuçlar dağcılık literatürü ile de uyum içindedir [17-21].

Ölçüm sonuçlarını 3 ayrı grupta toplayabiliriz. İrtifada kalış boyunca değişiklik göstermeyenler, irtifaya uyum süreci boyunca önce değişiklik gösteren sonra normale dönenler ve ancak deniz seviyesine geri dönünce normale dönenler.

Kan basıncı ve Hct seviyesi istatistiksel anlamlı bir değişim görülmeyen ölçümler olmuştur. Hct seviyesinin sabit kalması beklenen bir sonuç değildir. Ancak, her dalıştan önce Hct seviyesinin ölçülmesi ve 49'dan yüksek çıkanların dalışına izin verilmemesi dalışlara katılmaya son derece motive olmuş dalgıçların sulu gıda ve sıvı tüketmeye özemelerine ve sıvı kayıplarının azalmasına neden olmuştur.

Kol ve bacakların biyo-elektriksel direnci, akciğer fonksiyon testleri ve nabız irtifada kalış boyunca birkaç gün içinde deniz seviyesi değerlerine geri dönmüştür.

TcPO₂-PCO₂ değerleri ise sürekli bir değişim göstermiştir. Bu değerlerde görülen değişimin oksijen penceresini, dolayısıyla kabarcık oluşum ve atımını da etkilemesi beklenir. Oksijen penceresinin artan irtifayla birlikte azalması kuramsal olarak hesaplanmıştır [24-25]. Ancak bu azalmanın kabarcık oluşumuna ya da D.H.'ya etkisi araştırılmamıştır. Bu çalışmada ölçülen TcPO₂-PCO₂ değerlerinin kabarcık sayısını etkilemediği gözlenmiştir. Bunun nedeni oksijen penceresinde görülen azalmanın dalıcılar arasında görülen fizyolojik farklılıklara göre istatistiksel anlamlı bir büyüklük oluşturmaması olabilir.

Bu çalışmalarda irtifada kalış süresinin 5 güne kadar olması durumunda dekompresyon kabarcıklarının sayısını etkilemedikleri ve beklenmedik vurgun vakalarına neden olmadıkları gözlenmiştir. Yapılan ölçümlerin uzun süre irtifada kaldığı durumda dekompresyon parametrelerini ne şekilde etkileyeceği ilerdeki çalışmaların konusu olacaktır.

2200 m ve 3960 m yükseklikte yapılan dalışların sayısı istatistiksel anlamlı bir sonuca varmak için azdır. 1994 yılında M4 tablolarıyla yapılan 90 dalışın başarısı ise DH sınırının hipobarik ortamda ortam basıncı eksenine doğru eğildiğini göstermektedir. Bu tip bulgulara havacılık literatüründe de rastlanmıştır [26,27]. Bununla birlikte tabloların dekompresyonlu, ardışık ve çok-seviyeli dalışlar için de sınanması gerekmektedir.

Aşırı soğuk ve ortam basıncının azalması, irtifa dalışlarında bir çok malzeme sorununu beraberinde getirmektedir. Buzaltı dalışı ve kuru elbise dalışı kursları irtifa dalışı yapacaklar için tavsiye edilmektedir. Bunun yanısıra irtifa dalışı malzeme seçimi, bakımı ve irtifaya uyarlanması, yüzerlik dengelenmesi, acil durum planlaması, irtifa fizyolojisi ve dekompresyon tablolarının kullanımı gibi konuları içeren bir irtifa dalış eğitimi şarttır.

1991 Kaçkar Araştırma Gezisi *Denizbank* ve *Quiksilver*'in desteğiyle, 1992 Süphan Araştırma Gezisi *Türkpetrol*, 1994 Kaçkar Araştırma Gezisi *DHL Worldwide Express* ve Boğaziçi *Universitesi Vakfı*'nın desteğiyle gerçekleştirilmiştir. Ayrıca bu çalışmalara gönüllü olarak katılan *BÜSAS* ve *ÇAPASAS*'lı dalgıçlara teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

- [1] Bühlmann AA. Decompression/Decompression Sickness: Berlin Springer-Verlag, Sayfa 163-83, 1984:
- [2] Hennessy TR. Converting standard air decompression tables for no stop diving or diving from altitude or habitat. Undersea Biomed Res 4(1): Sayfa 39-53, 1977
- [3] Sahni TK, John MJ, Dhall A, Chatterjee AK. High altitude dives from 7000 to 14300 feet in the Himalayas. Undersea Biomed Res 18(4): Sayfa 303-316, 1991;
- [4] Le Pechon JC, Duvallet A, Le Masson Y. high altitude (4517 m) nitrox diving with semi-closed circuit UBA (SCANUBA). Proceedings of XXth annual meeting of EUBS, Sayfa 258-264, 1994

- [5] Maas FJ et al. High altitude dives from Mexico. Proceedings of Xth International Conference on Underwater Education. Colton, CA. National Association of Underwater Instructors, Sayfa 251-258, 1978
- [6] Boni M, Schibli R, Nussberger P, Bühlmann AA. Diving at diminished atmospheric pressure: air decompression tables for different altitudes. Undersea Biomed Res 3(3): Sayfa 189-204, 1976
- [7] Miller JM, Koblick IG. Living and Working in the Sea. New York, NY, Van Nostrand Reinhold Company Publ., Sayfa 71-76, 1984
- [8] Bell RL, Borgward RE. The theory of high altitude correction to the US Navy Standard Decompression Tables: The Cross Corrections. Undersea Biomed Res 3(1): Sayfa 1-23, 1976
- [9] Egi SM, Brubakk AO. Diving at altitude: A review of decompression strategies. Undersea Hyperbaric Med. 1995; 22(3): 289-300,
- [10] Cross ER. Technifacts from a master diver. Skin Diver Magazine 1967; 16(12):60 et seq.
- [11] Cross ER. Technifacts-High altitude decompression. Skin Diver Magazine 1970; 19(11):17 et seq.
- [12] Smith CL. Altitude Procedures for the Ocean Diver. Colton, CA: NAUI technical publ No.5, 1976
- [13] Egi SM, Aktas S, Yeşiltepe F, Eftedal O. The effects of short term altitude acclimatization on the bubble formation, Proceedings of XXI EUBS, Helsinki, Finland, Sayfa 68-73, 1995
- [14] Aydın S, Aktaş S, Egi M, Çimsit M. Altitude dive performed at 3412 m. Proceedings of the XVIII EUBS. Basel, 1992;135-137
- [15] Egi SM. Development of a software library for comparative studies of DCS. Proceedings of XX EUBS, İstanbul, Sayfa 484-489, 1994
- [16] Egi SM, Aktas S, Bahadır Y, Yeşiltepe F, Eftedal O. Kackar'94: Field tests of altitude dive tables based on an alternative method of hypobaric extrapolation of decompression sickness boundary, Undersea Hyperbaric Med. 22(suppl), Sayfa 67-68, 1995
- [17] Houston CS. Mountain Sickness. Scientific American. 1992; 267(4):34-39
- [18] Johnson TS, Rock PB. Acute mountain sickness. New Engl J Med 1988; 319(13):841-845
- [19] Mountain RD. High Altitude Medical Problems. Clin Orthop and Related Res 1987; 216(3):50-54
- [20] Pollard AJ. Altitude induced illness. British Med J 1992; 304(6838):1324-1325
- [21] Richelet JP. L'Adaptation a l'altitude. Recherche 1987; 18(194):1482-1492
- [22] Yeşiltepe F, Egi SM, Ülgen Y. Multisite multifrequency measurement and analysis of bioimpedance changes at high altitude. Proceedings of IX ICEBI, Heidelberg, Germany, Sayfa 259-263, 1995;
- [23] Spemcer MP. Decompression limits for compressed air determined by ultrasonically detected blood bubbles. J Appl Physiol 40; Sayfa 229-235, 1976
- [24] Egi SM. Estimation of oxygen window during and after altitude exposures. Proceedings XX EUBS, İstanbul, Sayfa 135-139, 1994
- [25] Liew HD, Conkin J, Burkard ME. The oxygen window and decompression bubbles: estimates and significance. Aviat Space Environ Med 1993; 64(9):859-865
- [26] Kumar KV, Calkins DS, Waligora JM, Gilbert JH, Powell MR. Threshold altitude resulting in decompression sickness. Aviat Space Environ Med 1990; 61(8):685-689
- [27] Conkin J, Van Liew HD. Failure of straight-line DCS boundary when extrapolated to hypobaric realm. Aviat Space Environ Med 1992; 63(11):965-970

COMBINED BUBBLE SCENARIO'S FOR DEEP DECOMPRESSION COMPUTATION

JP Imbert
Les Terrasses Bat A, 141, Av De Hamburg, 13008, Marseille, France

Abstract.- As opposed to the classic approach, the safety of decompression tables is no longer considered as a global problem but evaluated through a series of models, providing a separate bubble scenario for each class of symptoms or operational situations. Type I DCS occurrences fit the Critical Volume Model and support the use of classic tissue gas load models. It is shown that such decompression models can produce tables with less Type I DCS incidence. Type II DCS occurrences display a random pattern that can be explained by the Arterial Bubble Model. Type II DCS risk is suspected to be associated to yo-yo diving and to the surface decompression technique. Type II DCS seems also to be related to the rate of ascent to the first stop in deep decompression. According to the Microbubble Model, the possible survival of microbubbles generated during this short phase could be the cause of later problems. Experience with coral divers in Corsica, technical divers in the USA and early heliox tables trials at Comex suggests that the initial rate of ascent is critical for the safety of deep bounce diving.

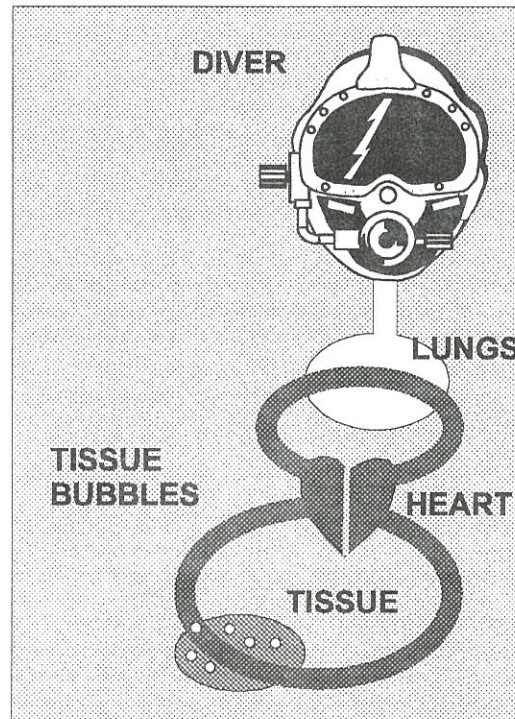
INTRODUCTION

The classic models for decompression have been derived from Haldane's work and involve assumptions on decompression sickness (DCS) that treat symptoms as a global problem. However, the development of diving database has permitted to gather information on decompression safety on a large scale (1,2,3,4) and shown the limitations of such an approach. In particular, when the data on DCS are plotted depending on dive exposures, the "classic" models fail to explain the observed pattern of DCS incidence.

Classic models use a large variety in the gas exchange assumptions or in the criteria used to control bubbles formation but their basic assumptions generally involve the points listed below:

- a) Diving requires compressed air breathing and causes nitrogen to dissolve in the diver's tissues.
- b) The critical issue is the amount of nitrogen stored in the tissues (dose) prior to the ascent.
- c) The primary insult is the bubble formation during the ascent. DCS is considered as a general process.
- d) No difference is made between symptoms. Limb bends and neurological symptoms are considered as different levels of severity of a same problem.
- e) The sites for bubble formation are the tissue or the venous side of the blood circulation but no tissue is specifically identified and a series of "compartments" is considered.
- f) The decompression strategy consists in managing the amount of gas dissolved in each compartment to control bubble formation and avoid DCS during the ascent.

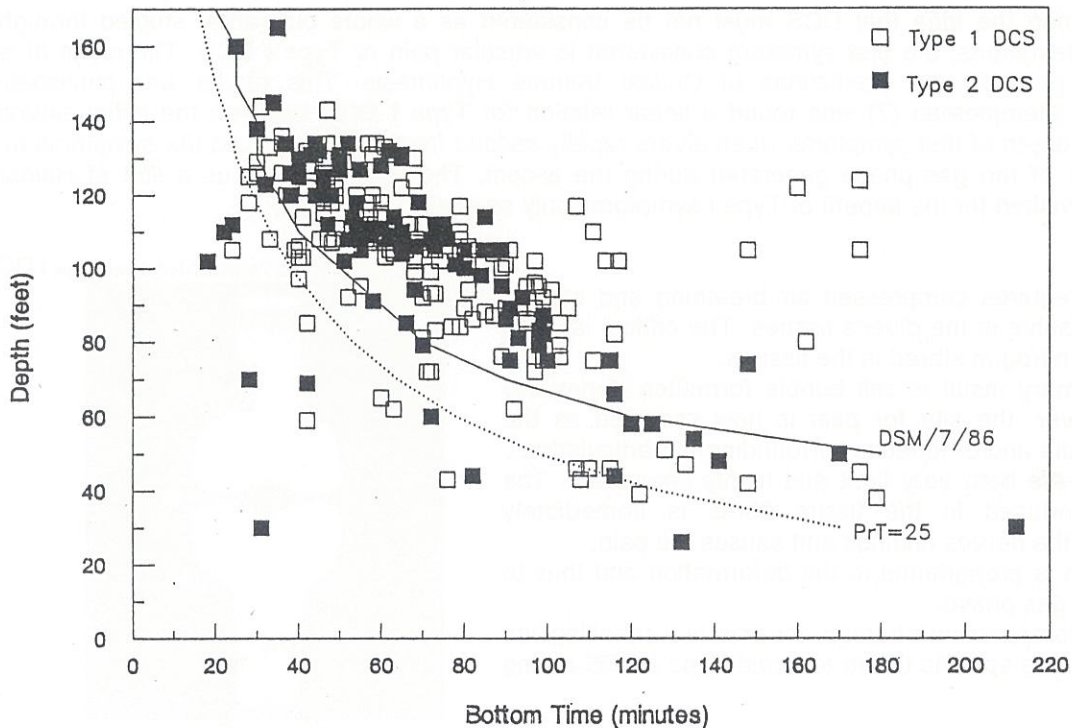
Figure 1: Basic assumptions of classic models.



These models cannot be denied a certain efficiency since the present commercial diving tables have an overall safety record around 0.5% DCS incidence(1,2,3). However, it is easy to show the limits of these assumptions by plotting the observed Type I and Type II cases in a depth versus dive bottom time diagram. Such a plot is illustrated in Figure 2 with data from commercial diving operations in the North Sea UK sector from 1986 to 1992 (2). The observed DCS patterns show obvious trends but some unexplained singularities. On the one hand, the diagram confirms the dependence of DCS occurrence on the severity of the dive

exposure. The deeper the depth and/or the longer the bottom time, the higher the risk. On the other hand, the diagram shows that serious DCS case can be recorded in the shallow and/or short bottom time area where no problem would be expected. It could be argued that these limitations are just a matter of adjusting computation parameters but the classic models also fail to explain the high variability observed in individual susceptibility and predict the type of symptoms encountered (5).

Figure 2: Distribution of DCS by depth and bottom time from commercial air diving operations in the UK continental shelf . The diagram summarises data collected from 1982 to 1989 for the HSE.



An alternative to the classic approach is to consider each symptom of DCS as a separate issue and provide a specific explanation for it. The idea is to identify classes of DCS symptoms or operational procedures corresponding to a possible common bubble scenario. Like pieces fit into a puzzle, the study of decompression safety is then structured into a series of critical issues described by complementary models. Various pieces of the puzzle are presented, discussed and assembled in the hope that the emerging image will provide ways of computing safer tables.

CLASSES OF DCS SYMPTOMS

DCS symptoms include a wide span of problems ranging from skin rash to articular pain and neurological symptoms which for operational reasons have for long been classified into two categories, Type I DCS and Type II DCS, according to the US Navy Diving Manual.

Type I DCS includes simple symptoms like skin rash or articular or muscle pain. Because the symptoms are obvious, they are reported early and the treatment is initiated without hesitation. In most cases, administration of hyperbaric oxygen at 12 m will rapidly resolve the symptoms. Safety wise, a Type I DCS is a "good decompression accident" because the diagnosis is easy, the onset usually rapid, the treatment is applied rapidly, and the symptoms are treated efficiently in 95 % of the cases (6).

Type II DCS is always serious because it affects either the respiratory or the neurological systems. The symptoms which often include fatigue, headache or feeling unwell are vague and the diagnosis may be difficult at an early stage or for mild cases. The treatment is complex and requires deep recompression, significant periods of hyperbaric oxygen breathing, fluid intake and sometimes steroids administration (6). Safety wise, a Type II DCS is a "bad decompression accident" because the diagnosis may not be easy, the treatment is often delayed, and the consequences can be dramatic.

THE CRITICAL VOLUME MODEL

Working along the idea that DCS must not be considered as a whole but rather studied through its different manifestations, the first symptom considered is articular pain or Type I DCS. The onset of such symptom fits perfectly the predictions of Critical Volume Hypothesis. This model was published by Hennessy and Hempleman (7) who found a linear relation for Type I DCS between the initial saturation depth and the depth of first symptoms when divers rapidly ascend from it. They linked the symptoms to the critical volume of the gas phase generated during the ascent. Their concept is thus a sort of Haldane's critical ratio revisited for the benefit of Type I symptoms only as explained below:

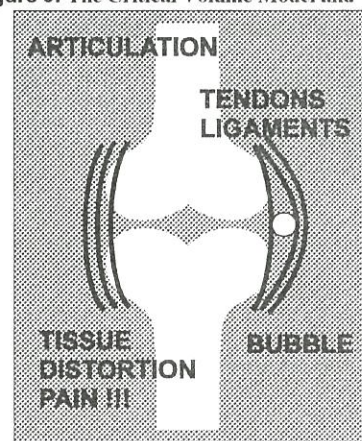
a) Diving requires compressed air breathing and causes nitrogen to dissolve in the diver's tissues. The critical issue is the amount of nitrogen stored in the tissues.

b) The primary insult is still bubble formation during the ascent. However, the site for pain is now specified as the ligament capsule and/or tendons surrounding the articulations. These tissues are both very tight and highly innervated. The deformation induced in the tissue fibres is immediately transmitted to the nerves endings and causes the pain.

c) The pain is proportional to the deformation and thus to the size of the gas phase.

d) The decompression strategy consists in controlling the bubble size in one specific tissue to avoid Type I DCS during the ascent.

Figure 3: The Critical Volume Model and Type I DCS



Defining the articulation connective tissue as the site of Type I is not a novelty and is well documented in the literature but at least one story can be recalled to support this first model. During the decompression of one Comex experimental dive at Comex, Mazurel (8) who conducted the Doppler study, fitted a cuff similar to the one used to take blood pressure around the knee of a diver who reported pain. Raising the pressure of the cuff relieved his symptoms for a while, thus elegantly demonstrating the site and the role of tissue gas volume in limb bends.

DOSE DEPENDENCE OF TYPE I DCS

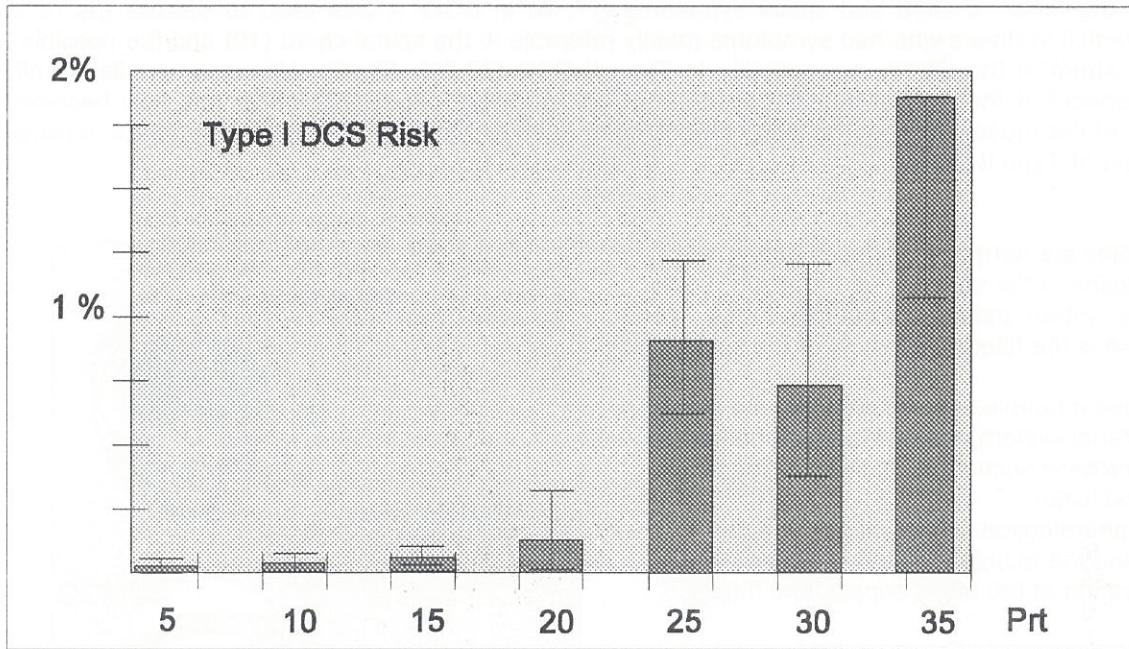
One interesting prediction of the Critical Volume Model is that it speculates that the gas phase is formed from the dissolved gas available in the surrounding tissue. This allows to simply relate the risk of Type I DCS to the dose of gas. Considering the imperfection of the present models used to calculate decompression tables, it can be expected that the longer and the deeper the dive, the larger the volume of dissolved gas in the tissue and the higher the risk of Type I DCS.

Effectively, limb bends are predominant in commercial diving, where they represent about 2/3 of the cases reported (1, 3), but secondary in recreational diving, where they represent only 1/3 of the cases reported (4). A likely explanation is that commercial diving requires longer bottom times and thus involves greater quantities of dissolved gas. An additional factor could be that the work at bottom puts stress on the articulations and triggers bubble formation.

In order to verify the dose dependence of Type I DCS in commercial diving, a total of 64,000 dives using in-water decompression were sorted in the Comex database (9). The observed risk of Type I DCS was plotted versus the gas dose expressed by the P_{rt} Index. This index introduced by Shields (1) is calculated

as the product of the relative pressure by the square root of bottom time and is used as an indication of the severity of the dive exposure. Figure 4 effectively shows the expected rise of the Type I DCS risk with the Prt index. It is acknowledged that the shape of the curve is related to the specific performances of these Comex tables and that another set of tables would have yielded to different values.

Figure 4: Relation between the observed risk of Type I DCS and the gas dose expressed by the Prt Index.
Data from the Comex database.



These limitations have been known for long by operational personnel and have encouraged diving supervisors to introduce safety margins in the selection of the decompression schedule. One common practice is to add an additional 3 minutes safety stop to no-stop decompression exposures. Another one is to temper the table with some "Jesus factors" by selecting longer bottom times or deeper depths than for the actual dive conditions would require.

However, this simple approach is perverted when Type I and Type II symptoms are amalgamated.

This was the case for instance of the UK Department of Energy (or DOEn, in charge of diving operations before the HSE) that organised the survey of air diving operations in the North Sea. In 1986, when faced with results showing an alarming incidence of DCS for the deep and long exposures, they needed to take a strong stand (1). As a consequence, the DOEn issued a series of safety memoranda limiting air diving exposures in the UK sector. The memoranda initially concerned surface decompression (10) but later extended to in-water decompression (11).

The DOEn approach, purely based on a depth/time limitation has shown to be relatively efficient because the 1992 report published an overall 0.10% DCS incidence for 18,263 air dives recorded. However, this approach is still unsatisfactory because, among these DCS cases, 7 serious neurological accidents were reported in the authorised limits, which represent a threat for a population of around 850 commercial divers (2). The same remark could apply to American recreational diving organisations such as PADI that limit diving to the no-stop decompression area to minimise their liability exposure to decompression accidents. Databases have shown that limiting the dive exposure could be a necessary precaution but not a sufficient one. Serious problems still occur in the permitted area and elements other than the gas dose need to be considered.

DCS THE ARTERIAL BUBBLES MODEL

In paper published in 1971, Hills (14) was able to show, using an animal model, that DCS symptoms could change from Type I to Type II by changing from continuous decompression to surface decompression. This elegant experiment demonstrated the existence of a different mechanism for the onset of Type II DCS which was later accounted for by arterial bubbles. The arterial bubbles were first detected and their possible role discussed by the scientists running Doppler detection studies (15,16). The model was then proposed by James for the onset of CNS and spinal symptoms (17,18) in DCS. It was used to discuss the cerebral perfusion deficit in divers who had symptoms mainly referable to the spinal cord (19) and the possible role of a heart shunt in the divers susceptibility to Type II DCS (20,21). Finally, Hennessy published all the physical aspects of the arterial bubbles scenario in a remarkable paper (22) which has now become the foundation of the model. The contribution of the Arterial Bubbles Model is to provide a separate explanation for the onset of Type II DCS.

a) Bubbles are normally produced during a decompression in the vascular bed, transported by the venous system and filtered out in the lung. The critical issue is the filtering capacity of the lung system.

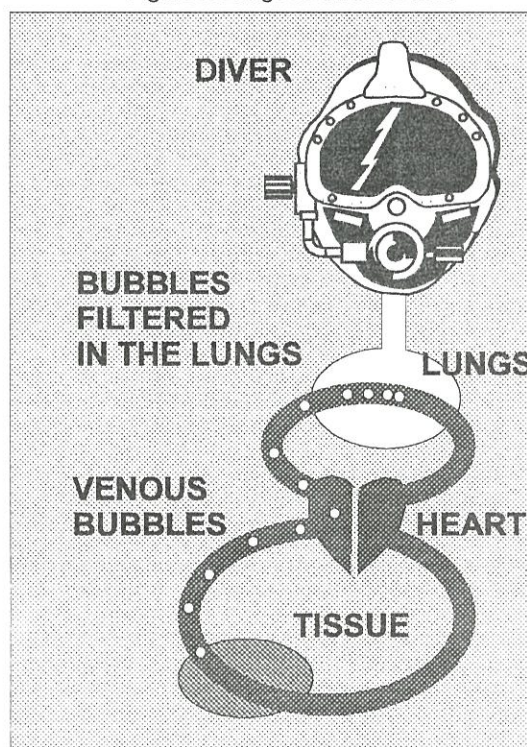
b) In case a bubble crosses the lung and passes into the arterial system, the distribution of blood at the aortic cross is such that it is likely to reach a neurological tissue.

c) The neurological tissue will act as a gas reservoir and the bubble will start growing, causing major alteration of the blood supply, and finally ischemia.

d) The primary insult is now bubble growth and the specific site for such bubbles is defined as neurological tissues. However the bubble is not generated on site but simply amplified after it crossed the lung system and reached the tissue.

e) The decompression strategy consists in preventing the occurrence of arterial bubbles to avoid Type II DCS during the ascent. For this purpose, scenario must be proposed for bubbles to pass through the lung.

Figure 5: Lungs as a bubble filter



The first merit of the Arterial Bubbles Model is to introduce variability through the lung function. It is reasonable to accept that the filtering capacity of the lung may vary from persons to persons, and for one individual, from one day to the other. Considering the lung filter as the critical factor for a safe decompression accounts for the inter-individual variability (age, fat content, smoking, etc.) and intra-individual variability (fatigue, hang over, etc.) which have been observed for long in DCS susceptibility.

The Arterial Bubbles Model also permits to speculate on the specific role of CO_2 in the onset of Type II DCS. It is suspected that CO_2 decreases the performance of the lung filter and causes bubbles to pass to the arterial side of the blood. Thus diving situations that produce CO_2 retention or hypercapnia should be associated to a higher risk of Type II DCS. Effectively, below is a list of known contributing factors to DCS which are all related to CO_2 :

- anxiety and stress, either because of the dive conditions or due to insufficient training,
- exhaustion or hyperventilation due to intense activity or work at the bottom,
- cold at bottom or during decompression,
- breathing resistance due to the poor performances of the regulator,

For instance, one typical candidate for arterial bubbles production would be the trainee diver, who is not sufficiently adapted and could feel stressed, who is badly equipped and might be cold, who does not know

how to control his respiration and might hyperventilate. Effectively, statistics published by the French Sport Diving Federation (4) have shown that 66% of the Type II DCS recorded are affecting beginners.

Finally, the most important contribution of the Arterial Bubbles Model is to explain how pressure variations during decompression may produce smaller diameter bubbles which then could pass through the lung filter and become responsible for Type II DCS symptoms.

INFLUENCE OF YO-YO DIVING ON TYPE II DCS

Normally, at bottom, a diver is committed to keep a constant depth and follow a square profile which corresponds to the assumptions used to calculate and validate his decompression schedule. In practice, the diver may perform repetitive ascents and descents between two work depths, or when in shallow waters, ascend several times to the surface. These depth variations are termed "yo-yo diving" and have been for long suspected to induce severe DCS.

The arterial bubbles model allows to relate yo-yo diving and a risk of Type II DCS. On one ascent, intravascular gas may form and venous bubbles will be collected in the lungs. On the following descent, the pressure change will reduce the size of these bubbles according to the Boyle's law. These bubbles with a smaller diameter may pass through the lung capillaries into the arterial bed. Once arterial bubbles are formed, the rest of the scenario is known. What is critical in yo-yo diving is that the process does not require much gas stored in the tissues. This explains why severe Type II DCS case have been reported in shallow diving operations, even in the no-stop decompression range (1,23).

It is interesting to note that recently recreational divers have set empirical rules for decompression to drop the 3 metre stop and cumulate their stop times at 6 meter. This practice can be supported by the Arterial Bubble Model. One reason is that the 3 meter stop is difficult to perform and associated with slight pressure changes at a depth where the Boyle's is quite effective and the lung likely to be filtering bubbles. Another reason is that the 3 meter stop is also quite uncomfortable when the sea is rough and divers may be tempted to perform a Valsalva. A Valsalva induces a lung over pressure that during a decompression may produce arterial bubbles as "water is squeezed out of a sponge", thus contributing to a potential DCS.

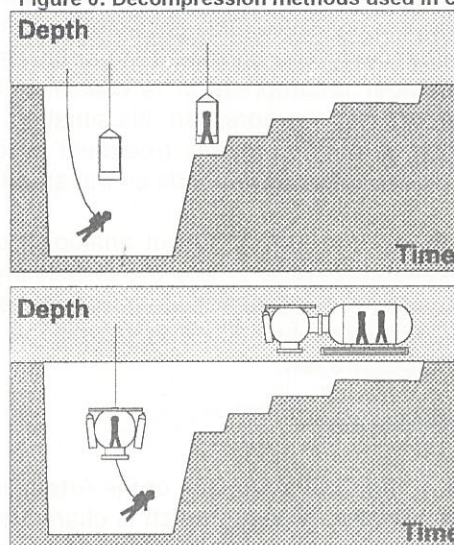
INFLUENCE OF THE DECOMPRESSION TECHNIQUE ON TYPE II DCS

Commercial diving uses mainly three techniques of decompression.

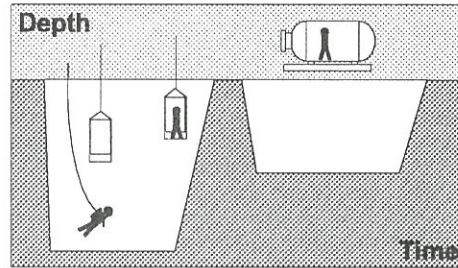
a) In-water decompression. Divers are deployed surface supplied and perform their decompression stops in water. A diving basket may be used to launch and recover the diver. Divers may breathe oxygen at the 6 m stop.

b) Transfer under pressure (TUP). Divers are deployed from a diving bell. At the end of the bottom period, the bell is sealed, lifted to the surface and clamped to a deck chamber. Divers are then transferred under pressure and remain into the chamber for the rest of the decompression.

Figure 6: Decompression methods used in commercial diving.



c) Surface decompression using oxygen (SDO). Divers are deployed surface supplied. At the end of their bottom period they rapidly ascend to the surface and are recompressed into a deck chamber at 12 m for sessions of pure oxygen breathing.



Surface decompression is a widely used in the North Sea because of cold and difficult sea conditions. Operationally, it must be admitted that the diver is safer and much comfortable in a chamber than in the water. However, according to the Arterial Bubbles Model, surface decompression should favour the occurrence of serious DCS. The scenario is that the ascent to the surface generates bubbles and the recompression in the chamber may facilitate their transfer through the lung. Again, the process is purely physical, based on the bubbles size reduction according to the Boyle's law. To verify this assumption, the safety performances of 142,770 commercial dives collected from the HSE database and the Comex database, using either SDO or continuous ascent (23), were compared in Table 1.

Table 1: Comparison of air in-water and bell TUP decompressions with air SDO decompressions in commercial diving operations. The exposures are classified according to the Prt Index.

Exposures	Prt<=25 (moderate)		25<Prt<=35 (standard)		Prt>35 (severe)	
	In-water or TUP	SDO	In-water or TUP	SDO	In-water or TUP	SDO
Dives recorded	37,551	10,674	22,643	54,230	8,349	9,323
Type II DCS %	5 0.01%	1 0.01%	3 0.01%	74 0.14%	12 0.14%	35 0.38%

The comparison of the Type II DCS occurrences shows a difference between the techniques of decompression. For moderated exposures, the risk is low and the difference is non significant. However, for standard or severe exposures, the incidence of Type II DCS becomes significantly higher with the surface decompression than with in-water or TUP decompression.

There seems to be a sort of inherent limitation to SDO because for moderate exposures, Table 1 above shows that the technique is very safe. One possible way of seeing things is to consider SDO as "a well treated case of DCS". Effectively, the surface interval between the diver arriving at surface and the diver reaching 12 m after chamber recompression is critical. If for any reason (a leak on the door seal for instance) the diver could not be recompressed, his situation would fall into a case of accidental shortened decompression. According to most company treatment procedures, such a case requires an immediate chamber recompression to a depth that depends on the amount of decompression omitted.

Recreational divers do not perform SDO but analogies can be found in their practices. For instance, when a diver jumps back into the water to free the anchor immediately after surfacing from a serious dive, he exposes himself to a rapid recompression. This recompression at the end of the dive when the diver is likely to produce a flow of venous bubbles may favour the apparition of arterial bubbles, simply by size reduction according to the Boyle's law.

THE MICROBUBBLE MODEL

What ever the merits of the Critical Volume or the Arterial Bubbles Models, they are not applicable to the early stage of the decompression, a phase which is characterised by two factors, the depth of the first stop and the rate of ascent to this first stop. There is a zone ranging from the bottom to the depth at which the compartments start directing the decompression, where no guidance is available on how to conduct the ascent.

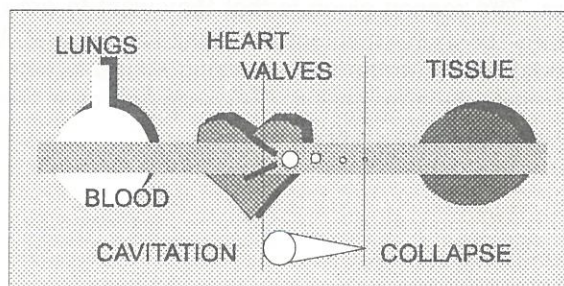
For this reason the rate of ascent to the first stop has always been set empirically to values ranging from 20 to 15 m/min. This rate however has always been considered critical and diving manuals all recommend not to exceed the specified value. The evolution in modern air tables has been to adopt slower rates of ascent, typically ranging from 15 to 9 m/min (13).

The influence of this initial ascent is only critical for deep dives. Comex used heliox bell bounce diving intensively during the 70's before it was replaced by saturation diving. The initial set of tables designed in 1970 was revised several times because of a high risk of DCS related to these long decompressions. The analysis of these tables performances showed (unpublished data) that the long bottom times tended to induce Type I DCS in the last part of the decompression (something which is predictable with the Critical Volume Model) but that surprisingly the short bottom times preferably yielded vestibular symptoms. These short bottom time tables were all characterised by a high distance between the bottom and the first stop and a rapid ascent.

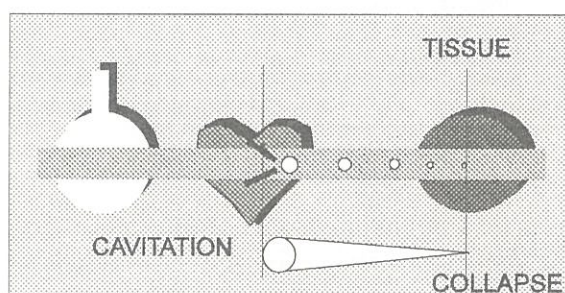
These two parameters, the rate of ascent and the depth of the first stop, which are obviously influential, must be handled by introducing the microbubble assumption. Microbubbles, or more precisely, micro stabilised gas emboli, have been studied mathematically by Van Liew (24). He shown that depending on the amplitude of the ascent and the rate of ascent, these microbubbles could collapse or, on the contrary, increase in size until they reach the status of an arterial bubble. Another scenario was proposed by Hennessy (22) who defined the origin of the microbubbles as being cavitation at the tips of the heart valves. The survival time of these microbubbles would depend on the amount of gas dissolved in the blood. At surface, such microbubbles would survive only few centimetres. At depth, the microbubbles would contain more gas and survive for a longer time. If microbubbles were allowed to last long enough, they could reach a tissue where they could receive more gas and grow. Hennessy imagined that these microbubbles could initially pass through the lung filter and cycle several times before they reach the size of a bubbles in the arterial bed.

Figure 7: The Microbubble Model proposed by Hennessy

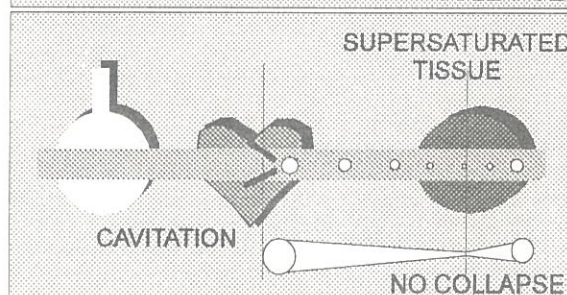
a) Microbubbles are produced by cavitation at the tip of the heart valve. At surface, the survival distance of these microbubbles is few centimetres.



b) At depth, because of the increased amount of gas dissolved, their survival distance increases. The critical site is thus the blood. The critical issue is the survival time of the microbubbles.

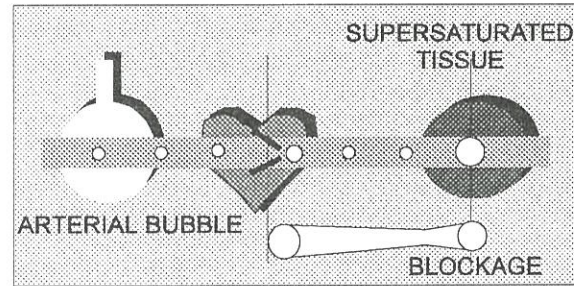


c) During the decompression, microbubbles may reach a fast tissue off loading gas. The gas will diffuse into the bubbles and increase their size.



d) Microbubbles will pass through the lung filter because of their small size, cycle several times and be progressively amplified.

In their last cycle, microbubbles will become full size bubbles. The rest of the story is then the same as for the Arterial Bubbles Model. The primary insult is again an arterial bubble reaching a neurological tissue.



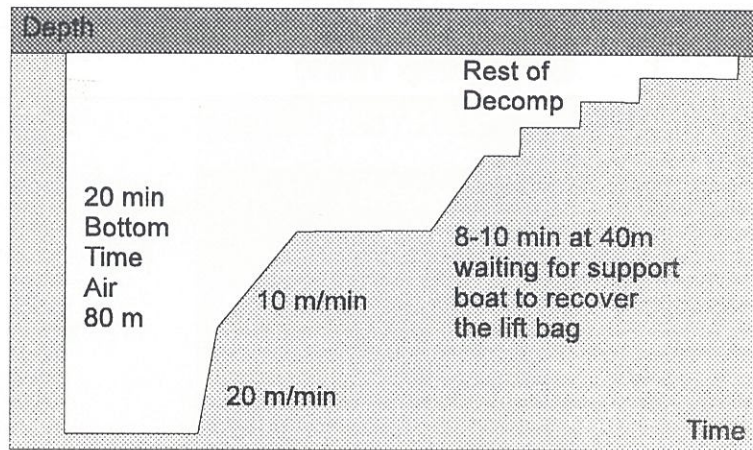
Such arterial bubbles were detected long ago by Mazurel who was running a deep decompression study with owes, chronically implanted with a Doppler detector on the aorta. His intention was to detect arterial bubbles upon decompression but to his great surprise, he started detecting bubbles when the animal were still being pressurised. It took him 10 years to verify his finding, which looked very abnormal at the time, before he dared to publish his study (25).

RED CORAL DIVERS IN CORSICA

Red coral is fancied around the Mediterranean for jewels and there is a small population of coral divers in the south of France and Corsica. Diving for red coral is a tough job as divers during the season usually dive twice a day, on air, to 80m, for 20 minutes. Coral divers use a variety of decompression procedures that they have developed or adapted empirically. I have collected such decompression tables and they always look dramatically too short to me. However, I have found that the reason why coral divers can go through such rapid decompressions is perhaps because they have adopted some specific operational procedures that change the profile of the decompression.

I was told that at the end of the 20 minutes bottom time, the divers ascend rapidly of 10 - 15 m above the bottom. The reason given is that they want to get read of the narcosis. Then they slow down their ascent until they reach 40 m where they wait for the boat. When the boat is located, they send the basket with the precious harvest to the surface using a lift bag and only when the basket is secured do they proceed to the rest of their decompression. This way, the dive profile is lengthened by some 10-15 minutes spent at mid depth as presented in figure 8.

Figure 8: A typical dive profile of red coral divers.



It is interesting to note that this "fast/slow" ascent protocol is also a possible strategy of ascent proposed by Van Liew (24) using his microbubble model. When such dives are analysed in the light the Microbubble Model, it appears that the coral divers have developed a protocol which permits:

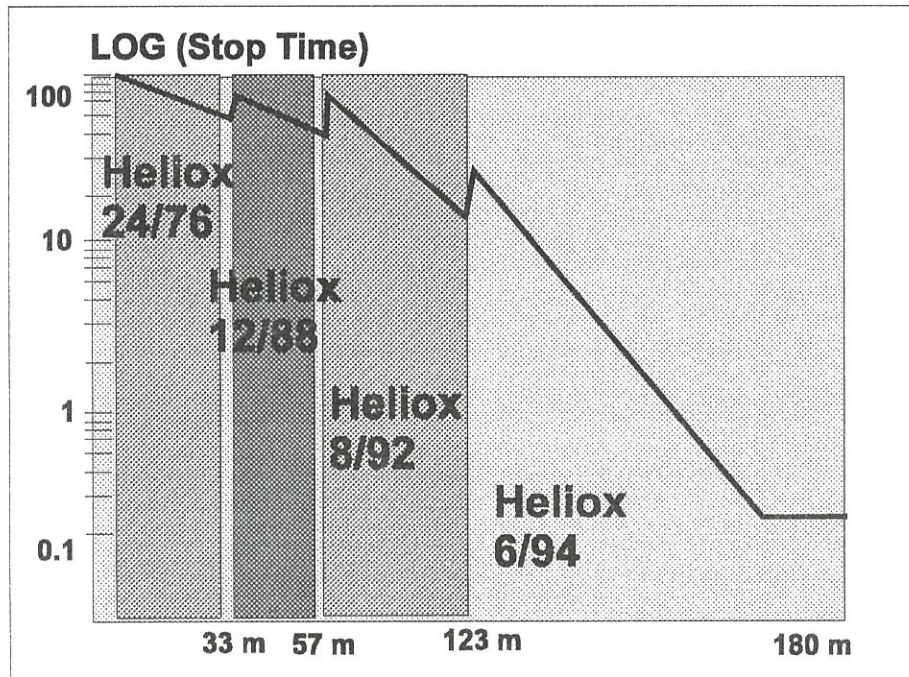
- to offgas fast tissues such as the brain by the rapid initial ascent of small amplitude. This way, if a microbubble was transiting through them, it will not find supersaturated gas to feed the microbubble growth.
- then control microbubbles to reduce their survival distance by following slower ascent to and a stage at 40 m. May be this way they avoid showers of microbubbles cycling through their body and prepare a clean decompression.

COMEX EARLY DEEP HELIOX DIVE DEVELOPMENT PROGRAMME

Another example comes from decompression studies carried at the Comex Hyperbaric Centre at Marseille in the mid 70's. At the time, Comex planned to conduct deep diving operations on a large scale and select deep divers for them. Divers were pressurised in 15 minutes to 180 m and run a battery of tests on High Pressure Nervous Syndrome for two hours at bottom. The persons in charge of decompression modelling had difficulties to define a mathematical model to calculate profiles for such a difficult dive until they finally gave up the idea of a mathematical support and simply start drawing the decompression profile on paper. They discovered that plotting the decompression profile in a depth versus time diagram was always disappointing and could not really permit to compare different decompression profiles. After some trails, they finally found that plotting the rate of ascent in a logarithm scale versus depth yields interesting results.

In the "Log Plot", the x-axis is linear and represents the depth in metres. The y-axis is logarithmic and represents the rate of ascent in m/min. However, due to the property of the Log function, because the stop increments are constant, the plot is made directly using the stop time. This way of plotting decompression profiles is first very rapid and convenient. It also expands the initial part of the decompression and permits to immediately evaluate the rate of ascent and initial stop depth. It finally allows to compare decompression profiles in the same diagram regardless of their duration, as for instance different decompression tables for the same bottom time or various bottom times from the same table.

Figure 9: Plot of the Comex 180 m/120 min heliox decompression in a semi-log diagram. The x-axis is linear and represents the depth in metres. The y-axis is logarithmic and represents the stop times in min.



After some adjustments, they produced a schedule for the 180 m/120 min dive that required 48 hours of decompression and which was extremely successful as 47 men went through the decompression without any symptoms (unpublished data). The characteristic of the "Log Plot" is that it expands the deeper portion of the decompression and makes it possible to define rates of ascent in an area where traditional models fail to control the ascent. Although the method was deliberately empirical, it is the first time that a tool was used for defining a varying initial ascent rate. Considering the difficulty of designing a decompression for such a heliox bounce dive, it can be concluded that if the divers went safely through the dive it is because the initial ascent protocol was efficient. This makes it possible to consider one day to use a rationale to calculate the initial part of a decompression table before compartments take over the control of the rate of ascent.

CONCLUSION

Three different models have been used to analyse the safety of decompression tables. Of course more elements could be added to the puzzle but the construction obtained with the three models seems to cover for the most critical issues of decompression safety:

- The Critical Volume Model for Type I DCS.
- The Arterial Bubble Model for Type II DCS.
- The Microbubble Model for Type II DCS related to the initial phase of the decompression.

This demonstrates the power of the simple initial idea, which was to separate the decompression symptoms and find a separate scenario for each of them. The lessons learnt from the above model can be summarised as follows:

- Use modern decompression tables to avoid Type I DCS.
- Follow specific dive procedures to avoid Type II DCS.
- Use slow rate to ascent to the first stop. Prefer tables with deep first stops.

REFERENCES

1. Giles R. Decompression sickness from commercial offshore air-diving operations on the UK continental shelf during 1982 to 1988. Report from the UK Department of Energy. 1989.
2. Shields TG, Duff P, Wilcox SE. Decompression sickness from commercial offshore air-diving operations on the UK continental shelf during 1990. Report from the UK HSE. 1992
3. Imbert JP, Bontoux M. Safety analysis of French 1974 air decompression tables. Proceedings of the Undersea Medical Society Workshop on decompression in surface-based diving. Tokyo, September 12 th, 1986
4. Grandjean B. Enquête nationale sur les accidents de plongée autonome sportive. Bilan 1994. CTN Info No 23. Circulaire A- 1995. FFESSM. 24 quai de Rive neuve. 13007 Marseille. France.
5. Imbert JP. Decompression safety. Proceedings of the Subtec '93 Conference. Volume 31, 239-249. Aberdeen, Scotland, Nov. 1993.
6. Imbert JP. History of evolution and offshore performances of the Comex treatment tables. . Proceedings of the UHMS workshop on
7. Hennessy TR, Hempleman HV. An examination of the critical release gas volume concept in decompression sickness. Proc. R. Soc. B179, 299-313, 1977.
8. Mazurel G, Hee J, Giacomini L, Guillerm R. Ultrasonic detection of circulating bubbles in ewes exposed to simulated dives deeper than 800 m under isobaric conditions and with unchanged gas mixtures. Proceedings of the XIth Annual meeting of the EUBS. Goteborg, Sweden, August 1985.
9. Imbert JP, Montbarbon S. The Comex Diving Data Base. Proceedings of the EUBS Workshop on Operational dives and decompression data : collection and analysis. Amsterdam, August 17 th, 1990.
10. UK Department of Energy Diving Safety Memorandum No. 7/1986 - Exposure limits for offshore air diving. August 1986.
11. UK Department of Energy Diving Safety Memorandum No. 4/1989 - Exposure limits for in-water decompression. May 1989.
12. Imbert JP, Bontoux M. A method for introducing new decompression procedures. Proceedings of the Undersea Medical Society Workshop on validation of decompression schedules. Bethesda, Maryland, February 13-14 th, 1987.
13. Travaux en Milieu Hyperbare. Mesures particulières de prévention. ISBN 2-11-073322-5- ISSN 0767-4538. Journal Officiel, 26 Rue Desaix, 75727 Paris cedex 15. France.
14. Hills BA. Decompression sickness : a fundamental study of surface excursion diving and the selection of limb bends versus CNS symptoms. Aerospace Medicine, Vol 42, No 8, August 1971.
15. Brubakk AO, Grip A, Holand B, Ornaheim J, Tonjum S. Pulsed Doppler ultrasound for studying haemodynamic changes and bubbles during simulated diving. Proceedings of the VIth Annual Congress of the EUBS. Cambridge, 1981.
16. Mazurel G, Hee J, Giacomini L, Guillerm R. Ultrasonic detection of circulating bubbles in ewes exposed to simulated dives deeper than 800 m under isobaric conditions and with unchanged gas mixtures. Proceedings of the XIth Annual meeting of the EUBS. Goteborg, Sweden, August 1985.
17. James PB. The size distribution of gas emboli arising during decompression. A review of the concept of critical diameter of gas emboli. Proceedings of the XIIIth Annual Congress of the EUBS, Lubeck, Germany, October 5-8th, 1982.
18. James PB. Decompression sickness. In Clinical Neurology. Edited by Michael Swash and John Oxbury. Churchill Livingstone. Vol 1;565, 1991.
19. Adkinson GH, Macleod MA, Hodgson M et al. Cerebral perfusion deficit in disbaric illness. Lancet 2;119, 1989.
20. Moon RE, Camporesi EM, Kisso JA. Patent foramen ovale and decompression sickness in divers. Lancet 1; 513, 1989.
21. Wilmshurt PT, Byrne JC. Relation between interatrial shunts and decompression sickness in divers. Lancet, 1302-1306, 1989.
22. Hennessy TR. On the site of origin, evolution and effects of decompression microbubbles. Proceeding of the International Symposium on supersaturation and bubble formation in fluids and organisms. Trondheim, Norway, June 6-10th, 1989.
23. Imbert JP. Decompression tables versus decompression procedures: an analysis of decompression sickness using diving data bases. Proceedings of the XVIIth annual meeting of Diving and Hyperbaric Medicine, Heraklion, Crete, Greece, 20 September-3 October 1991.
24. Van Liew HD. Simulation of the dynamics of decompression sickness bubbles and the generation of new bubbles. Undersea Biomedical research, Vol. 18, No 4, 1991.
25. Mazurel G, Hee J, Giacomini L, Guillerm R. Ultrasonic detection of circulating bubbles in ewes exposed to simulated dives deeper than 800 m under isobaric conditions and with unchanged gas mixtures. Proceedings of the XIth Annual meeting of the EUBS. Goteborg, Sweden, August 1985.

DERİN DEKOMPRESYON HESAPLAMALARI İÇİN BİRLEŞİK KABARCİK KURGULARI

J.P. Imbert

Les Terrasses Bat A, 141, Av. de Hamburg, 13008, Marsilya, Fransa

Çeviren: S.M. Egi¹, M.Z. Akpolat²

¹Boğaziçi Üniversitesi, Biyo-Medikal Müh. Enst., Bebek, 80815, İstanbul

²Boğaziçi Üniversitesi Sualtı Sportları, Bebek, 80815, İstanbul

Özetçe.-Klasik yaklaşımların aksine, dekompresyon tablolarının güvenilirliği artık global bir sorun olarak kabul edilmeyip, bir dizi model ile değerlendirilmekte, ve her semptom sınıfı ya da her operasyon durumu için farklı kabarcık kurgusu düşünülmektedir. Tip I DCS (*Decompression Sickness, Dekompresyon Hastalığı, DH*) *Kritik Hacim Modeline (Critical Volume Model)* uygundur ve klasik doku gaz yüklenmesi modellerinin kullanımını destekler. Bu tip tabloların az sayıda Tip I DH vakasına neden olabileceği gösterilmiştir. Tip II DH ise *Arteriyel kabarcıklar Modeli*yle açıklanabilen daha rastgele bir vaka dağılımı ortaya koyar. Tip II DH riski yo-yo dalışları ve yüzey dekompresyon tekniği ile ilişkili olduğundan kuşulanılmaktadır. Aynı zamanda Tip II DH'nın ilk dekompresyon durağına çıkış hızı ile de bağıntılı olduğu kanısı vardır. *Mikrokabarcık Modeli*'ne göre, bu kısa zaman diliminde oluşan mikrokabarcıkların hayatta kalma olasılığı daha ileri dönemde sorunlar neden olabilmektedir. *Korsika*'daki mercan dalgıçlarında, *ABD*'deki teknik dalgıçlarda ve *COMEX*'in ilk heliox tablo denemelerinde ilk çıkış hızının satürasyon olmayan derin dalışların güvenliği açısından son derece kritik olduğunu ortaya koymaktadır.

GİRİŞ

Klasik dekompresyon modelleri, Haldane'in çalışmalarından türetilmiş ve DH hastalığı hakkındaki semptomları global bir problem olarak ele alan varsayımları içermektedir. Bununla birlikte, dalış veritabanlarının geliştirilmesi, dekompresyon¹ güvenliği hakkında büyük ölçekte bilgi toplama olanağı sağlamıştır [1-4]. Özellikle, DH hakkındaki verilerin dalışa göre (dip zamanı ve derinlik) grafiği çizildiğinde, "klasik" modeller, izlenen DH vaka çizgisini açıklamakta yarılgıya düşmektedir.

Klasik modeller gaz alışverişinde kullanılan varsayımlar ya da kabarcık oluşumunda kullanılan kriterler açısından büyük çeşitlilik gösterir; ancak, temel varsayımlar genelde aşağıdaki nokataları içerir.

a) Dalış, sıkıştırılmış hava kullanımı gerektirir ve azot gazının dalgıcın dokularında çözünmesine neden olur.

b) Kritik nokta, çıkış öncesinde dalgıcın dokularında depolanan azot miktarıdır (doz).

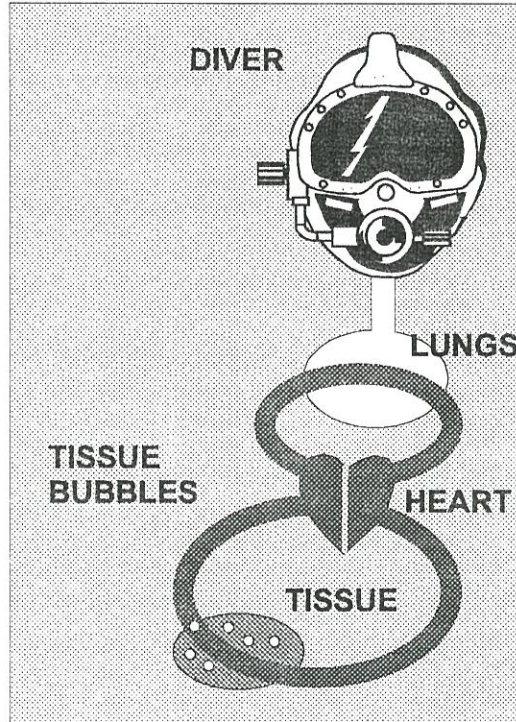
c) Birincil darbe çıkış sırasında oluşan kabarcık oluşumdur. DH genel bir proses olarak kabul edilir.

d) Semptomlar arasında ayırım gözetilmemiştir. Kol ve bacaklardaki vurgun ve nörolojik semptomlar aynı sorunun farklı seviyeleri olarak var sayılmıştır.

e) Kabarcık oluşumunun görüldüğü bölgeler doku ve dolaşımın venöz kısmı olmasına karşın, hiçbir doku özellikle belirtilmemiş sadece bir dizi "kompartman" (bölüm) ele alınmıştır.

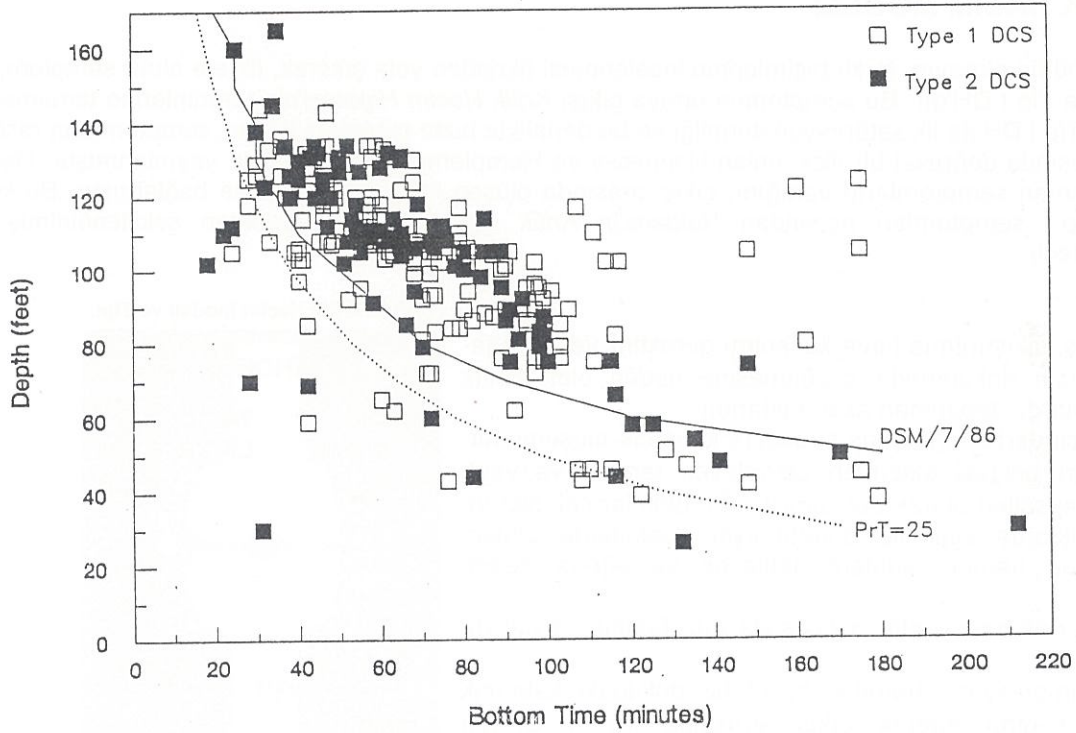
f) Dekompresyon stratejisi kabarcık oluşumu ve çıkış sırasında DH oluşumunu önlemek amacıyla her kompartmandaki çözünmüş gaz miktarını kontrol altında tutabilmeye dayanır.

Şekil 1: Klasik Modellerin temel varsayımları.



¹ Çevirenin notu: Dekompresyon, sualtı tıp literatüründe basınç azalması olarak kullanılır. Oysa ki dilimizde dekompresyon, ya da dekompresyon yapmak kelimesi, belirli derinlik ve zaman kombinasyonları aşıldığında vurgunun önlenmesi amacıyla, belirli derinliklerde belirli süreler beklemek amacıyla kullanılmaktadır. Bu metinde **dekompresyon** sadece **basınç azalması** anlamını ifade etmektedir. Bir örnek verecek olursak tüm dalışların sonunda basınç azalması sözkonusu olacağından tüm dalışlarda dekompresyon vardır.

Hali hazırda varolan ticari dalış tablolarının genel güvenliğinin %0.5 civarında olması dolayısıyla bu modellerin belirli bir etkinliğe sahip oldukları inkar edilemez [1-3]. Bununla birlikte, bu varsayımların sınırlamalarını göstermek oldukça kolaydır. Bu Tip I ve Tip II vakalarını derinlik/zaman grafiğinde belirterek yapılabilir. Bu tip bir grafik, UK sektörü tarafından 1986 ile 1992 yılları arasında Kuzey Deniz'inde yürütülen ticari dalış etkinliklerin veri grafiğinin betimlendiği Şekil 2'de görülebilir [2]. İncelenen DH çizgisi belirli bir eğilimi ortaya koymakla birlikte, açıklanamayan tekil durumlarda vardır. Bir yandan, grafik DH'ya rastlanmasının dalışın şiddetine (derinlik ve dip zamanına zaman) bağlı olduğunu onaylamaktadır. Dalış derinliği ve/veya dip zamanı arttıkça risk de artmaktadır. Öte yandan, grafiğin sorun beklenmeyen sığ derinlik ve kısa dip zamanı bölümlerinde ciddi DH vakalarına rastlanmaktadır. Bu tip sorunların sadece hesaplama yöntemlerindeki parametrelerin ayarlanmasına bağlı bir sınırlama olduğu öne sürülebilir, ancak klasik modeller, kişisel duyarlılıkta görülen büyük farklılıkları açıklamak ve rastlanan semptomları önceden tahmin etmek konusunda da başarısız kalmaktadır [5].



Şekil-2: İngiltere kıta sahanlığındaki hava dalış operasyonlarının DH'nın derinlik ve dip zamana göre dağılımı. Diagram 1982 ile 1989 yılları arasında HSE için toplanan verileri göstermektedir.

Klasik yaklaşıma bir alternatif, her DH belirtlerini herbirini ayrı bir konu olarak kabul edip herbiri için ayrı bir açıklama bulmaktır. Bu düşünce olası bir ortak kabarcık kurgusuna karşılık gelen DH semptomlarının ya da operasyonel dalış yöntemlerinin sınıflandırılmasından oluşur. Bir bulmacayı oluşturan parçalar gibi, dekompresyon güvenliği de tamamlayıcı modellerce tanımlanan bir dizi kritik olay içinde yapılanmıştır. Bu çalışmada, bulmacanın farklı kısımları tanıtılmış, tartışılmış ve daha güvenilir tablolar üretmenin yollarını açmak ümidiyle bir araya getirilmiştir.

DH SEMPTOMLARININ SINIFLARI

DH semptomları deri kızarıklarından eklem ağrıları ve nörolojik semptomlara kadar uzanan genişlikte sorunları içerir. DH semptomları, operasyonel nedenlerden ötürü uzun yıllar iki kategori altında

sınıflandırılmıştır. *ABD Donanması Dalış Manüeli*'ne göre bu iki kategori, Tip I ve Tip II diye sınıflandırılmıştır.

Tip I DH, eklem ağrısı, kas ağrısı ya da deride kızarıklar gibi basit semptomları içerir. Semptomlar çok açık olduğundan, erken ifade edilirler ve böylece tereddüt edilmeksizin tedavi başlatılabilir. Bir çok vakada 12 m'de hiperbarik O₂ tedavisi semptomların çözülmesi ni sağlar. Güvenlik açısından, Tip I DH, "iyi dekompresyon kazası" olarak adlandırılır; çünkü teşhisi kolaydır, semptom görülmesi hızlıdır, çabuk tedavi uygulanır ve vakaların %95'i etkin bir şekilde tedavi edilir [6].

Tip II DH her zaman daha ciddidir; çünkü solunum ya da sinir sistemini etkiler. Genelde yorgunluk, baş ağrısı ya da kendini iyi hissetmemeyi içeren semptomlar boşlukta kalır ve basit vakalarda ya da hastalığın erken aşamalarında teşhis etmek güçtür. Tedavisi karmaşık olup derin rekompresyon, önemli miktarda HBO dönemleri, sıvı alım ve bazen steroid uygulanmasını içerir [6]. Güvenlik açısından, Tip II DH "kötü bir dekompresyon kazası"dır, çünkü teşhis kolay olmayabilir, tedavi genellikle geç başlar ve sonuçları üzücü olabilir.

KRİTİK HACİM MODELİ

DH bir bütün olmayıp, farklı biçimlerinin incelenmesi fikrinden yola çıkarak, ilk ele alınır semptom, eklem ağrısı ya da Tip I DH'dır. Bu semptomun ortaya çıkışı *Kritik Hacim Hipotezi*'nin tahminlerine tamamen uyar. Bu model Tip I DH ile ilk satürasyon derinliği ve bu derinlikte hızla çıkılırken ilk kez semptomların rastlandığı derinlik arasında doğrusal bir ilişki bulan Hennessy ve Hempleman [7] tarafından yayınlanmıştır. Hennessy ve Hempleman semptomların varlığını, çıkış sırasında oluşan kritik gaz hacmine bağlamıştır. Bu kavram, sadece Tip I semptomları açısından *Haldane*'in *Kritik Oran* teorisinin yeniden şekillendirilmiş haline benzemektedir.

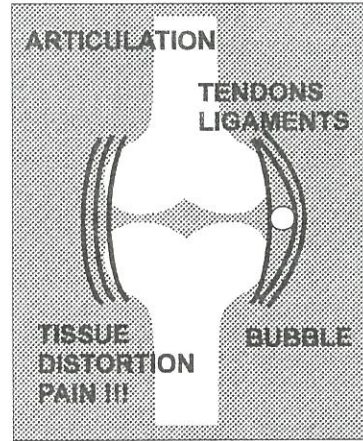
a) Dalış, sıkıştırılmış hava kullanımı gerektirir ve azot gazının dalgıcın dokularında çözünmesine neden olur. Kritik nokta dokularda depolanan azot miktarıdır.

b) Birincil darbe yine çıkış sırasında kabarcık oluşumudur. Ancak, ağrı bölgesi eklemleri çevreleyen tendon ve/veya ligament kapsülleri olarak belirtilmiştir. Bu dokular çok sıkı ve yüksek miktarda sinir ile donatılmıştır. Dokularda oluşan deformasyon hemen sinirlere iletilecek ve ağrıya neden olacaktır.

c) Ağrı, deformasyonla, dolayısıyla gaz fazının boyutuyla orantılıdır.

d) Dekompresyon stratejisi, belirli bir dokudaki kabarcık boyutunu kontrol ederek çıkış sırasında Tip I DH'nın önlenmesine dayanır.

Şekil-3. Kritik Hacim Modeli ve Tip I.



Tip I bölgesi olarak eklem bağ dokusunun tanımlanması bir yenilik olmayıp literatürde oldukça iyi belgelenmiştir, fakat bu ilk modeli desteklemek için en azından bir olayı hatırlamakta fayda vardır: *Comex*'te yapılan bir *Comex* deney dalışı sırasında, *Doppler* araştırmasını yürüten *Mazurel* [8] tansiyon ölçmekte kullanılan kolluklara benzeyen bir torbayı ağrı hisseden bir dalgıcın dizine bağlamıştır. Torba basıncının artması semptomları bir süre engellenmiştir. Bu da kol ve bacaklarda görülen vurgunda doku gaz hacmi ve etki bölgesini çok iyi göstermektedir.

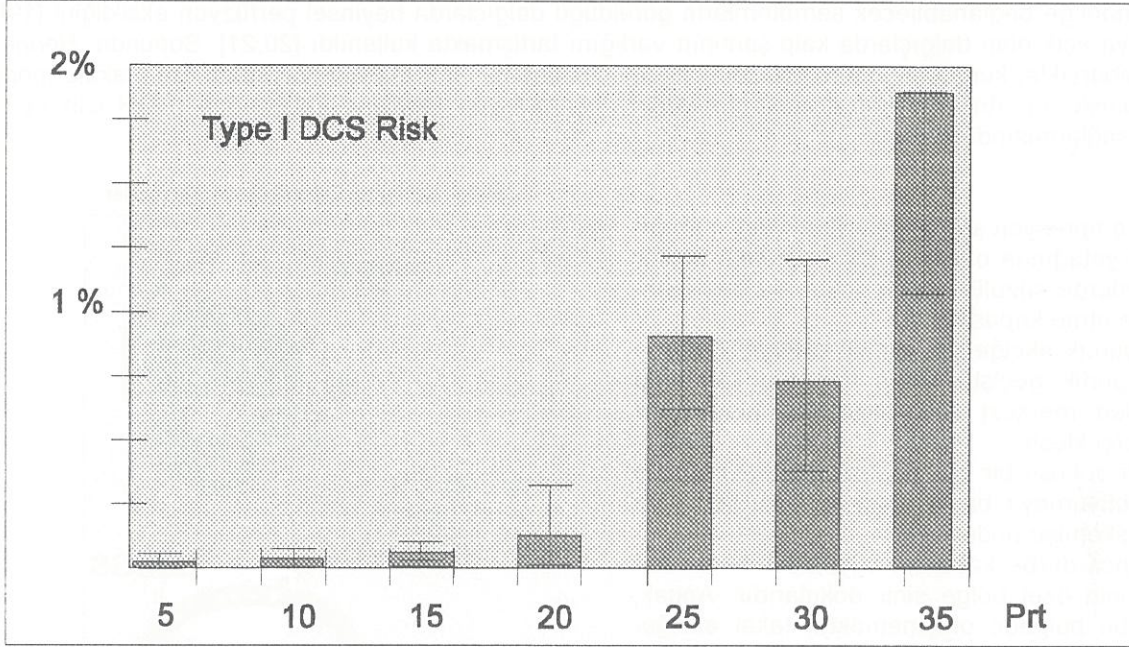
TİP I DH'nın DOZA BAĞIMLILIĞI

Kritik Hacim Modeli'nin ilginç bir öngörüsü, gaz fazının çevre dokularda çözünen gazdan oluşturduğunu öne sürmesidir. Bu basitçe Tip I DH riskini gaz dozu ile ilişkilendirebilme imkanı tanır. Günümüzde kullanılan dekompresyon tablolarına mükemmel olmamaları göz önünde bulundurulursa, dalış derinliği ve dip zamanı arttıkça dokuda çözünen gaz hacminin daha fazla olacağı ve Tip I DH riskinin daha yüksek olacağı ümid edilir.

Kol ve bacaklarda görülen vurgun ticari dalışlarda başta gelir; bunlar vakaların yaklaşık 2/3'ünü oluşturur [1,3]. Ancak bu bölgelerdeki vurgun sportif dalıcılıkta daha ikinci planda olup sadece vakaların 1/3'ünü

oluşturur [4]. Bunun temel açıklanması ticari dalışların genellikle uzun dip zamanları gerektirmesi, böylece daha fazla miktarda çözünen gaz içerdiği şeklindedir. Bir diğer faktör de dipte yapılan işin eklemlerde strese neden olması ve kabarcık oluşumunu tetiklemesidir.

Tip I DH'nın ticari dalışlardaki doza bağımlılığının doğrulanması için, *Comex* veri tabanında suiçi dekompresyon kullanılan 64000 dalış incelenmiştir [9]. İzlenen Tip I DH riski, *Prt indeksi* ile ifade edilen gaz dozuna göre çizilmiştir. Bu indeks *Shields* [1] tarafından ortaya koyulmuş olup, dip zamanının karekökü ile bağıl basıncın çarpımından elde edilir ve dalışın ne derece ciddi olduğunun bir göstergesi olarak kullanılır. Şekil 4, Tip I DH riskinin *Prt indeksi*'ne bağılı olarak beklenen artışını göstermektedir. Söz konusu eğrinin şekli, *Comex* tablolarının özgün performansına bağılıdır. Diğer bir dizi tablo farklı sonuçlar verecektir.



Bu tip sınırlamalar uzun zamandan beri çalışanlar tarafından bilinmekte ve dalış amirlerini dekompresyon tablolarının kullanımında emniyet faktörleri eklemeye yöneltmişti. Yaygın kullanılan bir uygulama dekompresyon duraksız dalışlara 3 dakika emniyet durağı eklemektir. Bir diğeri ise tabloyu bir takım "*Hz. İsa faktörleri*" ile kullanarak, gerçek dalış şartlarından daha uzun dip zamanı veya daha derin değerleri seçmektir.

Bununla birlikte, bu yaklaşım Tip I ve Tip II semptomları içiçe geçtiğinde gerçekten sapmaktadır.

Örneğin, bu durum *İngiltere Enerji Bölümü (UK, Dept of Energy, DOEn, HSE'den önce dalış operasyonlarından sorumlu bölüm) Kuzey Denizi'ndeki hava ile yapılan dalış operasyonları hakkında bir araştırma düzenlediğinde* görüldü. 1986'da, derin ve uzun dalışlarda alarm verici bir DH varlığını gösteren sonuçlarla yüzleşince, sert bir tavır almak zorunda kaldılar [1]. Sonuç olarak *DOEn UK* sektöründe dalışları kısıtlayan bir dizi güvenlik önlemini içeren memorendum yayınladı. Memorandum önceleri sadece satih dekompresyonunu içerirken [10], sonradan su içi dekompresyonunu da içerecek şekilde genişletildi [11].

Sadece derinlik zaman kısıtlamasına dayalı olan *DOEn* yaklaşımının göreceli etkinliği, 1992 yılında yayınlanan ve 18.263 dalışta % 0.1 DH vakası içeren raporla gösterildi. Bununla birlikte, bu DH vakaları arasında, 7 ciddi nörolojik kazanın belirlenen sınırlar içinde görülmesinden dolayı, bu yaklaşım hala tatmin edici değildir. Bu da yaklaşık 850 ticari dalgıçtan oluşan bir kesimin tehlike altında bulunduğunu gösterir [2].

Aynı uyarı, *PADI (Professional Association of Diving Instructors)* gibi dekompresyon kazalarının sınırlandırılması amacıyla dalışları sadece dekompresyon duraksız dalışlarla sınırlandıran amerikan sportif dalış organizasyonları için de uygulanabilir. Veritabanları dalışların dip zamanı ve derinliğinin kısıtlanmasının gerekli olduğunu, ancak bunun yeterli bir önlem olmadığını ortaya koymuştur. İzin verilen alanda yine de ciddi sorunlar olacaktır ve gaz dozunun haricindeki etkenler de ele alınmalıdır.

ARTERYEL KABARCIKLAR MODELİ

1971 yılında yayınlanan bir makalesinde Hills [14], bir hayvan modeli kullanarak, kesintisiz dekompresyondan yüzey dekompresyonuna geçildiğinde DH semptomlarının Tip I'den Tip II'ye doğru değiştiğini ispatlamıştır. Bu deney, Tip II DH için ayrı mekanizmaların varlığını ortaya koydu. Daha sonradan bu mekanizmanın varlığı arteryel kabarcıklara bağlandı. Öncelikle arteryel kabarcıkların varlığı Doppler izleme araştırmalarını yürüten bilimadamlarınca tesbit edildi ve muhtemel rolleri tartışıldı [15,16]. James tarafından DH'da *Merkezi Sinir Sistemi* semptomlarının ortaya çıkışı hakkında bir model önerildi [17,18]. Bu model, omuriliğe bağlanabilecek semptomların görüldüğü dalgıçlarda beyinsel perfüzyon eksikliğini [19] ve Tip II DH'ya açık olan dalgıçlarda kalp şantının varlığını tartışmakta kullanıldı [20,21]. Sonunda, Hennessy arteryel kabarcıklar kurgusunun tüm fiziksel yönlerini çok önemli bir makalede yayınladı. Bu makale modelin temelini oluşturdu. *Arteryel Kabarcıklar Modeli*'nin dekompresyon teorisine katkısı Tip II DH için ayrı bir açıklama sağlamasından oluşur.

a) Dekompresyon sırasında kabarcıklar normalde damar yatağında oluşur, venöz sistemle taşınır ve akciğerlerde süzülür. Kritik nokta akciğer sisteminin filtre etme kapasitesidir.

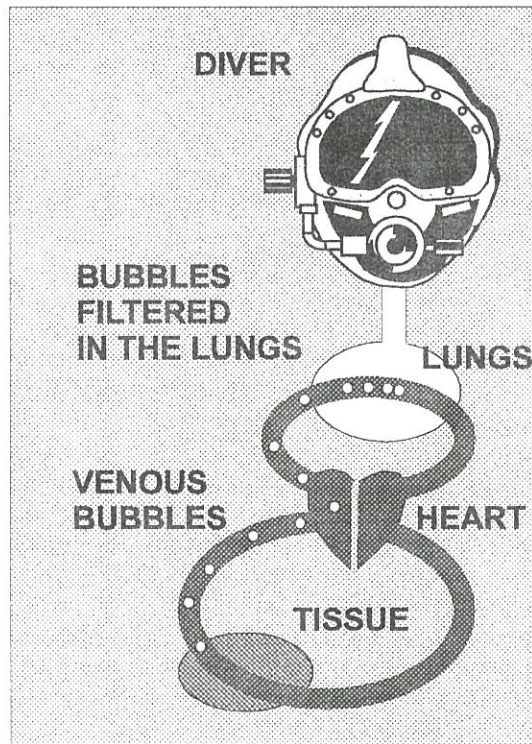
b) Kabarcık akciğeri geçer ve arteryel sisteme ulaşırsa, aortik geçişte kanın dağıtımı kabarcığı muhtemelen merkezi sinir sistemine ulaştıracak şekilde gerçekleşir.

c) Sinir dokusu bir gaz deposu gibi davranır ve kabarcık büyümeye başlar, kan ikmalini keser ve sonunda iskemiye neden olur.

d) Birincil darbe kabarcık büyümesi ve bu kabarcıklar için özel bölge sinir dokularıdır. Ancak, kabarcık bu bölgede oluşmamakta, fakat akciğer sistemini geçip dokuya ulaştığında burada büyümektedir.

e) Dekompresyon stratejisi, çıkış sırasında Tip II DH oluşumunu önlemek için arteryel kabarcıkların oluşumunu önlemektir. Bu amaçla, kurgu kabarcıklar akciğerden geçecek şekilde oluşturulmalıdır.

Şekil-5. Kabarcık Filtresi olarak akciğerler



Arteryel Kabarcıklar Modeli'nin ilk değerli yanı akciğer fonksiyonu üzerinde değişkenliği ele alabilmesidir. Akciğerin süzme kapasitesinin kişiden kişiye değişmesi ve bir kişi için günden güne değişmesi mantıklıdır. Güvenli dekompresyon için akciğer filtrelemesini kritik faktör olarak kabul etmek, uzun zaman dalgıçların DH'ya yatkınlıklarında payı olduğu gözlenen kişiler arası farklılıkları (yaş, yağ miktarı, sigara alışkanlığı vb.) ve kişi içindeki farklılıkları (yorgunluk, akşamdan kalma olam vb.) açıklayabilmektedir.

Arteryel Kabarcıklar Modeli aynı zamanda Tip II DH'nın oluşumunda CO₂'nin rolü konusunda spekülasyon yapabilmeyi de sağlamaktadır. CO₂'nin akciğerin filtreleme kapasitesini azalttığı ve kabarcıkların dolaşımın arteryel tarafına geçmesine neden olduklarından şüphelenilmektedir. Böylece CO₂ tutulmasına ya da *hiperkapnia*'ya neden olan dalış koşulları daha yüksek DH Tip II riski içermeleri gerekir. CO₂'e bağlı olarak DH'nın gelişmesine yardımcı olan faktörler aşağıda sıralanmıştır:

- dalış şartlarından ya da eksik eğitimden kaynaklanan tedirginlik ve stres
- dipteki yoğun etkinlikten dolayı tükenme ya da hiperventilasyon
- dipte ya da dekompresyon sırasında soğuk
- düşük performanslı regülatör nedeniyle nefes alma direnci

Örneğin, arteryel kabarcıklar için aday, henüz eğitim görmekte olan bir dalgıç olabilir: yeterince adapte olmamış, üzerinde gerilim hissedilen, malzemeyi kötü kuşanmış, üşüeyebilen, soluk alış verişini kontrol

edemeyen, ve hipervantile olabilen. *Fransız Spor Dalış Federasyonu* tarafından yayınlanan istatistikler, Tip II DH vakalarının %66 oranında acemi dalgıçlarda görüldüğünü ortaya koymaktadır [4].

Son olarak, *Arteriyel Kabarcıklar Modeli*'nin en önemli katkısı, dekompresyon sırasında basınç değişimlerinin ne şekilde küçük çaplı kabarcık oluşturduğu, ve bunların akciğer filtresinden kaçarak Tip II DH semptomlarına neden olduğunu açıklayabilmektedir.

YO-YO DALIŞLARIN DH'YA ETKİSİ

Normalde, dipteyken, dalgıç sabit bir derinlikte kalıp kare bir profil izleyerek, dalış tablosunun hesaplanmasında ve değerlendirilmesinde kullanılan varsayımlara uygun davranmayı taahhüt eder. Uygulamada, dalgıç iki çalışma derinliği arasında ardışık iniş ve çıkışlar gerçekleştirebilir. Hatta sığ sularda birkaç kez su üstüne çıkabilir. Bu tip derinlik değişimleri "yo-yo dalışı" olarak adlandırılır ve uzun zamandır ciddi DH'ya yolaçmasından kuşulanılmaktadır.

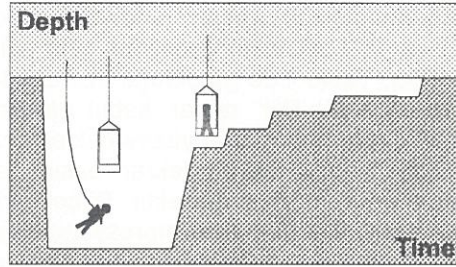
Arteriyel Kabarcıklar Modeli Tip II DH riski ve yo-yo dalışlarını bağdaştırabilir. Çıkışlardan birinde, basınç değişimi damar içi kabarcıklar oluşup, akciğerlerde toplanabilir. Bunu izleyen aşağı inişte, *Boyle Kanunu* uyarınca basınç değişimi kabarcıkların boyunu küçültür. Küçülen kabarcıklar, akciğer kılcal damarlarından arteriyel yatağa geçebilir. Bir kez arteriyel kabarcıklar oluştu mu, kurgunun geri kalan kısmı belirlidir. Yo-yo dalışta kritik olan, bu işlemin dokularda çok da fazla çözünmüş gaz gerektirmemesidir. Bu, sığ dalışlarda,, hatta dekompresyon duraksız dalışlarda bile ciddi Tip II DH vakaları görüldüğünü açıklamaktadır [1,23].

İlginç olan yakın geçmişte sportif dalgıçların, ampirik kurallar koyarak, 3 metre durağının bekleme zamanını 6 m'ye ekleyip, 3 m durağını iptal etmeleridir. Bu uygulama, *Arteriyel Kabarcıklar Modeli* tarafından desteklenir. Bunun bir nedeni, 3 m durağında beklemenin zor olması, bu bekleme sırasındaki basınç değişimleri sırasında Boyle Kanunu nedeniyle oluşan hacim değişikliklerinin oldukça büyük olması ve akciğer filtreleme sorunlarının ortaya çıkmasıdır. Diğer nedeni, deniz dalgalı olduğunda bu bekleme oldukça zor olacak ve zaman zaman *Valsalva Manevrası* yapmak gerekebilecektir. *Valsalva Manevrası*, akciğerlerde yüksek basınç oluşturarak suyu sıkılan bir sünger gibi arteriyel kabarcıklar oluşturacak ve potansiyel DH'ya neden olacaktır.

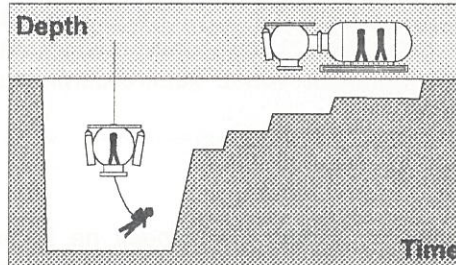
DEKOMPRESYON TEKNİĞİNİN TİP II DH'YA ETKİSİ

Ticari dalışta 3 dalış tekniği kullanılır.

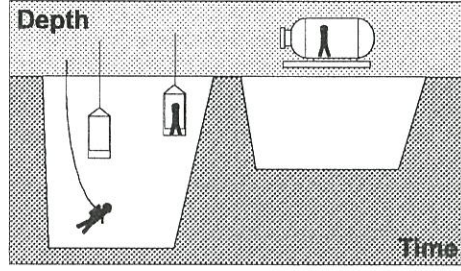
a) Su içi dekompresyon. Dalgıçlar yüzeyden beslenir ve dekompresyon duraklarını su içinde gerçekleştirirler. Dalgıçı konuşlandırmak ve geri toplamak için bir dalış sepeti kullanılır. Dalgıçlar 6 m'de oksijen soluyabilirler.



b) Basınç altında taşınma (*Transfer Under Pressure, TUP*). Dalgıçlar bir çandan hareket ederler, çan izole edilmiştir ve güvertedeki basınç odasına bağlanır. Bundan sonra dalgıçlar basınç altında taşınır ve dekompresyonun geri kalan zamanında basınç odasında kalırlar.



c) Oksijen kullanarak yüzey dekompresyonu (*Surface Decompression Using Oxygen, SDO*). Dalgıçlar yüzeyden ikmelli olarak çalışırlar. Dip zamanlarının sonunda, hızla yüzeye çıkarlar ve güvertedeki basınç odasında 12 m'ye indirilerek saf oksijen solurlar.



Yüzey dekompresyonu soğuk ve zorlu deniz koşullarından dolayı Kuzey Denizi'nde oldukça yaygın bir şekilde kullanılır. Kabul edilmelidir ki, operasyonel açıdan, dalgıç basınç odasında suda olacağından daha güvenli ve konforludur. Ancak *Arteriyel Kabarcıklar Modeli*'ne göre, yüzey dekompresyonu ciddi DH oluşumunu körükleyecektir. Bu kurguya göre, yüzeye çıkış kabarcıkların doğuşuna neden olacak ve basınç odasında tekrar basınç altına alınmaları durumunda akciğerden taşınmalarını kolaylaştıracaktır. Bu yine tamamen *Boyle Kanunu* uyarınca kabarcık boyutunun küçülmesine dayalı fiziksel bir olaydır. Bu varsayımı doğrulamak amacıyla, *HSE* ve *Comex* veritabanından toplanan 142770 ticari dalışın güvenlik performansı SDO veya sürekli çıkış [23] yapılmasına göre Tablo 1'de karşılaştırılmıştır.

TABLE I
TİCARİ HAVA DALIŞLARINDA SUIÇİ YA DA ÇAN TUP DEKOMPRESYONLARININ SOD
DEKOMPRESYONLARLA KARŞILAŞTIRILMASI. DALIŞLAR Prt İDEKSİNE GÖRE
KARŞILAŞTIRILMIŞTIR

Dalışlar	Prt≤25 (ortalama)		25<Prt≤35 (standart)		Prt>35 (ciddi)	
	Su içi ya da TUP	SDO	Su içi ya da TUP	SDO	Su içi ya da TUP	SDO
Kayıtlı dalış	37,551	10,674	22,643	54,230	8,349	9,323
Tip II DH %	5 0.01%	1 0.01%	3 0.01%	74 0.14%	12 0.14%	35 0.38%

Tip II DH olaylarının karşılaştırılması, dalış teknikleri arasındaki farkı ortaya koymaktadır. Ortalama dalışlar için risk az ve fark önemsizdir. Ancak standart ya da ciddi dalışlarda, Tip II DH'ya rastlanması yüzey dekompresyonunda suiçi ya da TUP dekompresyona göre anlamlı biçimde yüksek çıkmaktadır.

Ortalama dalışlarda SDO, Tablo 1'de görüldüğü üzere oldukça güvenlidir. Olaylara bir başka bakış açısı da SDO'yu "iyi tedavi edilmiş bir DH" olarak kabul etmektir. Dalgıcın yüzeye geldikten sonra basınç odasında 12 m'ye ulaşması arasında geçen yüzey bekleme zamanı kritiktir. Herhangi bir nedenle (örneğin kapı sızdırmazlığında bir kaçak) dalgıç tekrar basınç altına alınamazsa, durumu kaza ile ilişkili dekompresyon yapan birinin durumuna düşecektir. Birçok şirketin tedavi işlemlerine göre, bu tip bir durum dalgıcın basınç odasında acilen kaçırılan dekompresyona bağlı olarak basınç altına alınmasını gerektirir.

Sportif dalgıçlar SDO uygulamaz, ancak uygulamada benzeri durumlarla karşılaşılabilir. Örneğin, ciddi bir dalış sonrasında çapayı çözmek için suya tekrar dalgıç, kendisini hızlı bir biçimde tekrar basınç altına alacaktır. Dalış sonrasındaki bu ikinci basınç artışı, sadece *Boyle Kanunu* uyarınca boyut azalmasından dolayı, muhtemelen venöz kabarcıkların akışına neden olacak ve arteriyel kabarcıkların ortaya çıkışını körükleyecektir.

MİKROKABARCİK MODELİ

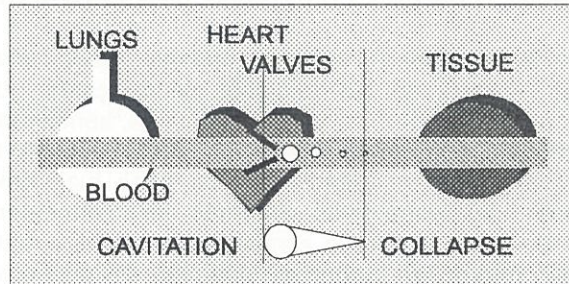
Kritik Hacim veya *Arteriyel kabarcıklar Modeli* ne kadar değerli olursa olsun, dekompresyonun ilk aşamasına uygun değildir. Bu aşamayı belirleyen eden iki etken vardır: Birinci durağın derinliği ve birinci durağa kadar olan çıkış hızı. Çıkışı yönlendirebilecek hiçbir ipucunun olmadığı, dipten kompartmanların dekompresyonu kontrol etmeğe başladığı derinliğe kadar uzanan bir kuşak bulunmaktadır.

Bu yüzden, birinci durağa kadar olan çıkış hızı ampirik olarak 20 ila 15m/dak. olarak belirlenmiştir. Fakat bu hız her zaman için kritik olarak kabul edilmiş ve belirlenmiş tüm dalış manüellerinde bu değerlerin aşılması hassasiyetle tavsiye edilmiştir. Modern hava tablolarındaki gelişme, bu tabloların 15 ila 9m/dak arasında değişen daha yavaş çıkış hızlarını benimsemesidir [13].

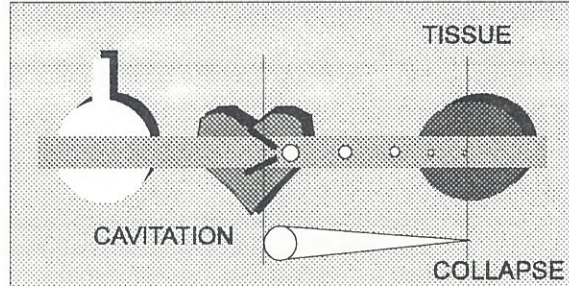
Çıkışın ilk aşamasının etkisi sadece derin dalışlarda kritiktir. Comex, satürasyon dalışları kullanılmaya başlanmadan önce 1970'lerde satürasyon olmaksızın heliox çan dalışları sıkça uygulamıştır. 1970'lerde tasarlanan ilk tablolar uzun dekompresyona bağlı olarak yüksek DH riski taşıdığı için birçok kez düzeltilmiştir. Bu tabloların performansları analiz edildiğinde [yayınlanmamıştır], uzun dip zamanları içeren dalışlarda dekompresyonun son bölümünde Tip I DH'nın arttığı (bu Kritik Hacim Modeli'nce de tahmin edilebilir), öte yandan kısa dip zamanlarının öncelikle vestibüler semptomlara neden olduğu saptanmıştır. Tüm bu kısa dip zamanlı tabloların özelliği, dip ve birinci durak arasında uzun mesafe olması ve yüksek çıkış hızına sahip olmalarıdır..

Açıkça etkili olan bu iki parametre, çıkış oranı ve birinci durağın derinliği, mikrokabarcık kuramının aracılığıyla ele alınmalıdır. Mikrokabarcıklar, ya da daha spesifik bir deyimle mikro seviyede kararlı hale geçmiş gaz embolisi, Van Liew tarafından matematiksel olarak incelenmiştir [24]. Van Liew, çıkış hızının ve çıkış sırasında katedilen derinliğin büyüklüğüne bağlı olarak bu mikrokabarcıkların parçalanabileceğini veya tam tersine arteryel kabarcık statüsüne ulaşana kadar büyülebileceğini göstermiştir. Başka bir kurgu da Hennessy tarafından ortaya konulmuştur [22]. Hennessy mikrokabarcıkların kaynağını kalp kapakçıklarının uçlarındaki kavite olarak tanımlamıştır. Bu mikrokabarcıkların yok olma süreleri kanda çözülmüş olan gaz miktarına bağlıdır. Yüzye bu tip mikrokabarcıklar sadece birkaç cm.lik bir süre kalıcı olurlar. Derinde ise, mikrokabarcıklar daha çok içerecekleri için daha kalıcı olurlar. Eğer mikrokabarcıklar yeterince uzun süre hayatta kalırlarsa daha fazla gaz alabilecekleri bir dokuya ulaşır ve büyürler. Hennessy, bu mikrokabarcıkların öncelikle akciğer filtresinden geçebileceklerini ve arteryel yataktaki kabarcık büyüklüğüne ulaşınca kadar birçok defa dolaşım sistemini katedeceklerini tasarlamıştır.

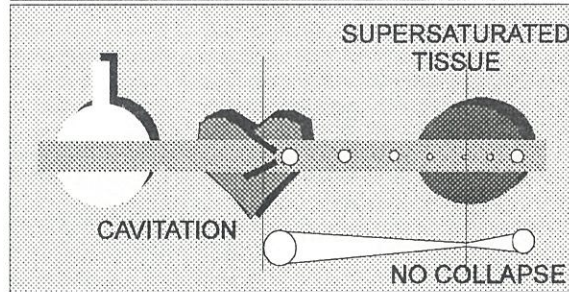
a) Kalp kapakçıklarının uçlarındaki kavite nedeniyle mikrokabarcıkla üretilmektedir. Yüzye, bu mikrokabarcıkların yok olma mesafesi birkaç cm.dir.



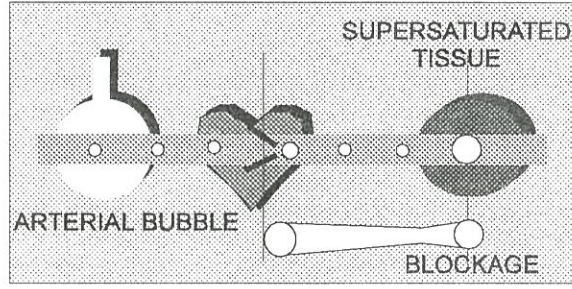
b) Derinde, çözülmüş gaz seviyesindeki artış nedeniyle yok olma mesafesi artar. Kritik bölge kan, kritik olay ise mikrokabarcıkların yok olma süresidir.



c) Dekompresyon sırasında, mikrokabarcıklar gaz boşaltmakta olan bir hızlı dokuya ulaşırlarsa, boşalan gaz kabarcığın içine dolacak ve kabarcığın büyümesine yol açacaktır.



d) Mikrokabarcıklar küçük olmaları nedeniyle akciğer filtresinden geçecek, birçok defa dolaşım sistemini katedecek ve böylece büyüyeceklerdir



En son dolaşım sistemini katetmeleri sırasında, mikrokabarcıklar tam bir kabarcık boyutuna ulaşacaklardır. Hikayenin bundan sonrası Arteriyel kabarcıklar Modeli ile aynıdır. Kritik darbe yine bir arteriyel kabarcığın bir sinir dokusuna ulaşmasıdır.

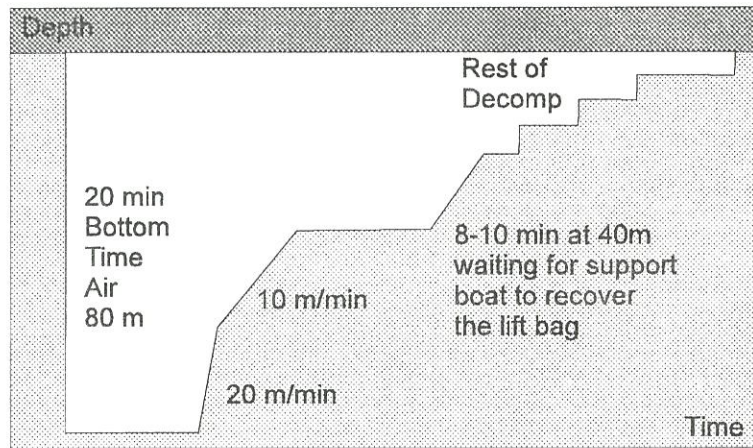
Mazurel bu tip arteriyel kabarcıkları daha önceden dişi koyunlar üzerinde yaptığı derin dekompresyon çalışmalarında saptamıştır. Bu çalışmalarda *Mazurel* koyunların aortlarına *Doppler* dedektörü yerleştirmiştir. *Mazurel*'in amacı dekompresyon sırasında arteriyel kabarcıkları incelemek olmasına rağmen, bu kabarcıkların hayvan basınç altındayken dahi incelenebileceğini fark etmiştir. O sırada anormal gözükten bu çalışma ancak 10 yıl içerisinde ispatlanmış ve yazar bunu yayınlamaya cesaret edebilmiştir [25].

KORSİKADAKİ KIRMIZI MERCAN DALGIÇLARI

Kırmızı mercan *Akdeniz*'de takı için toplanır. *Güney Fransa* ve *Korsika*'da ufak bir mercan dalgıcı topluluğu vardır. kırmızı mercan dalgıçlığı, sezon içinde, günde 80 metreye 20 dakikalık iki hava dalışı içeren zorlu bir meslektir. Kırmızı mercan dalgıçları, kendilerinin geliştirdikleri ve ampirik olarak uyarladıkları çeşitli dekompresyon yöntemlerini kullanırlar. Bu tip dekompresyon tablolarını topladım. Bana hep çok kısa göründüler. Ancak, mercan dalgıçlarının bu denli hızlı dekompresyon yapabilmelerinin, dekompresyon profilini değiştiren bazı operasyonel yöntemler benimsemelerinden kaynaklandığını anladım.

Bana söylenen 20 dakikalık dip zamanlarının sonunda, dalgıçların hızla dipten 10-15 m yükseldikleriydi. Bunun nedeninin narkozdan kurtulmak olduğunu söylüyorlardı. Daha sonra çıkışı yavaşlatarak 40 metreye ulaşmış, orada tekneyi bekliyorlardı. Tekne konuşlandırıldığında, değerli hasatlarını koydukları sepeti yüzeye bir kaldırma balonuyla yollayıp, ancak sepet sağlama alındıktan sonra kalan dekompresyonu yapmaya başlıyorlardı. Böylelikle, dalış profili Şekil 8'de görüldüğü gibi, orta suda harcanan yaklaşık 10-15 dakikalık bir süre kadar uzar.

Şekil-8. Kırmızı mercan dalgıçlarının tipik bir dalış profili.



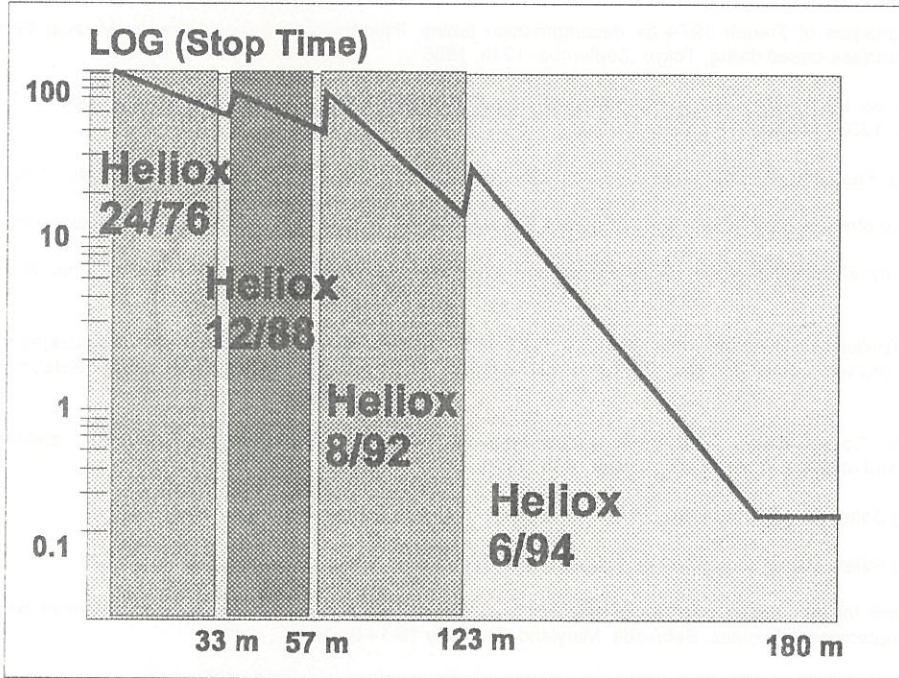
İlginç olan, bu "hızlı/yavaş" çıkış protokolünün mikrokabarcık modeli kullanan *Van Liew* tarafından da [24] muhtemel bir çıkış stratejisi olarak önerilmesidir. Bu tip dalışlar *Mikrokabarcık Modeli*'nin ışığında analiz edildiğinde, mercan dalgıçlarının kullandığı yöntemin aşağıdakileri sağladığı ortaya çıkmaktadır:

- Beyin gibi hızlı organları, kıza menzilli ilk hızlı çıkış aşamasıyla boşaltmak. Böylece, eğer bir mikrokabarcık bu dokulardan geçerse, kendisini besleyecek kadar süpersatüre gazı bulamayacaktır.
- Bunu izleyen yavaş çıkış ve 40 metredeki bekleme ile, mikrokabarcıkların hayatta kalma mesafelerini azaltmak. Böylece vücudu bir mikrokabarcık sağanağından koruyarak, temiz bir dekompresyona hazırlanırlar.

COMEX ERKEN DÖNEM HELIOX DERİN DALIŞ GELİŞTİRME PROGRAMI

Bu konuda başka bir örnek olarak *Marsilya'daki Comex Hiperbarik Merkezi'nde* 1970'lerin ortalarında yapılan dekompresyon çalışmaları gösterilebilir. Bu dönemde, *Comex* geniş çaplı derin dalış çalışmaları başlatmayı ve bu çalışmalar için dalgıçlar seçmeyi planlıyordu. Dalgıçlar 180 metrede 15 dak. basınç altın alınıyor ve dipte iki saat *süreyle Yüksek Basınç Sinir Sendromu'ndan* ne derece etkilendiklerini belirlemek için bir test bataryasını kullanıyorlardı. Dekompresyon modellemesiyle görevli kişiler bu kadar zor bir dalışın profilini hesaplayabilecek kapasitede bir matematiksel model tanımlayamayınca, matematiksel destek fikrini bırakarak dekompresyon profillerini kağıt üzerinde çizmeye başladılar. Fakat, dekompresyon profillerini derinlik-zaman diagramları halinde belirlemenin her zaman için hayal kırıklığı getirdiğine, aynı zamanda değişik dekompresyon profillerini karşılaştıra imkanına sağlamayacağını fark ettiler. Birkaç denemeden sonra, çıkış hızını logaritma ölçeği-derinlik şeklinde belirlemenin ilgi çekici sonuçlar verdiğini buldular.

Bu, "Logaritmik Çizelge"de x-ekseni linear olup derinliği metre cinsinden göstermektedir. y-ekseni ise logaritmik olup m/dak cinsinden çıkış hızını gösteriyordu. Fakat, logaritmik fonksiyonun özelliğinden dolayı, durak artışları sabit olduğu için, çizelge durak zamanlarını doğrudan doğruya kullanarak yapılmıştı. İlk olarak, dekompresyon profillerini bu yolla belirlemek çok süratli ve kolaydır. Aynı zamanda, dekompresyonun ilk bölümünü genişletmekte ve çıkış hızı ile ilk durak derinliğini anında değerlendirme imkanı sağlamaktadır. Son olarak, çizelge, sürelerine aldırmaksızın aynı dip zamanları gibi farklı dekompresyon tabloları veya aynı tablo dahilindeki çeşitli dip zamanları gibi farklı dekompresyon profillerini aynı diyagramda karşılaştıra olanağı verir.



Çeşitli ayarlamalardan sonra, 180m/120 dak. dalışı için 48 saat dekompresyon gerektiren bir cetvel hazırlanmıştır. Bu cetvel, 47 kişinin dekompresyonu hiçbir sendrom belirtisi göstermeksizin atlatmasıyla olağanüstü başarılı olduğunu kanıtlamıştır (yayımlanmamış veriler). *Logaritmik Çizelge'nin* özelliği dekompresyonun daha derin bölümlerini genişletmesi ve geleneksel modellerin çıkışı kontrol edemediği bu bölümlerde çıkış hızını tanımlamayı olası kılmıştır. Bu metod ampirik olmasına rağmen, değişiklik gösteren ilk aşama çıkış hızının tanımlanması için kullanılan ilk çizelgedir. Satürasyon dalışı haricindeki böyle bir heliox dalışı için dekompresyon tasarımının zorluğu göz önünde bulundurularak, dalgıçların dalışı

sorunsuz bir şekilde atlatmalarının sebebi çıkış planlamasının etkin olmasında bulunabilir. Bu, günün birinde kompartmanlar çıkış hızının kontrolünü ele geçirmeden önce dekompresyon tablosunun ilk bölümünün hesaplanmasını sağlayacak bir mantığın göz önünde bulundurulmasını sağlayabilir.

SONUÇ

Dekompresyon tablolarının güvenliğini analiz etmek için üç değişik model kullanılmaktadır. Bu bilmeceyi daha karmaşık hale getirmek için başka faktörler de eklenebilir fakat bu üç model sonucunda ortaya çıkan birleşim dekompresyon güvenliği için gerekli olan en önemli noktaları kapsamaktadır:

- Tip I DH için *Kritik Hacim Modeli*
- Tip II DH için *Arteriyel Kabarcıklar Modeli*
- Dekompresyonun ilk bölümüyle ilgili II. Tip DH için *Mikrokabarcık Modeli*

Bu, ilk baştaki fikir olan dekompresyon semptomlarını ayırma ve hepsi için ayrı birer kurgu hazırlamanın gücünü ortaya koymaktadır. Yukarıdaki modelden çıkarılacak somuç şöyle özetlenebilir:

- Tip I DH'yı engellemek için modern dekompresyon tabloları kullanılmalıdır.
- Tip II DH'yı engellemek için özel dalış yöntemleri uygulanmalıdır.
- Birinci durağa kadar yavaş çıkış hızı uygulanmalı ve birinci durakları daha derin olan tablolar tercih edilmelidir.

KAYNAKLAR

- [1] Giles R. Decompression sickness from commercial offshore air-diving operations on the UK continental shelf during 1982 to 1988. Report from the UK Department of Energy. 1989.
- [2] Shields TG, Duff P, Wilcox SE. Decompression sickness from commercial offshore air-diving operations on the UK continental shelf during 1990. Report from the UK HSE. 1992
- [3] Imbert JP, Bontoux M. Safety analysis of French 1974 air decompression tables. Proceedings of the Undersea Medical Society Workshop on decompression in surface-based diving. Tokyo, September 12 th, 1986
- [4] Grandjean B. Enquête nationale sur les accidents de plongée autonome sportive. Bilan 1994. CTN Info No 23. Circulaire A- 1995. FFESSM. 24 quai de Rive neuve. 13007 Marseille. France.
- [5] Imbert JP. Decompression safety. Proceedings of the Subtec '93 Conference. Volume 31, 239-249. Aberdeen, Scotland, Nov. 1993.
- [6] Imbert JP. History of evolution and offshore performances of the Comex treatment tables. . Proceedings of the UHMS workshop on
- [7] Hennessy TR, Hempleman HV. An examination of the critical release gas volume concept in decompression sickness. Proc. R. Soc. B179, 299-313, 1977.
- [8] Mazurel G, Hee J, Giacomini L, Guillerm R. Ultrasonic detection of circulating bubbles in ewes exposed to simulated dives deeper than 800 m under isobaric conditions and with unchanged gas mixtures. Proceedings of the XIth Annual meeting of the EUBS. Goteborg, Sweden, August 1985.
- [9] Imbert JP, Montbarbon S. The Comex Diving Data Base. Proceedings of the EUBS Workshop on Operational dives and decompression data : collection and analysis. Amsterdam, August 17 th, 1990.
- [10] UK Department of Energy Diving Safety Memorandum No. 7/1986 - Exposure limits for offshore air diving. August 1986.
- [11] UK Department of Energy Diving Safety Memorandum No. 4/1989 - Exposure limits for in-water decompression. May 1989.
- [12] Imbert JP, Bontoux M. A method for introducing new decompression procedures. Proceedings of the Undersea Medical Society Workshop on validation of decompression schedules. Bethesda, Maryland, February 13-14 th, 1987.
- [13] Travaux en Milieu Hyperbare. Mesures particulières de prévention. ISBN 2-11-073322-5-ISSN 0767-4538. Journal Officiel, 26 Rue Desaix, 75727 Paris cedex 15. France.
- [14] Hills BA. Decompression sickness : a fundamental study of surface excursion diving and the selection of limb bends versus CNS symptoms. Aerospace Medicine, Vol 42, No 8, August 1971.
- [15] Brubakk AO, Grip A, Holand B, Ornaheim J, Tonjum S. Pulsed Doppler ultrasound for studying haemodynamic changes and bubbles during simulated diving. Proceedings of the VIth Annual Congress of the EUBS. Cambridge, 1981.
- [16] Mazurel G, Hee J, Giacomini L, Guillerm R. Ultrasonic detection of circulating bubbles in ewes exposed to simulated dives deeper than 800 m under isobaric conditions and with unchanged gas mixtures. Proceedings of the XIth Annual meeting of the EUBS. Goteborg, Sweden, August 1985.

- [17] James PB. The size distribution of gas emboli arising during decompression. A review of the concept of critical diameter of gas emboli. Proceedings of the XIIIth Annual Congress of the EUBS, Lubeck, Germany, October 5-8th, 1982.
- [18] James PB. Decompression sickness. In Clinical Neurology. Edited by Michael Swash and John Oxbury. Churchill Livingstone. Vol 1;565, 1991.
- [19] Adkinson GH, Macleod MA, Hodgson M et al. Cerebral perfusion deficit in disbaric illness. Lancet 2;119, 1989.
- [20] Moon RE, Camporesi EM, Kisso JA. Patent foramen ovale and decompression sickness in divers. Lancet 1; 513, 1989.
- [21] Wilmshurt PT, Byrne JC. Relation between interatrial shunts and decompression sickness in divers. Lancet, 1302-1306, 1989.
- [22] Hennessy TR. On the site of origin, evolution and effects of decompression microbubbles. Proceeding of the International Symposium on supersaturation and bubble formation in fluids and organisms. Trondheim, Norway, June 6-10th, 1989.
- [23] Imbert JP. Decompression tables versus decompression procedures: an analysis of decompression sickness using diving data bases. Proceedings of the XVIIth annual meeting of Diving and Hyperbaric Medicine, Heraklion, Crete, Greece, 20 September-3 October 1991.
- [24] Van Liew HD. Simulation of the dynamics of decompression sickness bubbles and the generation of new bubbles. Undersea Biomedical research, Vol. 18, No 4, 1991.
- [25] Mazurel G, Hee J, Giacomini L, Guillerm R. Ultrasonic detection of circulating bubbles in ewes exposed to simulated dives deeper than 800 m under isobaric conditions and with unchanged gas mixtures. Proceedings of the XIth Annual meeting of the EUBS. Goteborg, Sweden, August 1985.

İSTANBUL TIP FAKÜLTESİ, DENİZ ve SUALTI HEKİMLİĞİ ANABİLİM DALI'na BAŞVURAN DEKOMPRESYON HASTALARININ DEĞERLENDİRİLMESİ

Akın S. Toklu, Şamil Aktaş

İ. Ü., İstanbul Tıp Fakültesi, Deniz ve Sualtı Hekimliği A. D., Çapa, 34390 İstanbul

Özetçe- İstanbul Tıp Fakültesi, Deniz ve Sualtı Hekimliği Anabilim Dalı'nda tedavi edilen 37 Dekompresyon Hastası'nın arşiv kayıtları incelendi. Dalıcı ve Dekompresyon Hastalığı'na neden olan dalış hakkındaki bilgiler, şikayetlerin başlangıç zamanı ve şekli, yapılan ilk yardım, basınç odasına ulaşmadaki gecikme, rekompresyon tedavisi şekli ve sonuçları değerlendirildi. Basınç odasına ulaşımındaki gecikme, uygun ilkyardım yapılamaması, dekompresyon tablolarının çiğnenmesi olguların büyük bir bölümünde söz konusu idi.

I. GİRİŞ

Dalışlarda artmış çevre basıncının, solunan gazların çözünürlüğü üzerine etkisi sonucu gelişen Dekompresyon Hastalığı'ni (D.H.) önlemek için, zaman ve basınç ilişkisini içeren tablolar kullanılmaktadır. Çoğu D.H. olgusunda tabloyla uyumsuz bir dalış söz konusu iken, tabloya göre planlanan bir dalıştan sonra da hastalık görülebilmektedir (1). D.H. rekompresyon tedavisi gerektiren acil bir durumdur. Belirtilerin başlangıcı ile rekompresyon tedavisi arasında geçen süre, bu süre içinde uygulanan ilk yardım ve medikal tedavi rekompresyon tedavisine alınan cevabı etkilemektedir. Ortaya çıkan hafif belirtilerin daha ağır bir tabloya dönüşmeyeceğinin tahmini mümkün olmadığından, D.H. düşündüren her belirti acil rekompresyon imkanının sağlanmasını gerektirir. Hastanın nakli sırasında uygulanacak % 100 O₂, sıvı tedavisi, steroid ve asetil salisilik asit gibi yardımcı tedaviler hastalığın seyrini etkilemektedir.

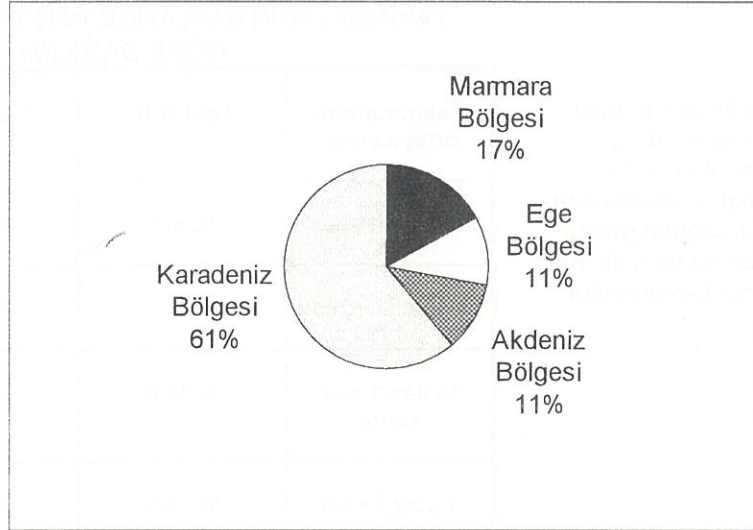
II. YÖNTEM

İstanbul Tıp Fakültesi, Deniz ve Sualtı Hekimliği Anabilim Dalı'na başvuran 37 Dekompresyon Hastası'nın kayıtları bu çalışmanın kaynaklarını oluşturmaktadır. Her olgu için doldurulan arşiv kartı; isim, meslek, yaş, cinsiyet v.b. gibi kişisel bilgilerin yanında, yakınmalar, dalış yeri ve zamanı, dalış profili ile hastalığın hikayesi, basınç odasına ulaşılan kadar uygulanan tedavi, muayene bulguları, yapılan tetkik ve tedaviler, uygulanan rekompresyon tedavisi ve sonuçları gibi bilgileri de içermektedir. Kayıtların değerlendirilmesi sonucunda, olguların geldikleri bölgeler, şikayetlerin şekli ve başlangıç zamanı, basınç odasına ulaşmadaki gecikme ve nakil esnasında yapılan tedavi, uygulanan rekompresyon tedavisi ve sonuçlar konusunda oranlar tesbit edildi.

III. BULGULAR

Her ne kadar son yıllarda ülkemizde bayan sportif SCUBA dalıcılarının sayısı artmakta ise de, olguların tümü erkek idi. Yaşları 16 ile 57 arasında değişen dalıcıların yaş ortalaması 31 idi. Olguların %86,5 i profesyonel dalıcı iken sportif SCUBA dalıcılarının oranı %13,5 idi. Profesyonelleri büyük oranda salyangozcular oluşturmaktadır.

Olgular değişik bölgelerden gelmekle birlikte çoğunluğu Marmara Bölgesi'nden gelenler oluşturmaktadır (Şekil 1)



Şekil 1. D.H. Olgularının Geldikleri Bölgelere Göre Dağılımı

Olguların %48,6 sı nörolojik tutulumun söz konusu olduğu Tip-II D.H., %51,4 olgu ise eklem tutulumunun söz konusu olduğu Tip-I D.H. dir.

0-deko limitlerinde yapılmış dalışlardan sonra meydana geldiği ifade edilen olguların oranı %13,5 iken, %84 olguda kaçırılmış deko söz konusudur. Bir olguda ise dalış sonrası uçuş D.H. na neden olmuştur. Tip-II D.H. olgularında ortaya çıkan şikayetler geniş bir yelpaze oluştururken (Tablo I), Tip-I olgularında ağrı yakınmaları dışında %10,5 olguda kaşıntı ve renk değişikliği şeklinde deri belirtileri ifade edilmiştir.

TABLO I
TİP-II D.H. OLGULARINDA MEYDANA GELEN
ŞİKAYETLERİN SIKLIĞI

Belirtilen şikayetler	Görülme oranı
Bel ve sırt ağrısı, uyuşma ve karıncalanma	% 33,3
Halsizlik, güç kaybı	% 27,8
Göğüste yanma, nefes darlığı	% 22,2
Ekstremiteler ve karın ağrısı	% 16,7
Bulantı, kusma	% 11,1
Baş ağrısı, baş dönmesi, bayılma	% 5,6

TABLO II
YAKINMALARIN BAŞLANGICININ ZAMAN DİLİMLERİNE
GÖRE DAĞILIMI

Olguların bir kısmında ilk yakınmalar henüz su içindeyken ortaya çıkmıştır. Ancak dalıştan 18 saat gibi geç bir dönemde bile çıkabildiği gözlenmektedir. Olguların büyük bir çoğunluğunda ise yakınmalar, dalıştan sonraki ilk 10 dakika içinde görülmeye başlanmıştır (Tablo II.).

Yakınmaların ortaya çıkışı	Tip-I D.H.	Tip-II D.H.	Toplam
Su içindeyken	% 5,3	% 11,1	% 8,1
ilk 10 dak. içinde	% 47,4	% 61,1	% 54,1
10 dak-1 saat sonra	% 31,6	% 16,7	% 24,3
1 saat-2 saat sonra	% 15,8	% 5,6	% 10,8
18 saat sonra		% 5,6	% 2,7

Çoğu olguda basınç odasına ulaşımında gecikmenin söz konusu olduğu görülmektedir. Gecikmede mesafe ve ulaşım imkanlarının etkili olmasının yanında, ihmalin de önemi büyüktür. Olguların çoğunluğunda basınç odasına ulaşım 12 saatten fazla zaman almıştır (Tablo III).

TABLO III
ZAMAN DİLİMLERİNE GÖRE BASINÇ ODASINA ULAŞMADAKİ GECİKME

Gecikme süresi	0-3 saat	3-6 saat	6-9 saat	9-12 saat	12-24 saat	24 saat-3 gün	3 gün-1 hafta	1 haftadan daha geç
Oran	% 5,4	% 10,8	%21,6	% 8,1	% 18,9	% 27,1	% 5,4	% 2,7

İlk yardım ve basınç odasına gelene kadar uygulanan tedavi konusundaki kayıtların incelenmesi sonucunda; olguların % 40,5 inde su içi rekompresyon uygulamasının söz konusu olduğu tespit edilmiştir. Bu arada olguların %35'inde herhangi bir medikal tedavinin söz konusu olmadığı, medikal tedavi uygulanan olguların sadece %8,1 inde satıhta O₂ solutma, aspirin, steroid ve sıvı tedavisinin beraber uygulandığı görülmüştür. Diğer olguların %18,9 unda O₂ solutma, %24,3 ünde aspirin alımı, %32,4 ünde steroid uygulanması ve %13,5 inde sıvı tedavisi yapıldığı saptanmıştır. Dalış sonrası uçuş nedeniyle meydana gelen D.H. olgusu haricindeki olgularda, basınç odasına nakil karayolu ile yapılmıştır.

TABLO IV
TIP-I D.H. OLGULARINDA UYGULANAN REKOMPRESYON
TEDAVİSİ TABLOLARI

Tip-I D.H. olgularında ilk tedavi tablosu oranları Tablo IV'de izlenmektedir. Bunlardan %26,3 ünde ilk tedaviye ek HBO (Hiperbarik Oksijen) tedavisi gerekmiştir. %5,3 olguda ise semptomlar geçmiş olduğundan basınç odası tedavisine gerek duyulmamıştır

Tip-I D.H.				
İlk tedavide uygulanan tablo	US Navy Tablo 5	USN-Tablo 5 Modifiye	USN-Tablo 6 Modifiye	HBO tedavi tablosu
Oran	% 10,5	% 15,7	%26,3	%42,1

TABLE V:
TIP-II D.H. OLGULARINDA UYGULANAN
REKOMPRESYON TEDAVİSİ TABLOLARI

Tip-II D.H.			
İlk tedavide uygulanan tablo	USN-Tablo 6	USN-Tablo 6 Modifiye	USN-Tablo 6A Modifiye
Oran	% 16,7	% 72,2	% 11,1

Tip-II D.H. olgularında büyük çoğunlukla ilk tedavi tablosu olarak Amerikan Donanması Tedavi Tablosu 6 değiştirilerek uygulanmıştır (Tablo V). Bu olgulardan % 89 una ilk tedaviden sonra ek HBO tedavisi veya USN-Tablo 5 uygulanması gerekmiştir.

Yapılan rekompresyon tedavisi ve ek medikal tedavi sonucunda olguların % 86,1 inde tam iyileşme sağlanmış, % 11,1 olgunun durumunda belirgin düzelme gözlenmiştir. Bir olgu ise geldiği gibi taburcu edilmiştir. Olguların % 32,4 ünde rehabilitasyon tedavisine gerek duyulmuştur.

IV. TARTIŞMA

Dekompresyon hastaları arasında, aslında sayıca daha fazla olan sportif SCUBA dalıcılarının oranının profesyonellere göre düşük olması, bu dalıcıların nispeten daha bilinçli olduğunu, profesyonel dalgıçların ise emniyetli dalış kurallarına daha fazla dikkat etmesi gerektiğini göstermektedir. D.H. nedenleri arasında kaçırılmış deko'nun büyük oranda etkili olması, dalış planlamasında dekompresyon tablolarının çiğnenmesinden kaynaklanmaktadır. Tablolara uyumsuz dalışlarda artan D.H. riski açıkça görülmektedir. 0-deko limitlerinde yapılmış dalışlardan sonra görülen olgular, sınırda yapılan dalışların da D.H. riski taşıyabildiğini göstermektedir.

Semptomların ortaya çıkışının en sık dalıştan sonraki ilk 10 dakikalık zaman dilimi içinde görülmesi ve klinik belirtilerin benzeşmesi, D.H. ile *Hava Embolisi*'nin ayırımında dalış profili ve dalış hikayesinin önemini vurgulamaktadır. Ayrıca dalıcılar arasında yaygın olan; "Dalıştan sonra ilk 10 dakika içinde ortaya çıkan belirtiler *Hava Embolisi*'nde görülür" kanısının yanlışlığını göstermektedir.

D.H. olgularının büyük bir bölümü *Marmara Bölgesi*'nden gelmesine rağmen çoğu olguda, semptomların başlangıcı ile basınç odasına ulaşana kadar geçen süre 12 saatten fazladır. Bir kaç saatte basınç odasına ulaşmak mümkün iken, bu gecikme acil rekompresyonu gerektiren D.H. da, ulaşım gereken önemin verilmediğini göstermektedir. *Bodrum* ve *İstanbul* bölgeleri dışından gelen olgulardaki gecikmeler de bu bölgelerde basınç odalarına duyulan ihtiyacı göstermektedir. Basınç odasına ulaşım esnasında, uygun medikal tedavisi başlanmış hastaların oranı da oldukça düşüktür. Gecikmiş olgularda ve uygun medikal tedavi başlanmamış hastalarda tedavi süresinin uzaması, rehabilitasyona ihtiyaç duyulması ilkyardım ve transport konusunun önemini ortaya koymaktadır. Ayrıca su içi rekompresyon uygulanan olgularda klinik tablonun kötüleşmesi, basınç odasında uygulanan rekompresyon tedavisine alınan yanıtın azalması, uygulamanın sakıncalı olduğunu göstermektedir. Dalış bölgelerindeki sağlık kuruluşlarında görevli tıbbi personelin D.H.'nin medikal tedavisi konusunda bilgilendirilmesi, transportun uygun biçimde gerçekleştirilmesine katkıda bulunacaktır. Bu amaçla kliniğimizce dalış bölgelerindeki sağlık birimleriyle irtibata geçilmiştir. Ayrıca *Deniz ve Sualtı Hekimliği Kliniği*'ndeki (212) 531 35 44 nolu telefonla 24 saat doktora ulaşıp danışmanlık hizmeti alınabilmektedir.

Hasta nakli için hava yolunun hiç tercih edilmemesinde, ekonomik nedenlerin yanında bilinç eksikliğinin de payı görülmektedir. Karayolu ulaşımı gecikmelerin bir başka nedenidir.

KAYNAKLAR

[1] Berghage, TE & Durman, D. U.S. Navy air recompression schedule risk analysis. Nav.Med. Res. Ins., Bethesda, Md January: 1-22, 1980

[2] İstanbul Üniversitesi, İstanbul Tıp Fakültesi, Deniz ve Sualtı Hekimliği A.D. arşivi.

DALGIÇLAR İÇİN ÖZEL BİR SPLİNT ŞEKLİ

Pınar Köktürk¹, H. BülentTüfekçioğlu², Tayfun Bilgin¹

¹ İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi, Çapa, İstanbul

² 2. Orta Sok. No:46/3 Erenköy, İstanbul

Özetçe - Dalgıçlarda özellikle dalış sonrasında görülen çiğneme kaslarında yorgunluk, *temporomandibüler* ekleme ağrı ve *bruksizmlî* hastalardakine benzer semptomlar, *temporomandibüler* rahatsızlık semptomlarıdır. Stress, dalış süresi ve suyun soğukluğunun semptomlarda etkili olduğu söylenmektedir. Özellikle, kullanılan şnorkel ya da regülatörün ağız içi parçasının şekli nedeniyle kullanım sırasında *posterior* dişler bölgesinde *disklüzyon* oluşur. Bunun sonucunda *temporomandibüler* eklem ve çiğneme kaslarına düzensiz bir yük biner. Kasta ağrıya varabilen yorgunluğun yanısıra eklem içi basınçta artmaya neden olur. Tasarlanan splint şekliyle kaslara ve ekleme gelen basınçların eşitlenmesi, ısırma kuvvetinin diş arkına eşit dağıtılması düşünüldü. *Disklüzyonun* ortadan kaldırılması ile bu sağlanmaya çalışıldı. Bu şekilde kısa sürede olduğu kadar uzun sürede oluşabilecek diğer olumsuzlukların önlenmesi de amaçlandı. Kişiye özel dalış sırasında kullanılmak üzere hazırlanan splint bir hastada uygulandı.

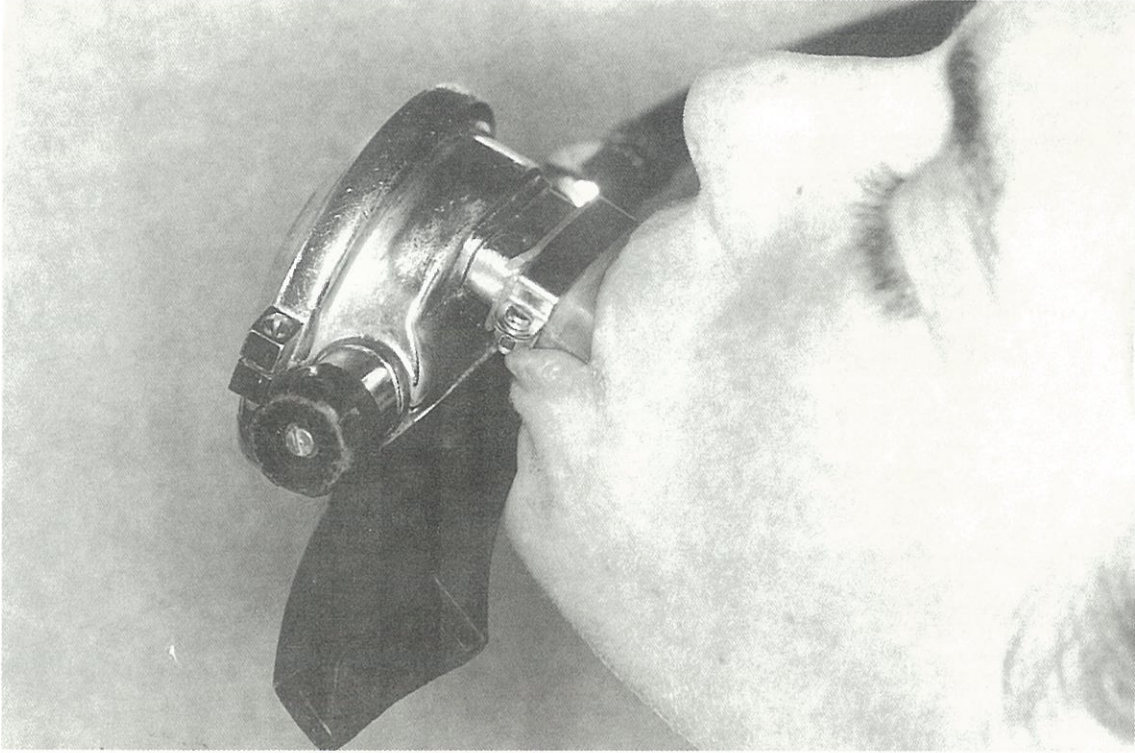
I. GİRİŞ

Aletli dalış yapan dalgıç su altında kendisine gereken havayı tüp aracılığıyla sağlar. Tüpteki hava birinci kademedan çıktıktan sonra dalgıcın ağızında tuttuğu parça olan ikinci kademeye bir hortumla ulaşır. Dalgıç regülatörün ağız parçasını tutabilmek için kanin ve küçükazı dişleri ile sağ ve sol, iki tarafa uzanan lastik parçayı ısırarak kuvvet uygulamak zorundadır. Ağız parçasının bukkal kısmı da yanak vestibülünü doldurur ve dalgıç dudaklarını kapatarak ayrıca bir kuvvet uygular. Benzer şekildeki bir ağız parçası tüpsüz dalış yapanlar yani şnorkel kullananlar için de geçerlidir (Resim 1, 2).

Dalgıçlar dalış sonrasında çiğneme kaslarının yorgunluğundan ve *bruksizme* benzer semptomlardan şikayetçidirler. Bu tür bir yorgunluk aynı zamanda ağrıya da neden olabilir [1]. Görülen semptomlar dalgıcın deneyimine ve su altında kaldığı süreye, eğer tüpsüz dalyorsa şnorkeli kullandığı süreye göre değişir. Ayrıca dalınan suyun soğuk olması da bir başka olumsuz faktördür [2]. Dalgıcın herhangi bir nedenden dolayı stresli olması ise her türlü etkenin olumsuzluğunun artmasına neden olur. Kas geriliminin artması ile alt çene *kondillerinde translyasyon* görülebilir [3].



Resim-1. Şnorkelin kullanım sırasında ağızdaki durumu.



Resim-2. Regülatörün kullanım sırasında ağızdaki durumu.

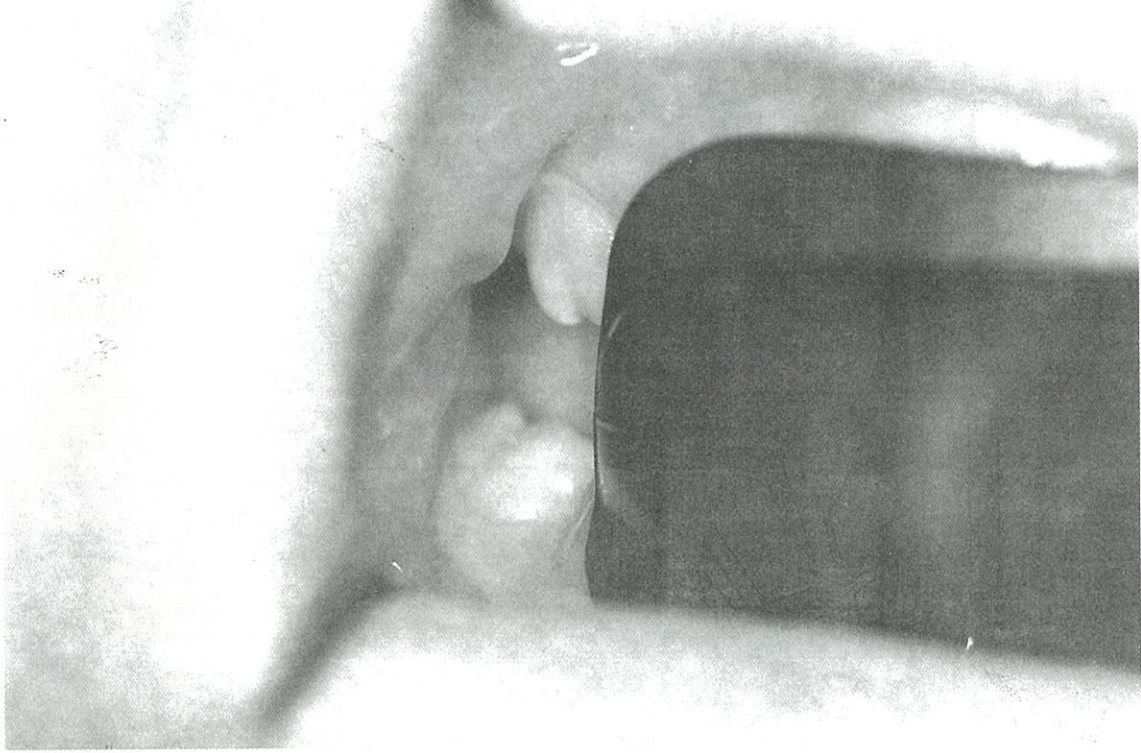
Dalgıcın ağız parçasını ısırarak tutması esnasında alınan hava miktarını arttırmak, solunumu rahatlatmak ve havayolunu açık tutmak için altçene anteriorda konurlanır. Aynı zamanda çenelerarası mesafe ağız parçasının ısırılan bölümünün kalınlığı kadar da yükselmiş olur. Bu durumda ise posterior bölgede bir açıklık (*disklüzyon*) oluşur. Bunun sonucunda da *TME* (*Temporomandibuler eklem*) ve çiğneme kaslarına düzensiz bir yük biner, eklem içi basıncında artma görülür [2]. Bu şekildeki yüklenme dalış süresince devam eder. Şnorkel ile dalışta ya da profesyonel olarak sualtında çalışanlarda bu süre saatler ile ölçülebilir.

Bu nedenlerden dolayı dalgıçlarda kas ve eklem sorunlarıyla karşılaşmak hiç de şaşırtıcı olmayacaktır.

II. YÖNTEM

Vaka Tanımı: 21 yaşında, öğrenci, bayan hasta çiğneme kaslarında çabuk yorulma ve güçsüzlük şikayetleri ile birlikte sol eklem bölgesinde hafif bir şişlik nedeniyle *İstanbul Üniversitesi Diş Hekimliği Fakültesi TME Ünitesi*'ne başvurdu. Klinik muayene sonucunda *temporal* kas ve *masseter* kasının derin liflerinde şakağa yansıyan ağrılara neden olan tetik noktaları ve *lateral pterigoid* kasta aşırı hassasiyet saptandı. Sol eklem kapsülü ise palpasyona karşı hassastı. Dişlerin sıkılması ve çenenin diğer fonksiyonel hareketleri sırasında ağrıda artma vardı. Hastanın sol eklemine daha belirgin olmak üzere her iki eklemine de *subluksasyon* gözlemlendi. Hasta bu semptomlarla *TMR* (*temporomandibuler rahatsızlık*) tanısıyla tedavi programına alındı.

Etiolojiye yönelik daha ayrıntılı anamnez alındığında amatör dalgıçlıkla uğraştığı, semptomların görülmesinden 3 gün önce uzun süreli bir dalış yaptığı ortaya çıktı. Kullandığı regülatörün ağız parçasını dişleri arasında tuttuğu sırada azı dişleri arasında 3 mm'ye varan *disklüzyon* olduğu görüldü (Resim 3).

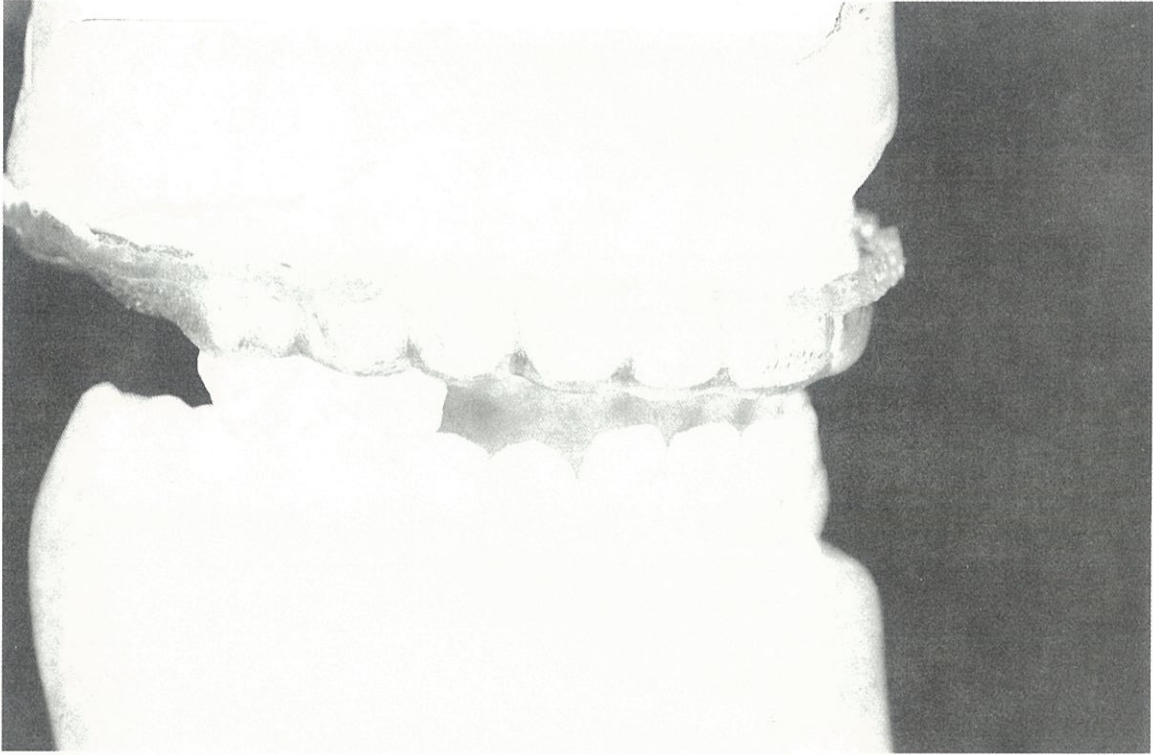


Resim-3. Regülatör ağızda iken oluşan disklüzyon.

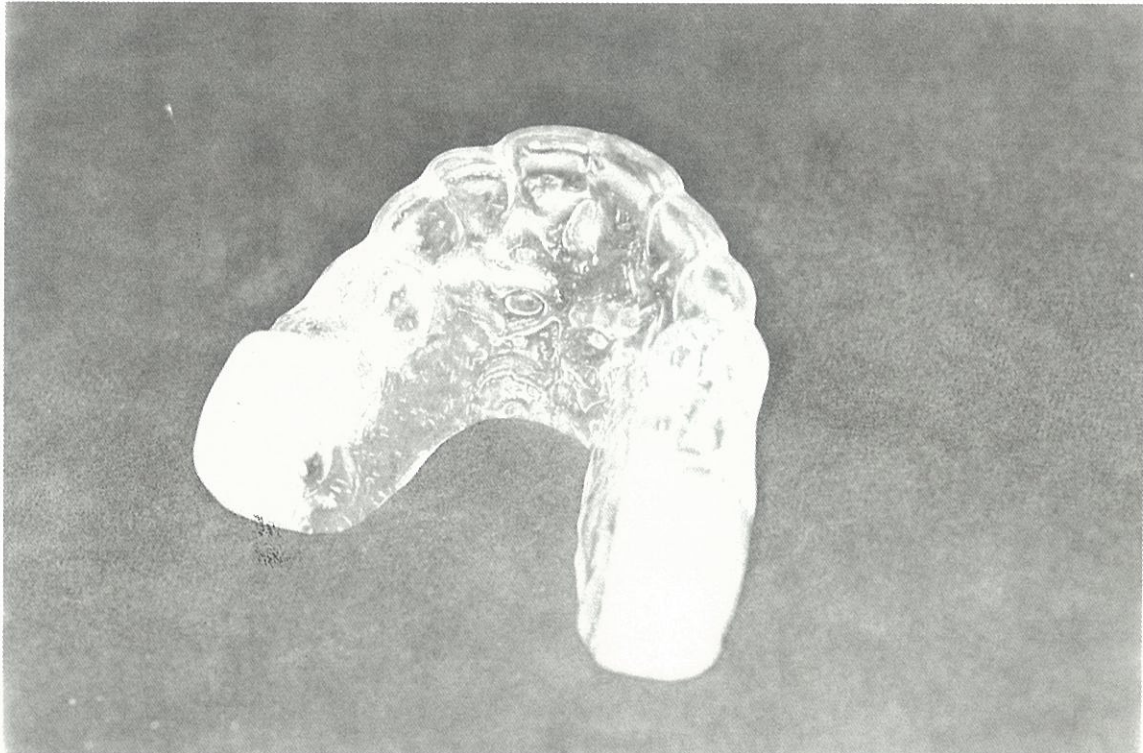
Amaç: Hastanın dalış sırasında kendi regülatörünün ağız parçası ile birlikte kullanabileceği posterior bölgedeki disklüzyonu ortadan kaldıran bir splint yapımı düşünüldü. Bununla kaslara, ekleme ve dişlere gelen basınçların eşitlenmesi, ısırma kuvvetinin diş arkına olabildiğince eşit dağıtılması, disklüzyonun ortadan kaldırılarak ağız parçasının yumuşak materyalden yapılmasından dolayı doğabilecek sakıncaların *posterior stop* oluşturarak azaltılması amaçlandı.

Splint Yapımı:

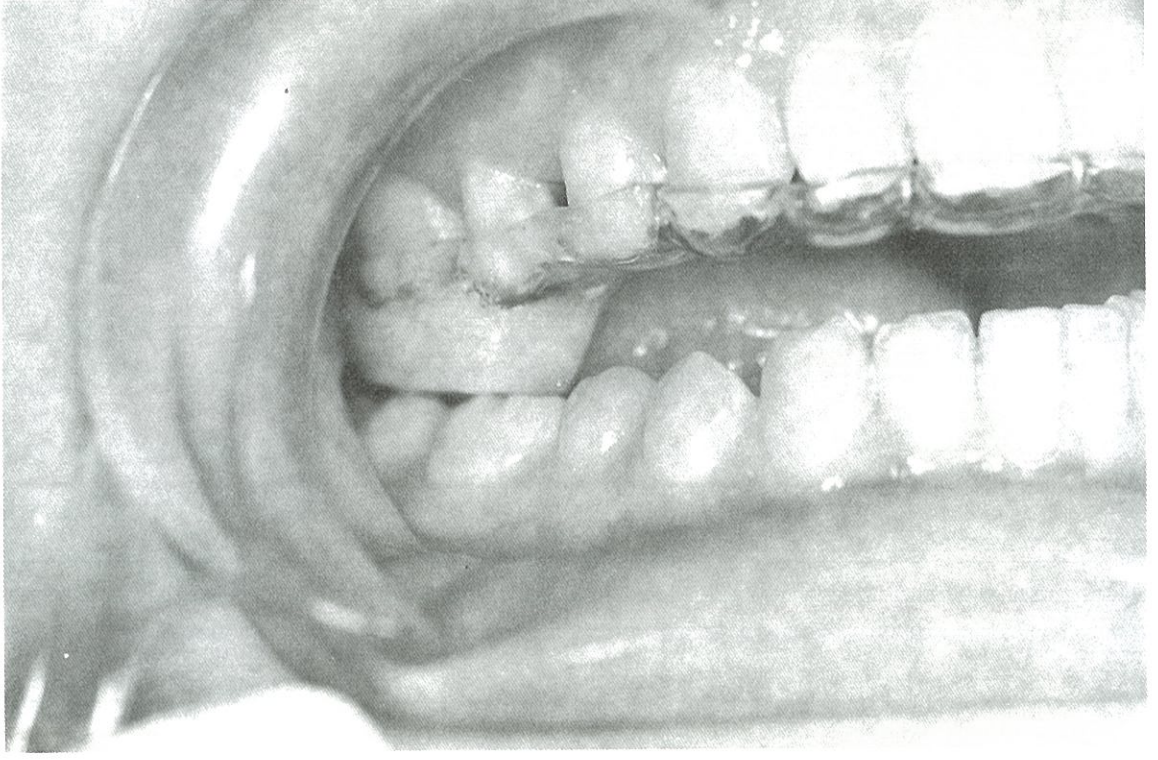
- Hastanın alt ve üst çenesinden geri dönüşemeyen *hidrokolloid* ölçü maddesi ile ölçü alındı.
- Üst çene modeli *split-cast* şeklinde olmak üzere alçı modeller hazırlandı.
- Basit yüz arkı kaydı ile üst model artikülatöre nakledildi.
- Regülatörün ağız parçası dişler arasında tutulurken *Niswonger*'a göre dikey boyut artışı miktarı ölçüldü.
- Ağız parçası dişler arasında iken posterior bölgede oluşan *disklüzyon* kapanacak şekilde kayıtlar alındı ve bu dikey boyutta alt model artikülatöre nakledildi. Kayıtların alınması sırasında hastadan regülatörün ağız parçasını sadece ağızda tutmasına yetecek kadar ve aşırı kuvvet uygulanmaktan kaçınarak ısırması istendi. *Split-cast*'in primer parçası laboratuvarında şeffaf plak ile (*Biocryl, 2 mm, Germany*) vakum apareyinde (*Biostar, NewYork, USA*) *flat-plane* (düz yüzeyli) şeklinde bir splint olarak hazırlandı.
- Fazlalıklar kesilip primer parça tekrar artikülatöre yerleştirildi ve sekonder parça ile birbirine sabitlendi. Splintten dolayı oluşabilecek artışı kompanse etmek üzere artikülatörde 1 mm'lik bir yükselme sağlandı.
- Splint ile alt model arasındaki aralık şeffaf soğuk akrilik (*Rodex, UK*) ile azılar bölgesinde dolduruldu. Alt dişler ile splint arasında tek nokta teması sağlandı (Resim 4).
- Elde edilen splint'in tesviye ve cilası yapılarak ağızda gerekli düzenlemeler gerçekleştirildi (Resim 5, 6, 7)



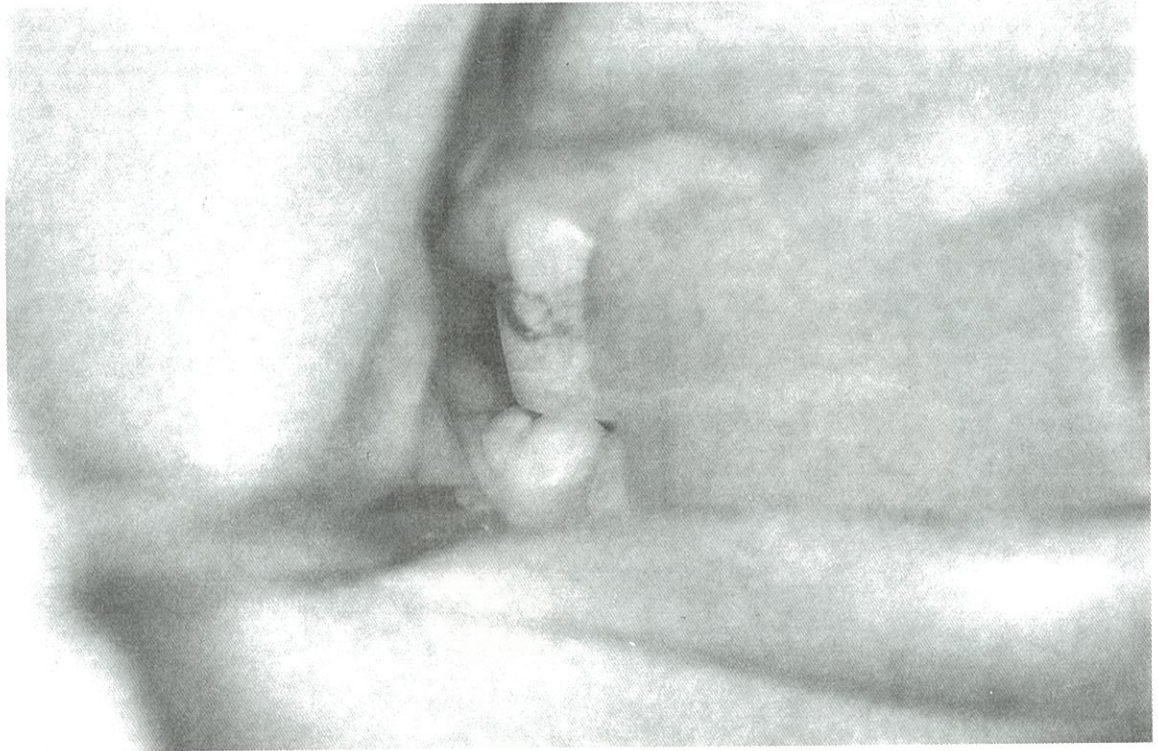
Resim-4. Splint artikülatörde iken azılar bölgesinde disklüzyonun giderilmiş hali.



Resim-5. Tesviye ve cilası yapılmış olarak splintin bitmiş hali.



Resim-6. Splintin son şeklinin ağızdaki görünümü.



Resim-7. Hasta ağızında kullanım sırasındaki durumu.

III. TARTIŞMA VE SONUÇ

Böyle bir vakada disfonksiyonun iki ayrı nedeni olabilir. Bir tanesi ağız parçası ağızda tutulurken oluşan, stabil olmayan bir oklüzyon [2], diğeri ise su altında iken yeterli bir hava açıklığı sağlamak için yumuşak lastikten olan ağız parçasının sıkı sıkıya ısırılmasıdır [4].

Ağız parçasını kuvvetlice ve etkili bir biçimde tutabilmek için altçene önde konumlanır. Bu bile başlıbaşına bir nedeni sayılabilir [3]. Çünkü kalem, pipo gibi cisimleri ağızlarında tutabilmek için altçenesini aşırı biçimde öne doğru getiren, fonksiyonel olmayan böyle bir hareket yapan kişilerde bu tür semptomlar görülebilir [3]. Ancak nasıl ki pek çok hastanın oklüzal anomalileri olduğu halde hiç bir semptoma rastlanmıyorsa pek çok dalgıç da *TMR* olmadan şnorkel veya regülatör ağızlığı kullanmaktadır.

Oklüzal ilişkileri etkileyen pek çok etiyolojik faktör gibi hastanın geçici veya kalıcı değişimlere neden olan uyum yeteneği de önemli bir etkidir.

Bu vaka etiyolojik faktörlerin varlığında, *TMR*'nin gelişebileceği genç bir yaştadır [5]. Bu tür durumlarda ayrıca hastanın psikik durumu, stresli olup olmaması da şüphesiz ki önemli bir rol oynayacaktır.

Hastamız uyguladığımız splint sonrasında farklı zamanlarda ancak iki dalış gerçekleştirebilmiştir. Yine de daha önceki dalışlarıyla karşılaştırıldığında belirgin bir rahatlama hissettiğini, çiğneme kaslarında eskisi kadar yorgunluk ve ağrı hissini duymadığını belirtmiştir. Ancak şu anki uygulama zaman gözönüne alındığında sadece semptomatik bir tedavi olarak kabul edilebilir.

Eklem ve kas rahatsızlığı olan bir dalgıç için yapılacak bu tür bir splint uygulaması ile sadece kısa sürede ortaya çıkan semptomların giderilmesi değil, aynı zamanda uzun vadede oluşabilecek diğer olumsuzlukların önlenmesi de düşünülebilir.

Sualtı sporlarıyla uğraşan insanların sayısı ülkemizde de özellikle gençler arasında artmaya başlamaktadır. Bu nedenle *TMR*'i olan genç insanların anamnezleri alınırken böyle bir uğraşlarının olup olmadığı sorusu da kendilerine yöneltilmeli ve bu olasılık da düşünülmalıdır.

KAYNAKLAR

- [1] de Julien LF. Scuba Diving Can Be a Pain, J. Oral. Surg., No. 35: Sayfa 619, 1977.
- [2] Ingervall B, Warfvinge J. Activity of Orofacial Musculature During Use of Mouthpieces for Diving, J. Oral Rehabil., No. 5: Sayfa 269-77, 1978.
- [3] Taddey JJ. Scuba Diving and TMD. J. Craniomand Prac., No. 11: Sayfa 73-4, 1993.
- [4] Okeson JP. The Effects of Hard and Soft Splints on Nocturnal Bruxism. J. Am. Dent. Assoc., No. 114: Sayfa 788, 1987.
- [5] Storer R, Bowman AJ. An Unusual Factor in Disharmony of the Masticatory System. Bri. Dent. J., No. 21: Sayfa 80-81, 1969.

¹⁴C, TRİTYUM VE CFC'LERİN ANTROPOJENİK GİRDİLERİNİN OŞİNOGRAFİDE KULLANIMI

Murat Aydın

Rosenstiel School of Marine and Atmospheric Sciences, University of Miami, Virginia Key, FL 33149, USA

GİRİŞ

Oşinografi, temel bilimlerin okyanusları anlamaya yönelik bir uygulama alanı olarak tanımlanır. Bu kapsamda denizlerdeki fiziksel, kimyasal, biyolojik ve jeolojik olayların tümü oşinografların ilgi alanı içindedir. Fiziksel oşinografi ise en basit tanımıyla bu dalın denizlerdeki yatay ve düşey su hareketlerinin incelenmesiyle ilgili olan bölümüdür. Günümüzde, üç boyutta gerçekleşen bu hareketlerin yön, debi, zaman içinde değişim gibi özelliklerini oldukça gelişmiş doğrudan yöntemlerle (akıntı ölçerler vb.) belirlemek mümkündür. Ancak, dünyada denizlerin kapladığı toplam hacim dikkate alınırca, sadece doğrudan ölçümler ile bir yere varılmasının imkansızlığı hemen ortaya çıkar. Kullanılabilecek bir diğer yöntem, suyun hareketini değil, suyla beraber hareket eden kimyasal ve/veya fiziksel özellikleri ölçmektir. Bu anlamda, belli bir su kütlelerine ait olup, ölçülebilen madde ve/veya özelliklerin tümüne *tracer* adı verilir. Oşinografide en yaygın olarak kullanılan *tracerlar* sıcaklık ve tuzluluktur. Denizler, tuzluluğa katkıda bulunan maddeler açısından kararlı haldedir, yani zaman içerisinde toplam tuz miktarında bir değişim olmamaktadır. Son yıllarda sıkça tartışılan *antropojenik* gazların sera etkilerine dayalı küresel ısınma teorilerini dikkate almazsak, gezegenimizin ve denizlerin uzun yıllardır ısı bakımından da kararlı halde olduğunu da kabul edebiliriz. Zaman içinde miktarı değişmeyen bu gibi *tracerlar* ile su hareketleri üzerine zamansal herhangi bir bilgi edinebilmek ve oluşum mekanizmalarını tam olarak anlayabilmek mümkün olamamaktadır. İşte geçici (*transient*) *tracers* olarak adlandırılan ve zaman içinde miktarlarında yada niteliklerinde değişim olan *tracerlar* burada devreye girerler. Bu yazıda, oşinografide en yaygın olarak kullanılan geçici *tracerlardan* üç tanesini, Radyoaktif karbon(¹⁴C), Trityum(³H) ve Kloroflorokarbon(CFC)'leri ayrıntılı olarak incelemeye çalışacağız.

RADYOAKTİF KARBON(C¹⁴)

Bir elementin radyoaktif izotopunun kimyası elementin kendisine çok benzerdir. Dolayısıyla, radyoaktif bir karbon izotopu olan ¹⁴C, doğada normal bir karbon atomu(C) gibi davranır. ¹⁴C kozmik ışınlar tarafından atmosferde sürekli olarak üretilmektedir. Özellikle atmosferin üst tabakalarında uzaydan gelen kozmik ışınlar karşılaştıkları atomların bir kısmını çekirdeklerinden nötron parçacıkları kopararak parçalarlar. Bu nötronların birçoğu atmosferin %79'unu oluşturan azot (¹⁴N) atomlarıyla çarpışır. ¹⁴N çekirdeğine giren bir nötron, bir protonu çekirdek dışına iterek onun yerine yerleşebilir. Azot ve karbon çekirdekleri 7 ve 6 proton taşırlar. Dolayısıyla azot çekirdeğinden bir proton çıkarıp, yerine bir nötron eklemek çekirdekteki toplam parçacık sayısını sabit tutarken, azot atomunu bir karbon izotopuna dönüştürür. Oluşan ¹⁴C çekirdeğindeki 8 nötron ve 6 proton dengeli bir yapı olmadığından ¹⁴C çekirdeği tekrar ¹⁴N yapısına dönmek ister. Bunu yapmak için ¹⁴C çekirdeğinin bir elektron ışması geçirmesi gerekir. Bu sayede çekirdekteki bir nötron protona dönüşür ve ¹⁴C çekirdeği tekrar dengeli ¹⁴N yapısına kavuşmuş olur.

Atmosferde sürekli olarak üretilen ¹⁴C bir yandan da kendi radyoaktif yarı ömrüne (5700yıl) bağlı olarak yok olmaktadır. Bir ¹⁴C atomunun ¹⁴N'e dönüşmesi için ortalama olarak 8200 yıla ihtiyacı vardır. Bu sürede ¹⁴C atomları atmosfer ve denizlerdeki diğer karbon atomlarıyla neredeyse tam olarak karışma imkanı bulurlar. Karışım tam olmadığından oluşum bölgesine yakın yerlerdeki ¹⁴C/C oranı uzak noktalardaki ¹⁴C/C oranından daha yüksektir. ¹⁴C, denizlere atmosferden sağlandığından, denizlerde ölçülen ¹⁴C/C oranı atmosferdekinden daha düşüktür. Atmosferle temas halindeki yüzey suları, düşey olarak hareket edip atmosfer ile bağlantıları kesildiğinde bu oran zaman içinde ¹⁴C'un radyoaktif ayrışması dolayısıyla azalmaya başlar. Sonuç olarak yüzey suları ve derin suların ¹⁴C/C oranlarını ölçüp, karşılaştırmak, denizlerde üst ve alt tabakalar arasında ki bağlantıyı ve alt tabakalardaki yayılımı araştırmak için oşinograflar tarafından yaygın olarak kullanılan bir yöntem haline gelmiştir.

Doğadaki ¹⁴C miktarı binlerce yıl süresince birbirine zıt yönde çalışan kozmojenik oluşum ve radyoaktif yok olma sonucunda dengeye ulaşmış ve sabit kalmıştır. Ancak özellikle 1950 ve 60'lı yıllarda atmosfere açık olarak yapılan nükleer silah denemeleri sonucunda çok yüksek miktarlarda ¹⁴C oluşmuştur. Atmosferdeki gözlenen bu sıçramanın denizlerde yayılışını takip etmek oşinograflara yeni araştırma alanları açmıştır.

$^{14}\text{C}/\text{C}$ oranının oşinografide ne derece yararlı bir *tracer* olabileceği *Broecker*'in modelleme çalışmasıyla gösterilebilir [1]. Bu amaçla, okyanusu yüzey ve derin olmak üzere iki kutudan oluşuyor olarak kabul edebiliriz. Bu iki kutu arasında şu üç maddenin kütlece korunduğunu varsayalım: su, C ve ^{14}C . Ayrıca bu hesaplamanın yapıldığı zamanda yüzey ve derin suların haciminin ve içerdikleri karbonun sabit olduğunu varsayalım. Amacımız ^{14}C 'un sağladığı radyoaktif saati kullanarak iki kutu arasındaki karışım hızını ($R_{\text{karışma}}$) hesaplayabilmek.

Kullanacağımız üç maddenin kütle korunumu denklemleri aşağıda verilmiştir.

Su için, suyun yukarı veya aşağı gidişi karışım hızı olarak tanımlanır:

$$(1) R_{\text{yukarı}} = R_{\text{aşağı}} = R_{\text{karışma}}$$

Toplam karbon(C) için:

$$(2) R_{\text{karışma}} \cdot C_{\text{derin}} = R_{\text{karışma}} \cdot C_{\text{yüzey}} + B$$

C_{derin} ve $C_{\text{yüzey}}$ okyanusu bölüğümüz iki kutunun içerdiği karbon miktarını, B ise yüzey sularındaki organik maddelerin yokedilip çökmesi sonucunda derin sulara eklenen karbonu temsil ediyor.

Radyoaktif karbon için:

$$(3) R_{\text{karışma}} \cdot C_{\text{yüzey}} \cdot (^{14}\text{C}/\text{C})_{\text{yüzey}} + B \cdot (^{14}\text{C}/\text{C})_{\text{yüzey}} = R_{\text{karışma}} \cdot C_{\text{derin}} \cdot (^{14}\text{C}/\text{C})_{\text{derin}} + V_{\text{derin}} \cdot C_{\text{derin}} \cdot (^{14}\text{C}/\text{C})_{\text{derin}} \cdot \lambda$$

λ , ^{14}C 'un her sene radyoaktif olarak yok olan kısmını, V ise derin kutumuzun hacmini temsil ediyor.

1 numaralı denklemdeki bilgi, 2'yi yazarken kullanıldığından yapılacak tek şey 2 ve 3 numaralı denklemleri birleştirerek $R_{\text{karışma}}$ 'yı hesaplamak. Bu amaçla 2 ve 3'üncü denklemleri birleştirip, aşağıdaki gibi yazabiliriz:

$$(4) R_{\text{karışma}} = (\lambda \cdot h \cdot A) / [(^{14}\text{C}/\text{C})_{\text{yüzey}} / (^{14}\text{C}/\text{C})_{\text{derin}} - 1] \quad (V = A \cdot h)$$

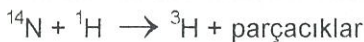
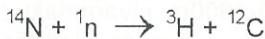
Dünya denizlerinde büyük çaplı dolaşım göz önüne alındığında, *Kuzey Atlantik* yüzey sularının en önemli derin su kaynağı, *Kuzey Pasifik*'inde bu derin suların son durağı olduğu kabul edilir [2]. *Kuzey Pasifik*'in derinliklerinde ölçülen $^{14}\text{C}/\text{C}$ oranı *Kuzey Atlantik*'in yüzey sularından yaklaşık olarak %19 daha düşüktür [2]. 4. denkleme bu değer, λ için 1/8200 ve ortalama derinlik olarak 3200m konulursa, $R_{\text{karışma}}$ hesaplanır:

$$R_{\text{karışma}} = 200_{\text{cm/yıl}} \cdot A$$

Hesaplamayı yaparken ortalama derinlik olarak 3200m kullandığımızdan, yüzeyden ayrılıp derin denizlere inen suların ortalama kalış zamanını 1600 yıl olarak hesaplamış oluruz. Bir başka deyişle, ölçümlerden elde edilen ^{14}C verilerine göre, *Kuzey Atlantik*'in yüzeyinden derinlere inerek dünya denizlerindeki yolculuğuna başlayan bir su molekülünün, yolculuğun son durağı olan *Kuzey Pasifik*'e varması ortalama olarak 1600 yıl almaktadır.

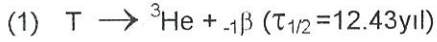
TRİTYUM(^3H)

^3H denizlere atmosfer aracılığıyla sunulan radyoaktif bir hidrojen izotopudur. Atmosferdeki varlığı ^{14}C gibi kozmojenik ve antropojenik kaynaklıdır. Kozmojenik oluşum çok düşük miktarda olduğundan, oşinograflara yararlı olan 50 ve 60'li yıllarda yapılan termonükleer bomba denemeleri sonucunda atmosfere saçılan antropojenik kaynaklı trityum'dur. Aşağıda tritium oluşumunu gösteren birkaç örnek reaksiyon verilmiştir[3].



Trityumun bir β ışınması yaparak ^3He 'e dönüşümü aşağıdaki 1no'lu eşitlik ile gösterilmiştir. Trityumun doğru ifade biçimi ^3H olmasına rağmen, oşinografide, kendi radyoaktif ürünü olan ^3He ile karıştırılmaması

için genellikle T harfiyle ifade edilir. Aynı sebeple, bu yazının devamında da trityum için T harfi kullanılacaktır.



Herhangi bir hidrojen atomu gibi trityum da atmosferde çok kısa bir sürede oksijenle birleşip olup su molekülünün bir parçası haline gelir (HTO). Dolayısıyla atmosferde oluşan trityum'un önemli bir kısmı geniş çaplı bir yayılıma fırsat bulup, homojenize olamadan yağmur halinde akarsulara ve yeraltı sularına karışır. Denizlere transferi yine yağmurlar, akarsular, yeraltı suları ve deniz-atmosfer arası buhar alış verişi yollarıyla gerçekleşir. Nükleer denemelerin büyük çoğunluğu kuzey yarımkürede gerçekleştiğinden, özellikle bu denemeleri takip eden birkaç onyılıda kuzey yarımküre denizleri güneye oranla çok daha yüksek trityum konsantrasyonları göstermiştir. Trityum ölçümlerinde birim olarak TU (*tritium unit*=trityum birimi) kullanılır. TU, ölçümü yapılan örnekteki trityum atomlarının hidrojen atomlarına oranının ifadesidir, $1\text{TU}=(\text{T}/\text{H})\cdot 10^{18}$.

Oşinografide trityumun çok önemli bir *tracer* olmasının sebebi bir hidrojen atomu olarak su molekülünün parçası olmasıdır. Bu sayede, radyoaktif olması dolayısıyla tesbiti kolay olan trityumu takip ederek gerçek anlamda suyun hareketini takip etmek mümkün olur. Trityum, radyoaktif ayrışma sonucunda ortaya çıkan ${}^3\text{He}$ ile birlikte ölçüldüğünde çok daha ilginç kullanım alanları ortaya çıkar. ${}^3\text{He}$ difüzyon hızı oldukça yüksek bir gaz olarak, atmosfer ile doğrudan temas halindeki yüzey sularında su sıcaklığına ve atmosfer konsantrasyonuna bağlı olan çözünürlük değerinde yada bu değere yakın bir konsantrasyonda bulunur. Yüzeyde bulunan bir su kütlesi düşey harekete başlar ve atmosfer ile ilişkisi kesilirse, bu kütlede trityum kaynaklı ${}^3\text{He}$ birikimi başlar. İşte bu ${}^3\text{He}$ birikimini ve kaynağı olan trityum'u birlikte ölçtüğümüzde su kütlesinin ne kadar süre önce atmosfer ile ilişkisinin kesildiğini tahmin etmemiz mümkün olur. Oşinografide, bu yöntem kullanılarak tahmin edilen zamana *trityum-helyum yaşı* (*T-He*) adı verilir. Şimdi, trityum-helyum yaşını matematiksel olarak ifade edelim:

Su kütlesinin deniz yüzeyindeki trityum konsantrasyonu(T_0), ölçüm yapıldığı andaki trityum konsantrasyonu(T_t) ile ${}^3\text{He}$ konsantrasyonunun toplamına eşittir:

$$(2) T_0 = T_t + {}^3\text{He}$$

1no'lu kimyasal eşitlik dolayısıyla trityum konsantrasyonunda gözlenen sürekli azalış aşağıdaki denklem ile ifade edilir:

$$(3) T_t = T_0 \cdot e^{-\lambda t} \quad \lambda \text{ (radyoaktif ayrışma katsayısı)} = 1.77 \cdot 10^{-9} \text{s}^{-1}$$

2. denklemi 3.'ye yerleştirdiğimizde t, yani T-He yaşını, T ve ${}^3\text{He}$ cinsinden yazmamız mümkün olur.

$$(4) t = 1/\lambda \cdot \ln(1 + {}^3\text{He}/T)$$

Denizlerde sığ ve derin sular arasındaki alış verişi modern fiziksel oşinografide üzerinde en çok düşünülen ve araştırılan konulardan biri olmuştur. 4no'lu denklem ile gösterildiği üzere teorik olarak denizlerde herhangi bir derinlikteki su kütlesinin yaşını hesaplamamız mümkündür. Bu yaş sadece düşey hareketleri değil, yatay akıntılarının incelemek için de son derece kullanışlıdır. Örneğin bir akıntının yönü biliniyor ise, akış yolu üzerinde birkaç noktadan alınacak örneklerin T ve ${}^3\text{He}$ verileri 4no'lu denkleme yerleştirilirse, akıntı hızını hesaplamak mümkündür. Günümüzde oşinografide kullanılan birçok matematiksel dolaşım modeli 4no'lu denklem yada benzeri bir radyoaktif saat içerir. Modelin ürettiği t değerleri, dinamik yapıyı gerçeğe uydurma çabalarında önemli ipuçları verir.

Pratik uygulamada bu yöntemin bazı kısıtlamaları ve eksikleri de vardır. T-He yöntemindeki en önemli sorun 4no'lu denklemin logaritmik olmasıdır. Bu ilişki doğrusal olmadığından, iki yada daha fazla su kütlesi birbirine karışırsa, ortaya çıkan karışımın yaşını T-He ölçümüyle doğru olarak tahmin etmek mümkün olmaz. Bir diğer sorunda denizlerdeki diğer helyum kaynaklarıdır. Özellikle 500-1000m civarındaki orta derinlikte sular incelenirken deniz tabanından gelebilecek volkanik kaynaklı helyum, yapılan ölçümlerde trityum dekompozisyonu sonucu oluşan ${}^3\text{He}$ 'nin ayırıldığını güçleştirebilir.

KLOROFLOKARBON (CFC'LER)

CFC'ler atmosfere 1950'li yıllardan itibaren antropojenik olarak sunulan gazlardır. Son yıllarda ozon tabakasının yokolmasındaki rolleri yüzünden adlarından sıkça bahsedilen CFC'lerin konsantrasyonları

günümüze kadar sürekli olarak artmış ancak son birkaç yılda üretim ve kullanımları üzerine getirilen uluslararası kısıtlamalar dolayısıyla bu artış durmuştur. Dünyamız atmosferinde neredeyse homojen halde bulunurlar. Kuzey yarımküre ortalama konsantrasyonu güneye oranla %8 gibi bir fazlalık gösterir. Bu farkın sebebi kara kütlelerinin çoğunun kuzeyde olması, dolayısıyla bir endüstriyel ürün olan CFC'lerin neredeyse tamamının kuzey yarımkürede atmosfere saçılmış olmalarıdır. CFC'lerin atmosferden denizlere geçişi sıcaklığa ve tuzluluğa bağlı olarak çözünmeleriyle gerçekleşir. CFC'ler içinden F11 ve F12 oşinografide en yaygın olarak ölçülen ve kullanılan *tracerlar* arasında yer alırlar.

CFC'leri atmosfer kaynaklı diğer gazlardan (azot, oksijen vb.) farklı kılan ve su hareketlerinin incelenmesinde çok önemli bir *tracer* yapan özellik, asal gaz gibi davranmaları, yani atmosferin alt tabakaları ve denizlerde hiçbir biyolojik ve/veya kimyasal işleme katılmamalarıdır. Bu sayede deniz yüzeyinde çözünerek suya geçen CFC'leri ölçerek, yüzeyde işaretlenen suların davranışlarını izlemek mümkün olur. Kullanım alanı ve amacı trityum ile aynıdır.

Radyoaktif olmamalarına rağmen, CFC ölçümlerinden T-He yaşına benzer bir zaman bilgisi edinmek mümkün olmuştur. F11 ve F12 ölçümlerinden yaş tahmininde bulunabilmek için iki metod vardır. Her iki gazında atmosferde zaman içindeki konsantrasyon değişimi bilinmektedir. Ölçüm yapıldığında suyun doymuş bir çözelti oluşturduğu kabul edilerek, ölçülen konsantrasyonun atmosferde hangi konsantrasyona karşılık geldiği hesaplanır. Son birkaç yıl haricinde CFC'lerin atmosfer konsantrasyonları sürekli arttığından, hesaplanan atmosfer konsantrasyonundan, suyun hangi yılda yüzeyde olduğu tahmin edilebilir. Bu yöntemde en önemli sorun suyun yüzeydeyken sahip olduğu sıcaklığının bilinmemesidir. Daha kullanışlı ve az sorunlu olan yaş belirleme yöntemi ise F11 ve F12 ölçümlerinin birlikte kullanılmasıdır. Her iki CFC'nin atmosferdeki konsantrasyonlarının zaman içindeki değişimleri birbirlerinden farklıdır. Dolayısıyla atmosferdeki F11/F12 oranı sabit kalmamış, tersine zaman içinde artış göstermiştir. Her iki gazın çözürlüğünde sıcaklık ile aynı sayılabilecek şekilde değiştiğinden, F11/F12 oranı incelendiğinde sıcaklık ile ilgili herhangi bir varsayım bulunmak gerekmemektedir. Ölçüm yapıldıktan sonra hesaplanan oranın atmosferde hangi yılda varolduğuna bakılarak suyun yaşı tahmin edilir. Bu yöntemdeki en büyük sorunda, atmosferdeki oranın son 15-20 yıl boyunca neredeyse sabitlenmiş olmasıdır. Yani yakın zamanda gerçekleşmiş olaylar hakkında F11/F12 yöntemi kullanılarak zamansal bilgi edinmek mümkün olmamaktadır.

KARŞILAŞTIRMA VE SONUÇ

¹⁴C, T ve CFC'lerin üçünü de atmosferden denizlere geçen ve aynı amaç ile ölçümü yapılan *tracerlar* olarak gördük. Burada ister istemez "niçin üçünü birden ölçüyoruz?", "üçünün yaptığı işi biri yada ikisi yapamaz mı?" diye sormamız gerekiyor. Oşinografinin, özellikle de uzun araştırma gemileri ile açık denizlerden su örneği toplanarak yapılan biçiminin oldukça masraflı bir bilim dalı olduğu göz önüne alınırsa, bu soruya mantıklı bir cevap verilmesi gereği doğar.

İncelediğimiz *tracerlardan* ¹⁴C ve T radyoaktif olmaları ve atmosferdeki kaynakları açısından birbirlere çok benzemelerine rağmen, radyoaktif yarıömürleri arasındaki farklılık ikisinin kullanım alanlarını birbirinden tamamiyle ayırmıştır. Kısa yarıömürlü T, süreçleri on yıllara sığan olayların incelenmesi için kullanılırken, ¹⁴C, bu kısa sürelerde konsantrasyonu çok az farklılık gösterdiğinden yararlı olmamaktadır. Aynı mantıkla T'nin de ¹⁴C'ün kullanıldığı biçimde kullanılmayacağı sonucuna varmak pek zor değildir. Zira birkaç yarıömür doldurduktan sonra sulardaki trityum, karışım sonucunda seyrelmenin de etkisiyle, ölçümü yapılamıyacak kadar düşük konsantrasyonlara inmektedir. Ayrıca nükleer denemeler öncesi atmosferik trityum konsantrasyonu ve onun bir yansıması olan denizlerdeki konsantrasyon çok düşük düzeylerde olduğundan, 1950'lerin öncesine uzanan olaylar trityum kullanarak incelenemez. Halbuki, yazıda ¹⁴C bahsinde verilen basit modelleme örneğinde de gördüğümüz gibi oşinografik araştırmalarda ¹⁴C'nin doğal varlığını kullanmak mümkündür. Öte yandan ¹⁴C, organik bileşiklerin içinde bulunduğundan, özellikle modelleme uygulamalarında suyun hareketini tanımlayan dinamik formülasyonun yanısıra biyolojik ve kimyasal parametrelerin dikkate alınmasını gerektirerek ek komplikasyonlara ve belirsizliklere sebep olur.

CFC'leri T ile karşılaştırdığımızda, en önemli farklılık olarak CFC'lerden edinebileceğimiz zaman bilgisi üzerinde, daha önce CFC bahsinde açıkladığımız sınırlamaları görmekteyiz. Üretimi tüm dünyada kontrol altına alınan CFC'lerin konsantrasyonlarının yavaş da olsa azalmaya başlayacağı dikkate alınır, CFC kullanarak yakın zamanda gerçekleşmiş olaylar hakkında zamansal bilgi edinmenin ve CFC'leri tümüyle T-³He ikilisi yerine kullanmanın imkansızlığı ortaya çıkar. Aksine, CFC ölçümlerinde "T-³He ikilisi ile elde edemeyeceğimiz ne var?" sorusunun yanıtı çok daha önemlidir. Cevap: Teorik olarak hiçbir şey. Pratik uygulamada ise, CFC'ler ölçümü çok daha kolay ve hızlı yapılabilen *tracerlar* olarak hemen ön plana çıkmaktadır. Örneklerin toplanması, işlenmesi ve verilerin oluşturulması işlemlerinin tümü CFC'ler için daha kısa zamanda yapılabilmektedir. Bu sebeple, bir araştırma toplanılan her T ve ³He örneğine karşılık 4-5 tane

CFC örneği toplanmaktadır. Dolayısıyla sonuçta elde edilen verilerde, CFC'lerin çözünürlüğü çok daha iyi olmaktadır. Daha fazla verinin çok daha kısa bir sürede kullanıma sunulması CFC'leri çekici kılan en önemli özelliktir. Günümüzde, bütün geniş kapsamlı araştırma gezilerinde CFC'ler ve T-³He birbirini tamamlayan *tracerlar* olarak kabul edilmekte ve ikisi birlikte örneklenmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Broecker, W. S., 1974, "Chemical Oceanography", Harcourt Brace Jovanovich Inc., New York.
- [2] Broecker, W. S. and T. H. Peng, 1982, "Tracers in the Sea", Lamont-Doherty Geological Observatory, Columbia University Press, Palisades, New York.
- [3] Evans, E. A., 1974, "Tritium and its Compounds", Butterworths, London.

DENİZ SEDİMENTLERİNDE PETROL KÖKENLİ KİRLİLİKLERİN ARAŞTIRILMASI AMACIYLA YAPILAN SUALTI DALIŞLARI

Mustafa Tolay¹, Recep Dönmez¹, Ekrem Ekinci²

¹ *Cağdebostan Balıkadamlar Kulübü, İskele Çıkma, No:69, Caddebostan-İstanbul*

² *İ.T.Ü. Kimya-Metalürji Fak. Kimya Müh. Bölümü, 80626 Maslak-İstanbul*

Özetçe-Petrol atıklarının oluşturduğu dip kirlilikleri deniz canlılarının yaşamını tehdit etmekte, bu canlılarda kansere yol açmakta ve mutojenik değişimlere neden olmaktadır. Petrokimya, petrol rafinerisi, tekstil ve boya endüstrisi, demir çelik endüstrisinin atıklarıyla kirlenen bölgelerin yakınlarındaki deniz dibi sedimentlerinde giderek artan kirlilik, deniz canlıları için tehlikeli boyutlara ulaşmaktadır. Deniz dibi sedimentlerinde petrol kökenli kirlilikleri araştırmak amacıyla *İstanbul* ve civarındaki *Marmara Denizi* ve *Karadeniz* kıyılarında farklı derinliklerde dalışlar yapılarak dip çamurlarından numuneler toplanmış, video kamera ve fotoğraf çekimleri yapılmıştır. Bu bölgelerde deniz kirliliği nedeni ile özel dalış teknikleri kullanılmıştır. *Marmara Bölgesi*'ndeki kirliliğe temizlik yönüyle referans olması bakımından ülkemizin *Akdeniz* kıyılarında, *Mısır*'ın *Kızıldeniz* kıyılarında ve *İtalya* kıyılarında benzer amaçlı dalışlar yapılmıştır. Bu çalışmada petrol kökenli kirliliklerin deniz canlılarında oluşturduğu mutojenik ve kanserojenik etkiler literatür bilgileri ile anlatılmaya çalışılmış ve bu amaçla yapılan sualtı dalışları açıklanmıştır. Özellikle kirliliğin fazla olduğu bölgelerde çeşitli derinliklerdeki dip çamurları incelenmiştir. *Marmara Denizi* dip çamurlarından alınan numuneler *kolon kromatografisi*, *gaz kromatografisi-kütle spektrometresi (GC-MS)* teknikleri ile analiz edilmiş olup, bu analiz sonuçları daha sonraki çalışmalarda sunulacaktır.

I. GİRİŞ

Tüm dünya denizlerinde görülen çevre kirliliği önemli boyutlara ulaşmıştır ve deniz canlıları için büyük tehlike oluşturmaktadır. Ülkemizi çevreleyen denizlerde de balık türlerinin gittikçe azalması başta balıkçılıkla geçinen halkımızı etkilerken bu temiz sulardan spor amacı ile faydalanan balıkadamları, diğer sporcuları ve turizm sektörünü etkilemektedir. Eysel ve endüstriyel kirlilik başta *Marmara Denizi* ve *Karadeniz* olmak üzere tüm denizlerimizi ve iç sularımızı etkilemektedir. Otuz yıl öncesine kadar *Karadeniz*'de ve *Marmara Denizi*'nde bol miktarda değişik cinsten balık mevcut iken, geçen otuz yıllık süre içerisinde ekolojik denge bozulmuş ve bu denizlerin zenginliği hızla yok olmaya başlamıştır. *Karadeniz*'de 1965 yılında 23 cins balık avlanırken, şu anda yalnızca 5-6 cins balık kalmıştır [1,2]. Denizlerimizdeki kirlilik *Karadeniz*'in kuzeyindeki ülkelerden gelen atıklarla beraber gün geçtikçe artmaktadır. *Karadeniz*'de oluşan kirliliğin tehlikeli boyutlara ulaşmasının önemli bir nedeni de *Tuna Nehri*'nden taşınan büyük miktardaki kirliliktir. Deniz kirliliğinin hızla arttığı günümüzde *Marmara Denizi*'nde oluşan kirliliğe *Tuna Nehri*'nden taşınarak *Karadeniz* yoluyla gelen atıklar da ilave olmaktadır. Fosfor, azot, civa, kadmiyum ve diğer kirliliklerin yanısıra petrol ve türevlerinin oluşturduğu kirlilik ayrı bir önem taşımaktadır. *Marmara Denizi*'nde yapılan çalışmalarda 22 ayrı noktadan alınan dip numunelerinde 0.01-0.15 g/kg (ortalama 0.032g/kg) konsantrasyonlarında petrol kirliliği tespit edilmiştir [3].

Ülkemiz denizlerinde deniz araçlarından salınan yağ ve yakıtların yanı sıra yıkama suları, petrol ve kimya tesislerinden deşarj edilen petrol türevi kimyasal maddeler petrol kirliliğine neden olmaktadır. Ayrıca son yıllarda oldukça sık rastlanan petrol tankerli kazaları özellikle *İstanbul* ve civarındaki denizleri petrol kirliliği konusunda tehdit eder duruma gelmiştir. *İstanbul Boğazi*'nde 1994 yılında meydana gelen *Nassia* tanker kazası sonrasında yapılan çalışmalarda su, sediment ve deniz canlıları üzerinde yapılan araştırmalarda petrol kirliliğinin boyutu tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu kaza sonucu *İstanbul Boğazi* ve civarındaki midye popülasyonunda görülen poliaromatik hidrokarbon birikmesi *UVF(ultraviyole florespektrometre)* ve *GC-MS* metodları ile saptanmıştır [4]. Petrol türevi kirlleticiler özellikle deniz suyunu süzerek beslenen organizmalarda biriktiği ve bu organizmalarla beslenen balıklara geçtiği bilinmektedir. Kanserojenik özelliklere sahip petrol artıkları ile kirlenmiş olan deniz canlılarını tüketen insanlarda da kansere yol açan benzo[a]piren gibi kanserojenik maddelerin bulaşması söz konusudur. Bu nedenle deniz kirliliğinin gün geçtikçe artmaya devam ettiği *Marmara Denizi*'nde deniz canlılarının sağlığını ve yaşamını tehdit eden petrol türevi kirliliklerinin boyut ve niteliği konusunda detaylı araştırmalara devam etmekte yarar görülmektedir.

II. PETROL KÖKENLİ KİRLİLİĞİN DENİZ CANLILARINDA OLUŞTURDUĞU MUTOJENİK VE KANSEROJENİK DEĞİŞMELER

Petrol atıklarının yarattığı kirlilik deniz suyunda ve sedimentlerde ayrı ayrı etki göstermektedir. Milyonlarca ton petrol atığı deniz canlılarını tehlikeli boyutta tehdit etmektedir. Petrol atıklarının denizel sedimenlerdeki yoğunluğu, su kütlesindeki yoğunluğunun en az 4 katıdır. Petrol ürünlerinin, deniz canlıları üzerindeki doğrudan öldürücü toksik etkisi, doku ve hücrelerde birikim ve fizyolojik faaliyetlerin etkilenmesi

sonucu ortaya çıkmaktadır. Canlılar üzerinde yapılan deneyler, petrol içerisinde bulunan poliaromatik hidrokarbon bileşikleriyle heterosiklik bileşiklerin deniz ve tatlı su canlılarındaki ölümcül etkilerde başlıca rolü oynadığını ortaya koymaktadır. Akut etkinin meydana gelebilmesi için petrol konsantrasyonunun fazla olması gerekmez [5-9]. Denizlerin ve nehirlerin dip kısımlarına çöken petrol artıkları içerdikleri kanserojen poliaromatik hidrokarbonlarla (PAC) tüm deniz canlılarını etkilemektedirler. Yengeç, istakoz ve karides gibi kabuklular ve bazı bentik organizmalar, özellikle zemine gömülü olarak yaşamlarını sürdüren türler, petrol kirlenmesine karşı en duyarlı olanlardır. Bunlar 1-10 ppm oranında petrol konsantrasyonundan etkilenirler. *Midye* gibi *Çift Kavkılılar* (*Bivalvia*, *Mollusca*) ve balık türleri 5-50 ppm, *Karındanbacaklılar* (*Gastropoda*, *Mollusca*) ile deniz bitkileri (*Algler*) 10-100 ppm miktarına duyarlıdır. Petrol ürünlerinin, canlılarda doğrudan yarattığı toksik, akut ve/veya kronik etkilerin yanısıra, dolaylı fizyolojik etkileri de sözkonusu olmaktadır. Petrol türevi atıklar deniz canlılarının yumurtalarını, larvalarını ve genç bireylerini daha fazla etkilemektedir. Bu yüzden canlıların nesilleri sürdürmeleri tehlikeye girmektedir. Örneğin, petrol türevlerinin canlıların beslenmesinde yaşamsal rol oynayan kimyasal algılayıcılar üzerini kapatarak organizmanın beslenme olanağını ortadan kaldırdığı saptanmıştır. Petrol türevlerinin deniz canlılarındaki fizyolojik etkileri şu şekilde özetlemek mümkündür [10-14]:

- a- Fitoplanktonlarda hücre bölünmesinin gecikme ve engellenmesi,
- b- Balıklarda anormal yumurtlama,
- c- Gastropodlarda kemotaktik beslenme tepkilerinin azalması,
- d- Kabuklularda beslenme davranışlarının değişmesi, yumurta döllenmesi ve üremenin engellenmesi,
- e- Çift kavkılılarda beslenme, yem/su filtrasyonu işlevlerinin durdurulması,
- f- Deniz kurtlarında döllenmenin durdurulması,
- g- Balıklarda mukoza salgısının zarar görmesi, yüzgeçlerde deformasyon,
- h- Balık solungaçlarına petrol bulaşması sonucu solunumun engellenmesi,
- ı- Kanser tümörü oluşumu, mutojenik değişimler, genotoksik etkiler v.b. gibi.

Poliaromatik hidrokarbonlar, yağmur suları ile karışarak karayollarından, petrol ve petrokimya endüstrisi artıklarından, petrolle ilgili tüm endüstri artıklarından, gemi sintine sularından, deniz kazalarından, termik santral bacalarından yayılan dumanların deniz üzerine çökmesi ile denizlere ulaşmaktadırlar. *Marmara Denizi* dip sedimentlerinde 30-100m derinliklerde yapılan çalışmalarda 22 ayrı noktadan alınan numunelerde 0.01-0.15 g/kg (ortalama 0.032g/kg) konsantrasyonlarında petrol kirliliği (bitümlü madde bazında) tespit edilmiştir. Aynı noktalardan alınan numunelerde 0.22-3.02ng/g konsantrasyonlarda 3.4 benzopiren ve 0.92-5.6ng/g konsantrasyonlarında 1.12 benzoperilen tespit edilmiştir [3]. *İstanbul Boğazı* ve diğer deniz kazalarında binlerce ton petrol atığı denize yayılmış olup deniz canlıları üzerindeki kötü etkileri günümüzde halen devam etmektedir. *İstanbul Boğazı*'nda 1994 yılında meydana gelen *Nassia* tanker kazası sonrasında yapılan çalışmalarda su, sediment ve deniz canlıları üzerinde yapılan araştırmalarda petrol kirliliğinin boyutu tespit edilmiştir. Bu kaza sonucu *İstanbul Boğazı* ve civarında ki midye popülasyonunda görülen poliaromatik hidrokarbon kirliliği *UVF* ve *GC-MS* metodları ile saptanmıştır [4]. Petrol artıklarının bulaştığı çoğu kıyılardaki midyelerde yüksek oranda kanserojenik poliaromatiklerden olan benzopirene (BaP) rastlanılmıştır. BaP gibi kanserojenik maddelerin bulaşmış olduğu deniz canlılarında tümörler ve yüzgeç deformasyonları görülmüştür [12]. Petrol tankerli kazalarından sonra yakın bölgelerde yaşayan dip deniz canlılarında yüksek oranda yüzgeç deformasyonu saptanmıştır. Petrol artıklarıyla kirlenmiş ve kirlenmemiş denizlerde yapılan ölçümlerde farklı deniz canlılarında saptanan BaP miktarları Tablo-1'de verildiği gibidir. Yapılan başka bir çalışmada ise petrol artıkları ile kirlenmiş *Duwamish Waterway* kıyılarındaki (*Puget Sound, WA*) dip sedimentlerinden alınan numunelerde yüksek oranda kanserojenik poliaromatik hidrokarbonlar saptanmıştır (Tablo-II) [12,13]. Tablo-II'de görüldüğü gibi kanserojenik poliaromatik hidrokarbonlar deniz dibi sedimentlerinde yüksek miktarda bulunabilmektedir. Ayrıca poliaromatik hidrokarbonların mutojenik ve kanserojenik etkileri deniz canlılarında anormal gelişmelere neden olmaktadır. Aromatik hidrokarbonlar alifatik hidrokarbonlardan daha fazla toksik etkiye sahiptirler. Dizel motorların yakıt yağları ve bunların yanma ürünleri, deniz yangınlarından etrafa yayılan petrol artıkları, katran türevleri ağır aromatik hidrokarbonlar içermektedir. Deniz canlıları üzerinde yapılan toksik, mutojenik ve kanserojenik testler poliaromatik hidrokarbonların doğal yaşam bakımından ne kadar tehlikeli olduğunu ortaya koymaktadır [12-14].

Petrol kirlilikleri sadece deniz canlılarını değil tatlı su canlılarını da tehlikeli boyutta etkilemektedir. Bunun bir örneği *A.B.D.*'de *Ohio* eyaleti *Loraine* yakınlarında bulunan *Black River*'da 1980'li yıllarda yaşanmıştır. Burada görülen balık ölümleri olaylarından sonra yapılan araştırmalarda, bu bölge balıklarında ayrıca genetik bozukluklar ve kanser tümörleri tespit edilmiştir. İncelemeler sonucu bu nehre atık veren demir çelik

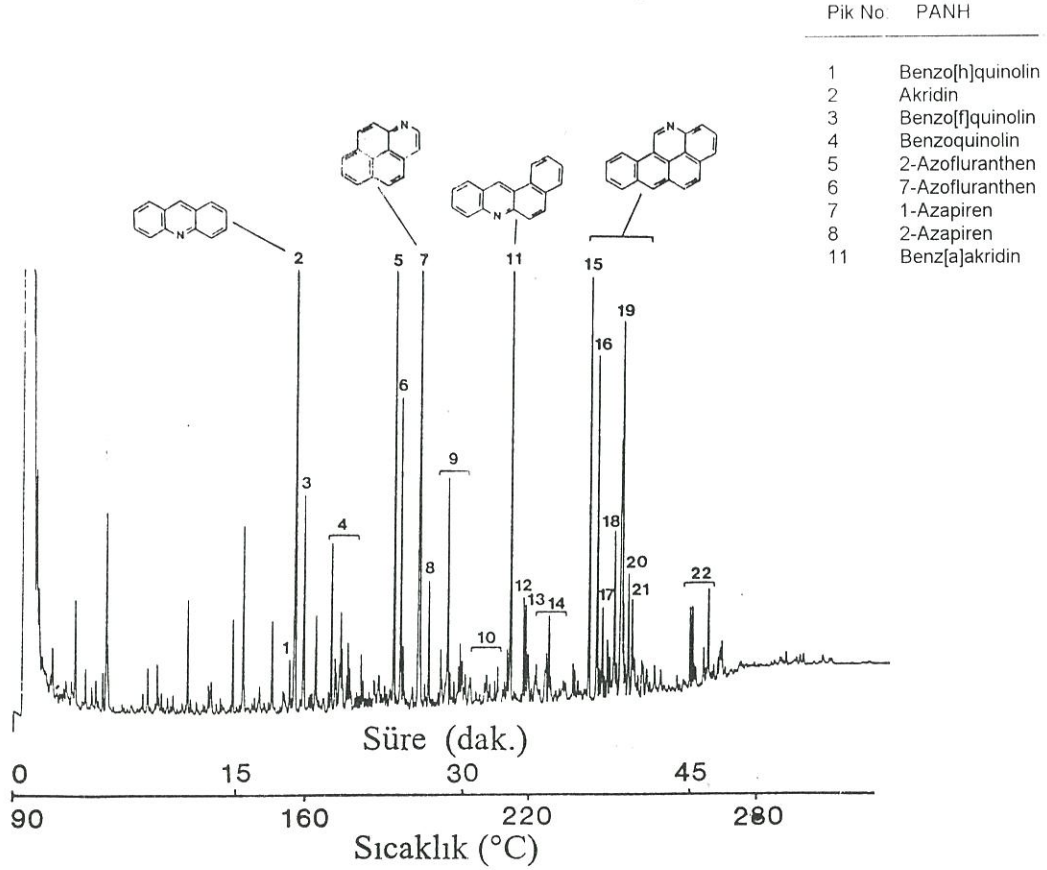
fabrikası kok kömürü hazırlama ocaklarından gelen ve nehir yatağında biriken kanserojen poliaromatik hidrokarbonların balıklarda kanser tümörü oluşturduğu ve genetik bozukluklara sebep olduğu bulunmuştur. Bu nehir sedimentlerinden alınan numunelerde saptanan kanserojenik poliaromatiklerin bir kısmı Şekil-1'de verildiği gibidir. Bu toksik maddelerin dip balıklarında mutojenik değişimler yaptığı biyotestlerle tespit edilmiştir [15-18].

TABLO I.
PETROL ATIKLARIYLA KISMEN KİRLENMİŞ VE KİRLENMEMİŞ SAHALARDAKİ DENİZ CANLILARINDA ÖLÇÜLEN BENZO[A]PIREN MİKTARLARI (µg/kg) [13].

Deniz Canlısı	Kirlenmemiş Denizden	Kismen Kirlenmiş Denizden
İstiridye	0.38-1.1	8.2-16.0
Karides	0.0-0.5	0.0-90.0
Yengeç	0.0-5.0	0.0-30.0
Pisi Balığı	0.0	0.05
Ringa	0.0-0.1	0.4-13.0
Morina	0.0-3.0	saptanamamış

TABLO II.
PETROL ATIKLARIYLA KİRLENMİŞ DUWAMISH WATEWAY KIYILARI DİP SEDİMENTLERİNDE ÖLÇÜLEN POLİAROMATİK HİDROKARBONLARIN MİKTARLARI [12].

PAC	Miktar (µg/kg)	PAC	Miktar (µg/kg)
Naftalin	400	2-Metilnaftalin	160
1-Metilnaftalin	110	Bifenil	332
6-Dimetilnaftalin	67	Asenaften	310
2,3,5-Trimetilnaftalin	400	Antrasen	610
1-Metilfenantren	240	3,6-Dimetilfenatren	88
3,6-Dimetilfenatren	88	Fluoranthen	3900
Fluoranthen	3900	Piren	4800
Benz[a]antrasen	650	Dibenz[a,h]antrasen	470
Benzofluoranthen	4900	İndenopiren	1800



Şekil-1. Petrol Atıklarıyla Kirlenmiş Black River (Ohio) Dip Sedimentlerinde Tespit Edilen Azotlu Poliaromatik Hidrokarbonların (PANH) Kapiler Gaz Kromatogramı [15].

III. PETROL ATIKLARI İLE KİRLENMİŞ DENİZ SEDİMENTLERİNDEN NUMUNE ALINMASI

Tüm dalış kuruluşları tehlikeli, görüşü az ve özellikle çeşitli kimyasal-biyokimyasal maddelerle kontamine olmuş sahalarda numune almak için dalış yapılırken özel tekniklerin kullanılmasını öngörmektedirler. Bu nedenle PADI (*Professional Association of Diving Instructors*), CMAS (*Confédération Mondiale des Activités Subaquatiques*), BSAC (*British Sub-aqua Club*) gibi dalış eğitim kuruluşları araştırma ve kurtarma dalışlarında takip edilmesi gerekli yöntemleri hazırlamışlardır. Petrol atıkları ile kirlenmiş balçık görümlü dip özelliğine sahip kirli sularda yapılan dalışlarda özel tedbirler alınması gerekmektedir [19]. Bu tür bölgelerden numune alınırken dikkat edilmesi gereken hususlardan birisi dip topoğrafyasıdır. Kirli sularda dalıcılar dip özelliklerini tam olarak takip edemezler. Dikkatsizlik sonucu yaratılacak bulanıklık istenmeyen sonuçlara sebep olabilir. Düz ve açık dip özelliğine sahip sularda numune ve görüntü almak kolaydır. Oysa endüstri ve yerleşim bölgelerine yakın, dip özelliği tam olarak bilinmeyen sularda görüş mesafesi az ise dalıcılar özellikle dikkatli olmalıdırlar. Görüş mesafesi yeterli olsa bile numune alınırken dalıcı kılavuz halat kullanarak eşi (*buddy*) ile beraber çalışmalıdır ve mümkün olduğu kadar çamur kaldırmamaya çalışmalıdır. Kaya, batık, kütük, cam kırıkları, halat, ağ gibi nesnelerin bulunduğu düzgün olmayan dip özelliği gösteren

sularda çalışmak dalıcılar için daha zordur. Cam kırıkları, tel halat, kesici metal parçaları gibi tehlikeli nesnelere numune alınacak kum veya çamur içerisinde gizlenmiş olabilir. Kirlenmiş sularda dip özelliklerine göre, eşi ile numune almak için dalış yapan dalıcıların dikkat etmesi gereken bir diğer önemli husus ise dip akıntılarıdır. Akıntılı ortamda dalıcılar gerekli kurallara mutlaka uymalıdır.

Görüş mesafesinin az olduğu sularda numune alırken ve kamera ile çekim yaparken tüm dalış kaidelerinin yanı sıra ilave tedbirler de almak gerekmektedir. Dip çamurunun bulanıklığa sebep olduğu kirliliği sularda yapılan dalışlarda eşten uzaklaşma ve yön kaybetmek tehlikeli sonuçlar doğurabilir. Deniz kirliliği nedeniyle görüntünün azaldığı ortamlarda dalıcılar gece dalış kurallarını uygulamalıdır ve navigasyon konusunda çok dikkatli olmalıdırlar. Bu gibi dalışlarda kılavuz halat kullanıldığı taktirde halatın görüntü azlığı nedeniyle tehlike oluşturmaması için dikkatli olmak gerekmektedir. Yerleşme bölgeleri ve endüstriyel bölgelerin yakınlarında yapılan dalışlarda dipte bulunan çamur örtüsü içerisinde zehirli özelliklere sahip kimyasal veya biyokimyasal maddeler olabilir. Bu özelliklere sahip zararlı maddeler dalıcılar için hayati tehlike oluşturmaktadır. Özellikle şehir yakınlarında, petrol atıklarıyla kirlenmiş dip çamurları kanserojen maddeler içermektedir. Ayrıca kanalizasyonlardan gelerek denizde kirlilik yapan unsurlar dalıcılar için mikrobiyolojik tehlike oluşturabilmektedir. Bu nedenle kirliliği sularda dalış yapan dalıcılar tüm dalışları sırasında kuru elbise ile dalmalı, eldiven kullanmalı ve numune alırken dikkatli olmalıdırlar. Kirliliği sularda dip çamurlarından numune almak üzere yapılan dalışlarda PADI'nin Arama ve Kurtarma Eğitimleri ile Gece Dalış Eğitim Esaslarının (PADI Training for Search and Recovery-PADI Speciality Training for Night Diving) uygulanması tavsiye edilmektedir [19].

IV. GERÇEKLEŞTİRİLEN SU ALTI DALIŞLARI VE SONUÇLAR

Marmara Bölgesi'nde görülen deniz kirliliğinin bir parçası olan petrol atıklarını araştırmak üzere İstanbul ve çevresi deniz sularında yapılan dalışlarda, yukarıdaki kurallar en ince detayına kadar uygulanmaya çalışılmıştır. İstanbul ve çevresindeki denizlerdeki kirliliği sularda dip çamurlarından numune almak üzere yapılan dalışlarda, özellikle Kocaeli Körfezi Bölgesi'nde dalış zorlukları yaşanmıştır. İzmit Körfezi'nin bu bölgesinde kıyından 250 metre açıkta, 23 metre derindeki dip çamurundan numune almak üzere yapılan dalışlarda ilk 18 metrede görüş 20 cm civarına kadar inmiştir. Bu nedenle inişte kılavuz halat kullanılmış ve gece dalış kuralları uygulanmıştır. Bu bölgede 18 metre ile 23 metre derinlik arası temiz dip suyu ile karşılaşmıştır. Dipten gelen bu temiz görüntüye sahip akıntı Marmara Denizi'nin dip akıntı özelliklerini göstermektedir. Dibe varıldığında derinliği bir metreden fazla olan siyah renkli bir balçık-çamur tabakasına rastlanılmıştır. İstanbul ve çevresinde Prens Adaları'ndan Büyükkada, Yassıada, Sivriada ve Heybeliada'nın etraflarında dalışlar gerçekleştirilmiştir. Boğaz girişinde, Karadeniz Kıyıları'nın çeşitli derinliklerinde bu amaçla benzer dalışlar yapılmaktadır. Kirlilik numuneleri alınmış ve gerekli görülen mevkilerde video kamera ve fotoğraf çekimleri gerçekleştirilmiştir. Böylece İstanbul ve çevresi için petrol artıkları ile oluşan kirlilik haritası oluşturulmaya çalışılmaktadır. Karadeniz ve Marmara Denizi canlılarında oluşan kanserojenik hastalıklar ve mutajenik değişimlerin nedenleri ve sonuçta deniz canlılarının uğradığı zararlar tespit edilmiştir. Deniz kirliliğinin oldukça etkin olduğu bu bölgelerde yapılan dalışlar dışında, kirliliğin nispeten az olduğu veya hiç bulunmadığı bölgelerde de görüntü dalışları yapılmış ve video, fotoğraf çekimleri gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla ülkemizin Akdeniz bölgesinde Antalya-Kemer, Kalkan, Kaş, Bodrum, Ege bölgesinde Saros Körfezi ve Mısır'ın Kızıldeniz-Hurghada bölgesinde ve İtalya Elba Adası kıyılarında dalışlar gerçekleştirilmiştir. Bu petrol artıkları içerisinde canlılarda kanser yapan ve mutajenik değişikliklere sebep olan kanserojenik poliaromatiklerin saptanması için kimyasal analizler yapılmaktadır. Dalış yapılan mevkilerde dip çamurlarından alınan numuneler kolon kromatografisi, GC-MS teknikleri ile analiz edilmekte olup, bu analiz sonuçları daha sonraki çalışmalarda sunulacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Mee LD. (Derleyen), "Saving the Black Sea", BSEP, No: 2, İstanbul, March 1995
- [2] Öztürk B. "Marine Mammals and the Black Sea", Saving the Black Sea, BSEP, No: 1, İstanbul, Sept 1994
- [3] Shimkus K, Öztürk B, Yesin NV. Oil Products, Heavy Metals and Radionuclides in the Recent Bottom Sediments of Marmara. Sea Shallow Water Area", The First International Conference on the Mediterranean Coastal Environment. 1993
- [4] Güven KC, Ünlü S, Okuş E, Doğan E. "Oil Contamination of Mytilus galloprovincialis After the Nassia Accident", Turkish Jour. Marine Science, No: 1(2-3) Sayfa 67-79, 1995
- [5] Kocataş A. "Oseanoloji, Deniz Bilimlerine Giriş", Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Kitapları No: 114, İzmir 1993

- [6] Barnes RSK, Hughes RN. "An Introduction to Marine Ecology", Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1988
- [7] Nybakken JM. "Marine Biology: an Ecological Approach", Harper Collins Publishers, New York , 1988
- [8] Kışlalıoğlu M, BerkesF. "Ekoloji ve Çevre Bilimleri", Remzi Kitapevi, İstanbul, 1994
- [9] Artüz İ. "Deniz Kirlenmesi", İstanbul Teknik Üniversitesi, Gemi İnşaatı ve Deniz Bilimleri Fakültesi, Yayın No: 1464, İstanbul, 1992
- [10] Samsunlu A. "Deniz Kirliliği ve Kontrolü", İstanbul Teknik Üniversitesi, Yayın No: 1555, İstanbul, 1995
- [11] Türkmayalı Ö. "İstanbul Yöresi Deniz Sularında Kirlenmeye Neden Olan Çeşitli Kanserojen Maddelerin (PAH) Araştırılma Yöntemleri Üzerine Çalışmalar", Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Veteriner Fakültesi, İstanbul, 1981
- [12] Walker CH, Livingstone DR. "Persistent Pollutants in Marine Ecosystems", Pergamon Press, Oxford, 1992
- [13] Clark RB. "Marine Pollution", Clarendon Press, Oxford, 1986
- [14] Gourlay KA. "Poisoners of the Seas", Zed Books, New Jersey, 1988
- [15] West WB, Smith PA, Booth GM, Lee ML, "Determination and Genotoxicity of Nitrogen Heterocycles in Sediment from The Black River", Environmental Toxicology and Chemistry, No: (5) Sayfa 511-519, 1986
- [16] Vassilaros DL, Eastmond DA, West WR, Booth GM, Lee ML. "Determination and Bioconcentration of Polycyclic Aromatic Sulfur in Heterocycles in Aquatic Biota", Polynuclear Aromatic Hydrocarbons Sixth International Symposium on Physical and Biological Chemistry", Ohio, 1981
- [17] Rosenkrantz HS, Mermelstein R. "The Mutagenic and Carcinogenic Properties of Nitrogen Polycyclic Aromatic Hydrocarbons", in Nitrited Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, Derleyen White CM. Heidelberg, 1985.
- [18] Lee ML, Novotny MV, Bartle KD. "Analytical Chemistry of Polycyclic Aromatic Compounds", Academic Press, London, 1981
- [19] Shreeves K.(Derleyen) "The Encyclopedia of Recreational Diving", PADI, California 1993

BESİ TUZLARININ SUIÇİ TARIMIYLA GERİ KAZANIMINA YÖNELİK OLURLUK ÇALIŞMASI

B.Mete Uz¹, Ömer Saygın²

¹University of Rhode Island, Graduate School of Oceanography
²Boğaziçi Üniversitesi Çevre Bilimleri Enstitüsü

Özetçe-Güncel kanalizasyon ve arıtma sistemleri net sonuç olarak azot ve fosfor gibi besi tuzlarını gübre üretimi, tarım, şehirsal tüketim ve kanalizasyon yoluyla alıcı ortam olan göl ve denizlere taşımaktadır. Su kalitesinin düşmesine yol açan bu aşırı yüklemeyi önlemenin en temel yolu besi tuzlarının geri dönüşümüyle yeni gübre üretimi ihtiyacını ortadan kaldırmaktır. Bu sonucu sağlamak üzere denizel ortamda *Gracilaria verucosa* yosununun ticari üretimi önerilmiş ve bu tür bir tesise ait olurluk raporu hazırlanmıştır. *Gracilaria* yosunu şehir kanalizasyon sularına %20'ye varan derişimlerde dayanıklı olduğu görülmüş ve optimal şartlarda kütle ikileme zamanı 6-9 gün olarak bulunmuştur. *Gracilaria* ile besi tuzu geri kazanımı bio-teknik açıdan olur bulunmuş ve 250 000 nüfuslu bir şehir için 625 000 m² üretim alanı gerekeceği hesaplanmıştır. Bu tür bir tesisin yaptığı üretimle kendi giderlerini karşılaması ve olası net gelir sağlaması öngörülmüştür.

I.GİRİŞ

Günümüzde yoğun tarım uygulaması verimliliği artırmak ve sürekli kılmak için büyük ölçüde gübre girdisine bağımlıdır. Bu durum evsel atık suların, kimi zaman arıtma sonrasında, çoğunlukla doğrudan alıcı su kütlelerine gitmesi ile birlikte ele alındığında, besin zincirimizin bir yan etki olarak, gübreyi oluşturan besi tuzlarını sanayi ya da madenden doğal alıcı kütlelere aktardığını görürüz. Bu akış sürekli aşırı beslenen bir akvaryumda olduğu gibi, su kalitesinin düşmesine ve ileri aşamalarda ekolojik yapıda geniş değişimlere yol açar ve *ütrofikasyon* olarak adlandırılır [1].

Bu yazıda deniz ve göllerde birikime yol açan bu tek yönlü akışı kırarak besi tuzlarını geri kazanmanın bir yolunu inceleyeceğiz. İlkede yabancılaşma en az etkiyle tarımsal üretimin en kesin yolu besi tuzlarının mutlak çevrimini sağlamaktır.

Doğu Asya'da rastlanan bazı küçük ölçekli uygulamalar buna iyi bir örnek oluşturur. Bazı bölgelerde besin zinciri büyük ölçüde sulu çeltik tarımı ve göletlerde üretilen sazan ve *Tilapia* gibi balıklar üzerine kuruludur. Bu ürünler büyürken sudan azot fosfor vb. besi tuzlarını alırlar. Hasat ile bu maddelerin sudan net geri kazanımı sağlanır. Besinlerin tüketimi sonrasında bu besi tuzları tekrar serbest kalarak alıcı ortam olan suya döner ve bu çevrim sürer gider.

Çevreye etkisi çok küçük olan bu tarım yöntemi ne yazık ki nüfusun yoğunlaştığı alanlarda insan sağlığı açısından büyük sakıncalar doğurur. Çevrimin dolaysızlığı atıklarla besin kaynaklarının doğrudan temasına yol açar ve patojen organizmaların yayılmasına olanak sağlar. Bu durumda yoğun tarım uygulamasında besi tuzlarının geri dönüşünü sağlayacak yöntemin endüstriyel bir ara aşamayı kapsaması yararlı olur. Atık suların ulaştığı alıcı ortamda üretilecek bir bitki besi tuzlarını toplar. Bu bitki bir endüstriyel ürüne hammadde olacak şekilde seçilirse, geri kazanımın ekonomik açıdan kazançlı olması, en azından kendi maliyetini karşılaması mümkün olur. Hasadı yapılan bitki bir fabrikada işlenir. Bu tesisten çıkan artıklar sterilize edilerek olası patojenlerden arındırılır ve kompostlanarak ya da bir metan reaktöründen geçirilerek gübreye dönüştürülür.

Sistemin çevreye katkısı bu gübrenin yeniden tarımda kullanılması ile olur. Geri kazanılmış bu gübre endüstriyel gübre üretimini azaltır ve sonuçta alıcı kütlelerin daha az miktarda besi tuzları ile yüklenmesini sağlar.

Bu sistemin olurluğunu göstermek amacı ile ülkemizde doğal olarak yetişen ve *agar agar* üretimi için ticari hasadı yapılan *Gracilaria verrucosa* yosunu kullanılarak bir pilot çalışma yapılmıştır. Bu çalışmanın ilk aşaması olarak bitkinin laboratuvar şartları altında büyütülmesi ile kanalizasyon suyuna dayanıklılığı ve büyüme hızı belirlenmiştir.

Doğal şartlarda *Bebek Koyu*'nda ve *İzmit Körfezi*'nde iki ayrı büyüme deneyi yapılmıştır.

II.YÖNTEM

Laboratuvar Çalışması: *Gracilaria* yosununun canlı ağırlığının ölçümü için bitki yüzeyindeki su damlacıklarını en aza indiren ve bu sırada bitkiyi aşırı kurutarak hırpalamayan bir yöntem geliştirilmiştir. Önce yosun yüzeyindeki ıslaklık bir kağıt mendil ile alınmış, daha sonra bitki bir ağ üzerinde soğuk hava üfleyen bir fanın önünde 40 saniye tutulmuştur. Bu yöntemle aynı bitkinin tekrar tartımlarında standart sapmanın % 1.5 'in altında kaldığı görülmüştür.

İzmit Körfezi'nden ve *Kınalıada*'dan getirilen *Gracilaria* yosunları yaklaşık 5 gramlık gruplara ayrılarak 1 litrelik kaplara 500ml büyüme ortamı ile birlikte konmuştur. Böylece hazırlanan kaplar bir termostata konarak sabit sıcaklıkta (20⁰C) ve floresans lambalar ile 24 saat ışık altında tutulmuştur. Büyüme hızı 7-10 gün sonra yeniden tartım yapılarak saptanmıştır.

Büyüme ortamı olarak *İSKİ Baltalimanı* kanalizasyon ağından alınan atık suyun *Bebek* koyundan alınan deniz suyuyla çeşitli karışım oranları kullanılmıştır.

Bu deneylerde aynı karışım oranının paralel örneklerinde %100'e varan büyüme hızı farkları saptanmıştır. Kesin nedeni bilinmeyen bu farklılığı azaltmak için deneyin en az üç paralel ile yapılması ve ortalama öncesinde ortalama en uzak olan bir paralel örneğin atılmasına karar verilmiştir.

Bebek Koyu: *Gracilaria*'nın denizde, teknelerin geçişine engel olmayacak kadar derinde kurulacak bir platform üzerinde büyütülmesini incelemek için *Bebek*'te 6m derinlikten başlayan üç katlı, yaklaşık 20 metre karelik bir platform kuruldu (Şekil 1). Platform deniz tabanına dalgıçlar tarafından yerleştirilen 50 kg'lık dört adet beton ağırlık ve bunlara bağlı herbiri yaklaşık 20 kg yüzerliğe sahip dört adet şamandıra arasında askıda tutuldu. Tabanın 45 derece eğimli olması nedeniyle ağırlıklar zemine çakılan kazıklar ve zemine paralel yüzeye doğru uzatılan gergi ipleri ile sabitlendi. Platformun yatay düzlemleri demir çerçeve üzerine gerilmiş ağ malzemesinden oluşmaktaydı. *İzmit Körfezi*'nden getirilen yosunlar platformun ilk katına yerleştirildi.

İzmit Körfezi: Bu çalışma paralelinde yürütülen ikinci bir çalışmada *Gracilaria*'nın doğal yatağı olan *İzmit Körfezi*'nde büyüme hızını belirlemek amacıyla bir dizi ölçüm yapıldı

III.BULGULAR

Laboratuvar Çalışması: Yüzde 50 kanalizasyon suyu karışımının sistematik olarak negatif büyüme ile sonuçlandığı görülmüştür. %20 oranında, yosun büyüebilmiştir. Büyüme hızının %2 ile %5 karışım oranları arasında optimum olduğu görülmüştür. *Bebek*'ten alınan deniz suyunun atık su ile karışım öncesinde besi tuzları ile zengin olduğu göze alındığında yosunun ütrofik koşulları yeğlediği söylenebilir. Bitki büyümesinde sınırlayıcı olan ışık, besi tuzu ve karbondioksitten herhangi birinin eklenmesinin büyümeye olumlu etki yaptığı görülmüştür.

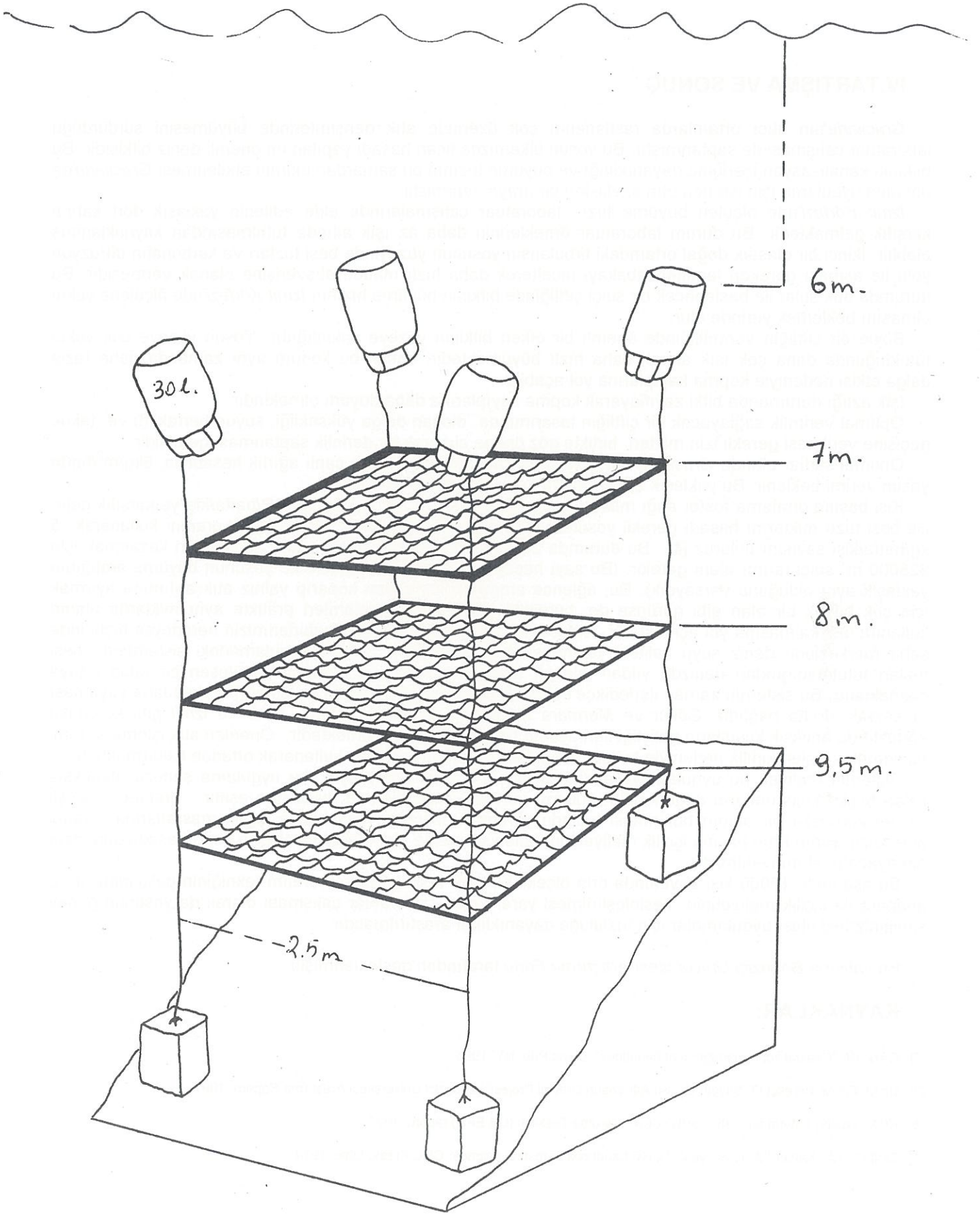
Bu deneylerle *Gracilaria*'nin evsel atık sulara dayanıklı olduğu ve besi tuzlarının yoğunluğundan olumlu etkilendiği, optimal büyüme için ışık miktarının yüksek tutulması yani bitkinin siğ suda ekilmesi gerektiği sonucuna varıldı. Laboratuvar şartlarında sağlanan en hızlı büyüme ile canlı ağırlığın ikilenme zamanı 30 gün olarak hesaplandı. Bu deney floresans lambalar ile yapıldığı için ve fotosentezin ışığın spektrumuna bağlılığı nedeniyle ne yazık ki bu sayı doğal büyüme hızları ile doğrudan karşılaştırılmaz.

Laboratuvar çalışmasından çıkan ve pratik açıdan değer taşıyan bir diğer bulgu, bahar başında üretim alanını tohumlamak için gerekli yosunun kış boyunca yapay ışık ve sabit sıcaklıkta yaşatılmasının olanaklı olduğudur.

Bebek Koyu: Yapılan düzenli dalışlarla yosunun büyüdüğü gözlemlendi. Ne yazık ki planlanan hasat ve tartı tarihinden önce yapılan bir dalışta bitki miktarında ani bir düşme tesbit edildi. Bu sırada yapılan öznel gözlemler bitkinin çekme mukavemetinin düşmüş olduğu şeklindeydi. Bu durum laboratuvar koşullarında ışık yetersizliği sonucu görülen zayıflamaya benzetildi. Kesin nedeni tesbit edilememekle birlikte bu kayıp bitkinin güneş ışığındaki mevsimsel azalma, ya da büyüme sonucu kendini-gölgeleme etkisiyle bitkinin yeterli ışık alamamasına ve akıntı tarafından koparılmasına bağlandı.

Deney sonucunda sayısal bir büyüme hızı saptanamadı, ancak *Bebek* şartlarında ve 6 metre derinlikte büyümenin en azından kısıtlı bir mevsimde mümkün olduğu görüldü. Hasat zamanlamasının ticari üretim için önemli bir parametre olacağı anlaşıldı.

İzmit Körfezi: *İzmit Körfezi*'nde gerçekleştirilen ölçümler sonucunda, su dolaşımını sınırlamadan bitkiyi yüzeye yakın tutan ağ torbalarda büyüyen yosunun canlı ağırlık ikileme zamanı altı ile dokuz gün arası olarak bulundu [2].



Şekil-1. Bebek'te kurulan deney platformu

IV.TARTIŞMA VE SONUÇ

Gracilaria'nın alıcı ortamlarda rastlananın çok üzerinde atık derişimlerinde büyümesini sürdürdüğü laboratuvar çalışması ile saptanmıştır. Bu yosun ülkemizde ticari hasadı yapılan en önemli deniz bitkisidir. Bu bitkinin kanalizasyon içeriğine dayanıklılığı ve büyüme hızının bu şartlardan olumlu etkilenmesi *Gracilaria*'da önerilen uygulama için istenen tüm özellikleri bir araya getirmiştir.

İzmit Körfezi'nde ölçülen büyüme hızı laboratuvar çalışmalarında elde edilenin yaklaşık dört katına karşılık gelmektedir. Bu durum laboratuvar örneklerinin daha az ışık altında tutulmasından kaynaklanmış olabilir. İkinci bir olasılık doğal ortamdaki tirbulansın yosunun yüzeyinde besi tuzları ve karbonatın diffuzyon yolu ile aşması gereken laminar tabakayı incelterek daha hızlı madde alışverişine olanak vermesidir. Bu durumda atık sular ile beslenecek bir suiçi çiftliğinde bitkinin büyüme hızının *İzmit Körfezi*'nde ölçülene yakın olmasını beklemek yerinde olur.

Böyle bir çiftliğin verimliliğinde önemli bir etken bitkinin yüzeye yakınlığıdır. Yosun yüzeye çok yakın tutulduğunda daha çok ışık alarak daha hızlı büyümektedir, ancak bu konum aynı zamanda daha fazla dalga etkisi nedeniyle kopma kayıplarına yol açabilir.

Işık azlığı durumunda bitki zayıflayarak kopma kayıplarına daha duyarlı olmaktadır.

Optimal verimli sağlayacak bir çiftliğin tasarımında olağan dalga yüksekliği, suyun berraklığı ve tekne geçişine verilmesi gerekli izin miktarı birlikte göz önüne alınarak bir derinlik saptanması gereklidir.

Optimal şartlar altında *Gracilaria* suiçi çiftliğinde metrekaareye 10 kg canlı ağırlık hesabıyla, 8kg/m²/hafta yosun verimi beklenir. Bu yaklaşık 2kg/m²/hafta kuru ağırlığa karşılık gelir.

Kişi başına ortalama fosfor atığı miktarı yılda yaklaşık 0.5 kg'dır [3.] Bu 10 g P/hafta/kişi'ye karşılık gelir. Bu besi tuzu miktarını hasadı gerekli yosunun kuru ağırlığına çevirmek için *Redfield* oranını kullanarak 5 kg/hafta/kişi sayısını buluruz [4]. Bu durumda 250000 nüfuslu bir turistik şehrin atığını geri kazanmak için 625000 m² suiçi tarımı alanı gerekir. (Bu sayı hesaplanırken turizm sezonu ile yosunun büyüme aralığının yaklaşık aynı olduğunu varsaydık). Bu, eğlence amaçlı kullanımdan koparıp yalnız atık arıtımına ayırmak için çok büyük bir alan gibi görünse de, bugünkü kanalizasyon sistemleri pratikte aynı miktarda alanın kullanım dışı kalmasına yol açmaktadır. Nüfusu 100000'in üzerinde olan şehirlerimizin neredeyse hiçbirinde şehir merkezinde deniz suyu kalitesi yüzmeye elverişli değildir. Halen uygulamadaki sistemlerde besi tuzları tutulmadığından denizde yıldan yıla bir birikme olmakta ve zamanla kötüleşen bir tablo ortaya çıkmaktadır. Bu sistemin zaman ilerledikçe sabitleşen sonucu, atık miktarı ile bu atığın akıntılarla yayılması arasındaki orana bağlıdır. Göller ve *Marmara Denizi* gibi küçük denizlerle, *İzmir* ve *İzmit* gibi korunaklı körfezlerde anoksik koşulların geliştiği ileri aşama *ütrofikasyon* gözlenmektedir. Önerilen atık işleme sistemi bu sorunları halen kirlilik nedeniyle kullanım dışı kalandan daha az alan kullanarak ortadan kaldırmaktadır.

Sistemin maliyeti bu uygulamaya ayrılacak alanın olanak maliyetiyle (bu uygulama sonucu olanaksız kalan başka kullanımların değerlerinin toplamı) yürütme masraflarının toplamına eşittir. Üretime elverişli sığ ve korunaklı bir alanın bulunması halinde yürütme masrafları çoğunlukla işçilik masraflarına karşılık gelecektir. Birim ürün başına işçilik maliyetinin, halen sürmekte olan doğal yatakların ticari hasadından fazla olmayacağı tahmin edilmiştir.

Bu aşamada 10000 kişi boyutunda orta ölçekli bir pilot tesis kurularak üretim tekniğinin geliştirilmesi ve anapara ile işçilik maliyetinin kesinleştirilmesi yararlı olur. Laboratuvar çalışması olarak da yosunun güney sahlimizdeki olası uygulamalar için tuzluluğa dayanıklılığı araştırılmalıdır.

Bu çalışma *Boğaziçi Üniversitesi Araştırma Fonu* tarafından desteklenmiştir.

KAYNAKLAR:

- [1] Clark JR. "Coastal zone management handbook", Lewis Pub. NY, 1996
- [2] Uz M, Egi M, Börekçi O, Saygın Ö. "Su Altı Yosun Üretimi Projesi". Boğaziçi Üniversitesi Araştırma Raporu, 1991
- [3] EPA. "Quality criteria for water", ABD Çevre Koruma Teskilati (US EPA) raporu, 1986
- [4] Smith FGW, Kalber FA. (Derleyen), "CRC handbook of marine science" CRC Press, Ohio, 1974

FİZİKSEL OŞİNOGRAFI ÖLÇÜMLERİ: ESKİ SORUNLAR YENİ ÇÖZÜMLER

B.Mete Uz

University of Rhode Island, Graduate School of Oceanography

GİRİŞ

Fiziksel oşinografi geçen yüzyılın sonlarında balıkçılık biyolojisi kaygılarıyla başladı. Dünya savaşları sırasında sualtı savaşı için akıtılan büyük kaynaklarla gelişti. Bu ivme, soğuk savaş ve nükleer silahlanma dönemlerinde kesintisiz sürdü. Bu devrede teorik ve gözlemsel pek çok çalışma destek buldu ve oşinografi emekleme sürecini çabucak tamamladı. Teorideki gelişmeler ve analitik çözümü olanaksız bazı problemlerin bilgisayarda modellenmesine karşın, bugün temel bulguların çoğu hala önce denizde gözlemleniyor ve sonra kuramsal olarak açıklanabiliyor. Gözlem yeteneğimiz hala sınırlayıcı etken olmaya devam ediyor.

Politik dengelerin değiştiği bu günde askeri kaygıların oşinografiye sunabildiği mali kaynak ne yazık ki sürekli küçülüyor, oysa *Pasifik*'in büyük iklim salınımı *El Nino*, ya da kuzey denizlerindeki derin su oluşumunun buzul çağlarının gelişine etkisi gibi bulgular, küresel dengeleri kavramak için okyanusları anlamak gereğini gösteriyor. Bu durumda daha az kaynak ile daha çok ölçüm yapmak gibi bir zorlukla karşı karşıyayız. Bu yazıda veri maliyetini azaltmak için kullanılan sistemler özetlenmiştir.

FİZİKSEL OŞİNOGRAFI ÖZETÇESİ

Fiziksel oşinografinin ana konusu su hareketlerini izlemek, bu hareketlere yol açan sistemleri, bunların çalışma şekillerini anlamak ve böylece tahmin yeteneğini edinmektir. Suyun hareketlerini açıklayan denklemler çok değişkenlidir ve doğrusal değildir. Bu tür denklemler özel koşullar dışında analitik olarak çözülemezler. Yine de bazı yuvarlama ve sadeleştirme işlemleriyle yaklaşık çözümler bulunabilir. Bu varsayımların ve sonuçların bazıları, ölçüme olan ilintileri nedeniyle aşağıda özetlenmiştir:

Okyanusun yeryüzünde çok ince bir tabaka şeklinde bulunması ve yoğunluk katmanlaşması su hareketlerinin neredeyse tamamen yatay düzleme sınırlı olmasına yol açar.

Yerkürenin kendi eksenini üzerinde devinimi, büyük ölçekli ve uzun zaman boyutlu hareketlerin "jeostrofik denge" içinde olmasını, yani net kuvvetle dönme momenti arasında bir eşitliği gerektirir. Basitçe bir tanımla suya etki eden bir kuvvet, örneğin yüzey eğiminden gelen basınç farkı, bu kuvvete dik bir harekete yol açar. Akılda tutulması gereken nokta eşyoğunluk eğrilerinin yatayla açı yapması durumunda bir basınç farkı oluşacağı ve herhangi bir noktanın üstündeki basınç eğrilerinin ve su yüzeyinin eğimi bilinirse o noktadaki akıntı hızının bulunabileceğidir.

Büyük boyutlu hareketlerin jeostrofik denge içinde olması bu tür hareketlerin çok yavaş değişmesi sonucunu doğurur. Örneğin su yüzeyinde çok geniş bir alanda bir çukurlanma oluşuralım. Yüzey eğimi, eğime paralel değil de dik bir akıntıya yol açacağı için, su çukuru doldurmak yerine çukurun etrafında bir girdap hareketi oluşturur. Böylece çukurlanma ve ona bağlı su hareketleri çok uzun ömürlü olabilir.

Bu özellikler su yoğunluğunun fiziksel oşinografinin temel ölçümü olmasına yol açmıştır. Yoğunluğun doğrudan ölçümü zor olduğu için sıcaklık ve tuzluluk ölçülerek yoğunluk hesaplanır.

Su hareketlerinin çok yavaş gelişmesi tam anlamıyla eşzamanlı olmayan ölçümlerin de kullanılabilmesine olanak verir. Toplanması günler, kimi zaman haftalar süren veriler özel durumlar dışında eşzamanlı bir resim olarak değerlendirilebilir.

ÖLÇÜM İLKELERİ

Bu güne kadar oşinografiye kaynak sunan askeri ve sivil sektörler şimdi sürekli artan bir kararlılıkla olası en yüksek verimliliği arıyor. Böylece eski defterlerin açılarak verilerin yeniden işlendiği, bağımsız veri kümelerinin veri merkezlerinde toplanarak tümleştirildiği ve her şeyden önce olası her yol denenerek yeni veri maliyetinin azaltıldığı bir noktaya gelindi.

Kaynaklardaki bu azalma, yaratıcı mühendislik çözümleri için büyük bir olanak sağlıyor: Bu güne kadar güvenilirlik üzerine kurulu olan ölçüm sistemi artık maliyeti azaltmayı hedefliyor. Bundan on yıl önce, denenmiş ve kabul görmüş bir yöntem varsa daha ucuz bir yenilik aranmazdı, çünkü eliboş dönerek zaman

kaybetmek olasılıklarının en kötüsüydü. Bütçelerin ucu ucuna hesaplandığı günümüzde maliyeti azaltan herşey denenmeye değer görülüyor.

Veri maliyetinin en kolayca azaltılabilecek kısmını gemi maliyeti oluşturur. Klasik oşinografik ölçümler araştırma gemisinin ilgilenilen noktaya giderek CTD olarak bilinen, elektrik iletkenliği (tuzluluk için), sıcaklık ve basınç (derinlik için) ölçen bir cihazı ölçümün alınacağı derinliğe sarkıtması ve geri almasıyla yapılır. Bu, derin sularda geminin bir ölçüm için iki saati aşkın bir süre istasyon tutmasını gerektirir. Orta boy bir araştırma gemisinin günlük maliyetinin 15 000 ABD doları civarında olduğunu göz önüne alırsak, ölçüm hızını arttıran yeni bir cihaz ya da araca yapılan yatırımın, veri maliyetindeki azalmayla hızla geri kazanılabileceğini görürüz. Örnek olarak on CTD salımıyla yapılacak bir hidrografik kesiti ele alalım. Bir araştırma gemisinin tam bir gününü alacak bu sefer, gemi yerine küçük bir uçaktan atılarak görev sonunda terk edilecek kendinden işler ölçüm sistemleriyle planlanırsa bu cihazları üretmek için cihaz başına 1400 dolar gibi bir bütçe ortaya çıkar [1].

Gemi kullanımını azaltmak için uzaktan algılama seçeneğine yönelebiliriz. Bu tür ölçümler geniş bir alanın tek bir cihazla taranması nedeniyle ucuz ve genellikle tekrar hızı yüksek veri getirirler. Ancak deniz suyu kısa radyo dalgalarını hızla soğurarak yalnızca çok alçak frekansların geçişine izin verir ve böylece uzaktan algılamaya son derece önemli kısıtlamalar getirir.

Öncelikle elektromanyetik dalgalarla doğrudan algılama yüzey sularına kısıtlanır: Elektromanyetik dalgalar su yüzeyinden yansıdığı ve su içinde hızla soğrulduğu için derin sudan yüzeye bilgi taşınmaz. Bu etki ilke olarak denizde görüş uzaklığının havadakinden çok daha az olmasıyla aynıdır, ancak bu fark radyo dalgalarının çoğu için ışık için olandan çok daha büyüktür. Böylece radar, uydu navigasyonu, serbest sürüklenen izleme şamandıralarının konumunun üçgenleme ile tesbiti gibi uygulamalar da olanaksızlaşır.

İkinci etki, tasarım mühendisinin her gün etkisini duyacağı bir kısıtlamadır: Dalgalar ile taşınabilecek bilgi yoğunluğu doğrudan dalganın frekansına bağlı olduğu (ışık, radyo, ses ve akışkan dalgası dahil tüm dalgalar için geçerlidir), ve deniz suyu elektromanyetik aralığın yalnızca alçak frekanslarını geçirdiği için yerinde ölçüm yapan bir cihazla kullanıcı arasında radyo ile telsiz bağlantı neredeyse tamamen olanaksız olur. Bu durum atmosferdeki gibi radyo bağlantılı sonda uygulamalarına, kablosuz insansız denizaltıların video bağlantısı ile yüzeyden yönetimine ve sualtında serbest sürüklenen şamandıralara uzaktan komut verilmesine engel olur. Ses dalgaları ile iletişim ise veri başına çok fazla enerji istediği için mümkün olmayabilir. Son derece basit olan bu kısıtlama yüzünden derin suda dibe yerleştirilerek ölçüm yapan *Ters Eko-Derinlikölçer* gibi bazı cihazlar veriyi saklayacak şekilde tasarlanmış, ve dolayısıyla görev süresi sonunda cihazları geri almak için ikinci bir sefer gereksinimiyle maliyet ikiye katlanmıştır [2].

Uzaktan algılamanın büyük ölçüde yüzeye sınırlanması derinlemesine kesitler için yerinde ölçümü tek seçenek yapar. Veri maliyetini azaltmak için çözüm kendinden işler bir sistem tasarlanmalıdır. Bu cihaz(lar) ya ilgi alanına yerleştirilir, ya da serbest sürüklenerek su hareketlerini izler. Alınan verinin kullanıcıya otomatik aktarımı esastır. Bu veri akışı sürekli gerekçer zamanda gerçekleştirilebilir, ya da gerekirse veriler cihazda tutularak görev sonunda ya da düzenli aralıklarla topluca aktarılabilir. Burada önem taşıyan bir nokta veri aktarımında kullanılan enerjinin en aza indirilmesidir çünkü kendinden işler bir sistemin görev ömrü çoğu zaman enerji tüketimince belirlenir.

Gemi maliyetlerini azaltmanın ikinci bir yolu, özel araştırma seferleri yerine ilgi alanından geçen ticari gemileri kullanmaktır. Bu kavram son yıllarda artan bir kullanım görmüştür. "*Fırsat gemisi*" olarak adlandıracağımız bu gemilerden işletilecek ölçüm sistemleri gemi hareket halindeyken çalışabilmeli, tercihen kendinden işler olmalı, gerekli olabilecek müdahaleler gemi personeli tarafından fazla eğitim gerektirmeden ve fazla zaman almadan yapılabilirdir.

ÖLÇÜM SİSTEMLERİ

Bugün en standart kullanım, kızılötesi yayımını ölçerek deniz yüzey sıcaklığının saptanmasıdır. Yeni algoritmalarla 0.5° C hassasiğe ulaşılmıştır. Bu veri meteorolojik modellere girdi olarak kullanılır. *Gulf Stream* gibi termal ize sahip akıntıların konumunun, dalgalanma ve halkalanma olaylarının gözlenmesine olanak tanır. Derin suların yüzeye çıktığı üretken deniz alanlarının tanınması, *El Nino* olarak adlandırılan ve küresel iklim çalkantılarına yol açan, sıcak yüzey sularının *Pasifik* boyunca tahterevallli hareketinin tesbiti, *Ekvator* boyunca ilerleyen *Kelvin* dalgalarının gözlenmesi gibi pek çok kullanıma olanak tanır. Bulutluluk bu ölçümde önemli bir kısıtlamadır. Bugün kullanımın artması nedeniyle günlük, haftalık ve aylık zaman dilimlerinde tümleşik resimler hazırlanarak kullanıma sunulmuştur [3].

Görülür ve görüldüğüne yakın aralıkta yapılan önemli bir uydu ölçümü su rengidir. Bu ölçümle sudaki bitkisel plankton üretimi gözlenir. Kıyı suları ve yüzeye çıkan derin sular besi tuzlarının yüksek derişimleri sonucu, mavi açık okyanus suları yanında son derece belirgin klorofil kontrastları görürler. Benzer şekilde yüksek debili nehirlerin denize taşıdığı alüvyon ve bunun denizdeki yayılımı da kolayca gözlemlenir. Bu uygulama

çok yeni sayılır. Bu güne kadar yapılan çalışmalar deneysel bir uydudan çok kısıtlı veriyle yapıldı. Bu yıl içinde ABD'nin *SeaWiifs* ve *Japonya'nın OTC* uydusunu yörüngeye yerleştirmeyi planlaması ile bu alanda hızlı gelişmeler bekleniyor [4,5].

Uyduyla pasif gözlemlene dışında uydudan kaynaklanan bir ışınla aktif inceleme yapılabilir. Bu şekilde çalışan bir ölçüm *Topex/Poseidon* yüzey yükseltisi ölçümüdür. Bu sistemde uydu yüzeye gönderdiği radyo dalgalarının geri yansımalarıyla yüzeyden yüksekliğini ölçer. Bu uydunun yörüngesinin çok hassas bir modeli ile karşılaştırılarak su yüzeyinin yükseltisi hesaplanır. Bu sistemin en kritik noktası uydu yörünge modelidir. Bu modelde yapılan son ayarlamalarla açık denizde 5cm civarındaki bir hassaslığa ulaşılmıştır. Ölçümün tekrarlanma hızı uydunun aynı yörüngeyi tekrarlama süresine eşit olup 10 gün kadardır. Kıyasal alanlarda ve 5cm'den daha hassas ölçüm gerektiren jeostrofik akıntılar için (*Türk denizlerinde 1cm/100km deniz yüzey eğimi yaklaşık 1cm/s jeostrofik akıntı hızına karşılır gelir*) *Topex/Poseidon* mutlak akıntı hızı ölçemez, ancak aynı noktadaki ölçünlerin zaman dizisinden akıntının zamanla değişen kısmı bulunabilir [6].

Yüzey eğimi ölçümleri kullanılırken akıda tutulması gereken bir nokta derindeki akıntıların yüzey eğiminin aynısına eşyoğunluk eğrilerinin yatayla açısına bağlı olduğudur. Akıntı hızının her derinlikte bilinmesi için hala yoğunluk ölçümlerine gereksinim vardır.

Uydudan kullanılan bir diğer aktif ölçüm sistemi *ERS1* saçılım-ölçerdir. Bu cihaz yine bir mikro dalga bandında bir yayılımın su yüzeyinden yansımalarına bakarak yüzey dokusunu ölçer. Bu ölçüm deniz yüzeyindeki santimetre ölçekli dalgalara çok duyarlıdır. Bu dalgalara rüzgar hızıyla anlık bir denge içinde olduğundan, iyi bir dalga modeliyle karşılaştırılarak rüzgar hızı (vektör değil boyut olarak; yön tayini yapılamaz) bulunabilir [7].

Bu uygulamanın bir benzeri yüzeyden *Ufuk Aşırı Radar* ile yapılır. Bu radar dalgaboyu metre ölçeğinde olan radyo dalgaları kullanır. Yeryüzeyine sabit, yatay uzunluğu yüzlerce metre ölçeğinde bir antenle bu dalgalara yönlendirilerek geniş bir alan taranır. Bu dalgalara iyonosferde kırınım sayesinde uçuğun çok ötesine bakabilirler. *Ufuk Aşırı Radar* ile deniz yüzeyinde rüzgar yön ve hızı ve dalga yüksekliği ölçülebilir [8].

Daha küçük alanlarda mikrodalga radar kullanılarak daha hassas ölçümler de yapılmıştır. Bu frekanslardaki radyo dalgaları iyonosferden yansımadağı için ölçüm alanı ufuk çizgisi ile sınırlıdır. Mikrodalga radarları ile dalga miktarı, *Doppler* sapmasından yüzey akıntısının radar anteni doğrultusundaki bileşeni gibi bilgiler edinilir. Dalga ölçümü yalnızca radarınkine yakın dalgaboylarına sınırlıdır. Akıntı ölçümü de akıntının yalnızca bir bileşenine sınırlıdır. Akıntı vektörünü bulmak birbiri ile tercihen dike yakın açı yapan iki radar gereklidir.

Elektromanyetik dalgalarla uzaktan algılamanın yalnızca yüzeye sınırlı olduğu ve eşyoğunluk yüzeylerinin eğimi nedeniyle akıntı hızının derinlikle değişebileceğine daha önce değinilmişti. Bu durumda derin su için tek seçenek olarak ses dalgaları kalıyor: Kısacası göremediğimizi duymakla yetinmeliyiz.

Ses ile ölçümde en yoğun veri akışı *Akustik Doppler Akıntı Kesiti (ADCP, Acoustic Doppler Current Profiler)* ile sağlanır [9]. Bu cihaz gemiden ya da deniz tabanından işletilir. Yüksek frekanslı ses dalgaları paralel olmayan en az üç yönde deniz tabanına (yüzeyine) yöneltilir. Su içindeki plankton ve diğer parçacıklardan geri yansıyan sesin *Doppler* sapmasından ses dalgasına paralel yöndeki akıntı bileşeni saptanır. Üç yöndeki akıntı bileşenleri ölçüldükten sonra su hareketin tamamen yatay düzlemde olduğu varsayımıyla bu bileşenler yatay düzlemin iki taban vektörüne çevrilir.

Kısa bir ses dalgası yayımından hemen sonra cihaz alıcı dumununa geçer. Ses dalgası ilerlerken enerjinin bir kısmı sürekli geri yansır. *ADAK* bu yansımaları sürekli olarak dinler ve sesin yayımı ile yansımanın duyumu arasındaki zamanı derinliğe çevirir. Böylece akıntı hızının derinlemesine bir kesiti alınmış olur. Bu hesaplama sırasında tuzluluk ve sıcaklık kesitlerinin yaklaşık olarak bilinmesi gereklidir. Bu kesitler çoğu zaman bölgede daha önce yapılmış *CTD* salımlarının ortalaması olarak alınır. Daha hassas hesaplar için sıcaklık *XBT* denilen hareket halindeki gemiden kullanılabilen tek kullanımlık sondalar ile ölçülebilir.

Bu sistem her geçen gün yeni uygulamalar bulmaktadır. Sığ sularda bu şekilde yapılan ölçümler deniz tabanının bir kaç metre yakınına kadar uzanır. (Tabana çok yakında yansıma etkileri sinyali perdeler). Derin sularda ise yaklaşık 400m derinliğe kadar veri alınabilir (Ulaşım derinliği askıdaki madde miktarına ve cihazın sinyalgürültü oranına bağlıdır). Bu cihaz bugün neredeyse tüm araştırma gemilerinde standart donanım olarak bulunur. Düşük çıkış gücündeki üniteler sığ sular için taşınabilir bir pakette üretilmektedir. Bu ünitelerin bazıları dibe kadar ulaşabildikleri durumda deniz dibinden kaynaklanan *Doppler* sapması ile teknenin hızını takip ederek kendi navigasyonlarını yapma yeteneğine sahiptir. Eğer bu uygulama olanaksızsa *GPS* ya da *Loran* ile teknenin yer üzerindeki hızı ölçülerek akıntı hızları buna göre düzeltilmelidir.

Bugün yaygınlaşan bir *ADAK* uygulaması sığ boğazlarda zeminden yukarı bakacak şekilde kullanımdır. Bu tür sistemlerle gemi kullanımı en aza indirilerek boğazdaki akıntı hareketleri gerçek zamanda izlenebilir.

Gemi zamanını azaltan bir diğer uygulama fırsat gemilerinden *ADAK* işletilmesidir. Bu *Gulf Stream* ve *Kuroshio* akıntılarında uygulanmış ve çok başarılı bulunmuştur. *Gulf Stream* için kullanılan gemi *Oleander* ABD doğu kıyısındaki *Delaware* ile *Bermuda* arasında sürekli sefer yapan bir yük gemisidir. Bu gemiden yapılan *ADAK* ölçümü ile *Gulf Stream*'in ilk 400m'sinin her hafta iki kesiti sifıra yakın işletim masrafiyla elde edilmektedir [10].

Ses dalgalarının yansımalarının yanısıra iki nokta arasındaki yayılma hızı da sualtında ölçüm için kullanılabilir. *Akustik tomografi* olarak bilinen bu sistemde çeşitli derinlik ve konumda bir çok akustik alıcı-verici kullanılır. Bu cihazların hepsi radyo ya da uydu bağlantısı ile zamanlanır. Farklı zamanlarda ve frekanslarda yayın yapan bu cihazlar arasındaki zaman gecikmesi ölçülür. Bu noktadan sonra cihaz sayısı ile hızla zorlaşan bir veri işlem aşaması başlar. Bu ölçümle konuclamanın geometrisine bağlı olarak, cihaz sayısının ikili kombinasyonlarının sayısı kadar hacim elemanı için ses hızı hesaplanabilir. Yine tuzluluk ve sıcaklığın dağılımı konusunda bazı varsayımlarla ses hızı sıcaklık, tuzluluk ve akıntı hızına çevrilebilir [11].

Bu sistemde ölçüm aracı olarak ses dalgaları kullanıldığı ve ses hızı sualtında yaklaşık 1500m/s kadar olduğu için bu ölçüm büyük ölçeklerde bile sinoptiğe çok yakındır. (*Atlantik*'i aşan bir ses dalgası yaklaşık 1 saat kadar gecikir.) Ayrıca ölçümün geniş alanlarda ortalama ses hızını kolayca ölçebilmesi de bir avantaj olarak görülebilir. Okyanusun iki kıyısı arasında yapılacak bu tür bir ölçüm sera etkisi ile okyanus sularının ısınmasını izlemek için küresel boyutta bir termometre olarak önerilmiştir. [12,13].

Ses dalgaları üzerine kurulu bir diğer ölçüm sistemi *RAFOS* şamandırasıdır. Bu cihaz belirli bir derinlik ya da yoğunluk yüzeyini izleyecek şekilde safralanmış bir cam şamandıra ve gerekli elektronik donanımdan oluşur. Şamandıra serbest bırakıldıktan sonra akıntılar ile sürüklenir ve sürekli olarak daha önce ilgilenilen bölgeye yerleştirilmiş ses kaynaklarını dinler. Bu kaynaklardan gelen sinyallerin farklı gecikmelerini kullanarak konumunu saptar ve sıcaklık ve basınç ölçümleri yapar. Önceden programlanmış bir çalışma süresinin sonunda cihaz safrasını atarak yüzeye çıkar ve *Argos* uydusu üzerinden topladığı bilgileri üsse gönderir [14].

Bu cihazın önemi topladığı sıcaklık ve derinlik bilgisinden değil bir su kütlesi gibi akıntıyla sürüklenerek suyun izlediği yolu belirtmesinden kaynaklanır. Bu şamandıra *Gulf Stream* sisteminde yıllarca başarıyla kullanılmıştır. Görev süresi bu uygulamalarda altı ayı geçebilir. Bu süre içinde şamandıra binlerce kilometre yol alır. Ses kaynağından bu kadar uzakta cihaz hala konumunu tesbit edebilir çünkü ses hızının basınç ve sıcaklıkla değişimi sesi *SOFAR* kanalı olarak bilinen bir derinlik aralığında sınırlı tutar ve böylece ses dalgaları çok az güç kaybıyla büyük uzaklıkları aşabilir. Bunun ses ile bilgi taşımanın zorluğuna önceki deneyimlerle çelişki oluşturmadığını açıklamakta fayda var. *RAFOS* şamandırası için kullanılan ses dalgaları çok alçak frekanslıdır, ve fazla bilgi taşıyamazlar. Bu nedenle cihaz verileri saklayıp yüzeye çıktıktan sonra elektromanyetik dalgalarla göndermek zorunda kalmıştır.

Bu şamandıralardan birçoğunun kısa aralıklarla salınmasıyla su hareketinin istatistik bir görüntüsü alınabilir. Boğaz aşan sulara tohumlamayla suyun ne kadarının boğazı aştığı, boğazı aşan akıntının izlediği yol, bu yolun değişken olup olmadığı gibi bilgiler alınır. Aynı sistem ek ölçüm birimleriyle başka parametreleri de ölçülebilir. Örneğin şamandıranın yoğunluğunu sürekli olarak iki değer arasında değiştiren bir piston eklenerek eşyoğun tabakaların kalınlığının, ya da şamandıraya takılan kanatçıklar ve bir pusula ile eşyoğunluk düzlemini geçerek şamandırayı döndüren akış hızının ölçümü gibi yaratıcı kullanımlar denenmektedir.

RAFOS şamandırasının başarısı kendinden güdümlü insansız denizaltıların veri toplamak için kullanılması fikrini doğurmuştur. Daha önce insansız denizaltıların görsel güdümlenmesi için gerekli video bağlantısının kablosuz olarak yapılamayacağı belirtilmişti. Bu durum insansız denizaltılarla yapılan incelemeleri kablo uzunluğuyla sınırlamaktaydı. Boru ya da kablo hattı incelemesi, petrol sondajında sualtı bağlantıları gibi hassas konuclama gerektiren işler için görsel bağlantı şarttır ancak aynı hassaslığı gerektirmeyen bir çok iş için güdümsüz bir denizaltı daha kullanışlıdır. Bunların arasında sonar ve manyetometre incelemelerinin gemi güdümlüsü ve kablo titreşimi olmaksızın yapılmasını, standart su ölçümlerinin deniz trafiğini aksatmadan sualtından yürütülmesini ve askeri uygulamaları sayabiliriz. Güdümsüz denizaltılar bugün hızla ilerleyen bir araştırma konusudur. Özellikle motor ve enerji sistemleri ile navigasyon sistemleri yoğun bir ilgi görmektedir. Yakın gelecekte bu araçların genel kullanıma girmesini beklemeliyiz [15].

SONUÇ:

Yukarıda sayılan ölçüm sistemlerinin hepsi halen geliştirilmektedir. Veri işlem algoritmaları ve fiziksel tasarımlarda ayarlamalar hassaslığı ve kullanılabilirliği arttırmaktadır. Sistemlerin bütünündeki gelişmeler çoğu zaman modüler birimlerdeki temel ilerlemelerle olur. Örneğin hızlı teknelerden *ADAK* uygulamasında

rotanın kesin ölçümü önemlidir. *Gyro-pusula* teknolojisindeki gelişmeler doğrudan doğruya ADAK hassaslığına etki yapar.

Bu tür birimler topluca düşünüldüğünde sualtı ölçümünün önemli bir endüstri oluşturduğu ve gelişmelerin yalnızca ölçümle sınırlı olmayıp ilerde teknik uygulamalara temel olacağı görülür. Derin denizde petrol madenciliği şimdiden önemli bir oşinografik ölçüm kullanıcısı haline gelmiştir [16]. Bugün bu tür uygulamaların araştırma geliştirme ağırlıklı olması, daha yerleşmiş ürünlerdeki gibi üretim ekonomisi ve pazarlama değil teknik gelişme, tasarım ile kullanıcı arasında doğrudan iletişim ve her şeyden önemlisi yaratıcı tasarım üzerine kurulu olması üretim devlerinden çok küçük ve yeni kurulan firmaların, özellikle üniversite ve araştırma merkezlerinden kaynaklanan çalışmaların yararınadır. Ülkemizde geliştirilecek bu tür ürünler oşinografi çalışmalarına yapacakları katkının yanısıra elektronik ve mekanik sektörlerinin uluslararası çekişmeye kolayca açılmasına olanak tanıyacaktı.

KAYNAKÇA:

- [1] Kite-Powell HK, Jin D. "Economics of research vessels and implications for fleet planning" Marine Technology Society Journal 28:4 sayfa34-38, 1995
- [2] Coates R. "Underwater Acoustic Communication" Sea Technology 35:7, sayfa 41-47, 1994
- [3] NOAA/NASA "The NOAA/NASA Pathfinder program" University Corporation fo Atmospheric Research, 1994
- [4] McClain CR. "Case studies for SeaWiFS calibration and validation" NASA Goddard Space Flight Center, 1994
- [5] Acker JG. "The heritage of SeaWiFS : a retrospective on the CZCS NIMBUS Experiment Team (NET) Program" NASA Goddard Space Flight Center, 1994
- [6] Rummel R, Sanso F. (Derleyen) "Satellite altimetry in geodesy and oceanography" Springer-Verlag, Berlin, 1993.
- [7] Barstow SF, Krogstad HE. "Wave-climate assessment by satellite remote sensing" Sea Technology 36:10, sayfa 31-38, 1995
- [8] Georges TM, Harlan JA. "Military Over-the_Horizon radars turn to ocean monitoring" Marine Technology Society Journal 27:4 sayfa 31-38, 1994
- [9] Plueddemann AJ. "A data processing module for acoustic doppler current meters" Woods Hole Oceanographic Institution araştırma raporu, Woods Hole, Mass. ABD, 1992
- [10] Gottlieb E, Rossby T, Schwartz G, Cornillon P, Flagg C. (hazırlık halinde)
- [11] Munk WH, Worcester P, Wunsch C. "Ocean acoustic tomography" Cambridge University Press, New York, 1995
- [12] Forbes A. "Acoustic monitoring of global ocean climate" Sea Technology 35:5, sayfa 65-67, 1994
- [13] Munk WH. "Is there time to measure ocean warming before making policy" Marine Technology Society Journal 25:4 sayfa 52-57, 1991
- [14] Rossby HT, Dorson D, Fontaine J. "The Rafos system", J.Atmos. and Oceanic Tech. 3:4, 1986
- [15] Levine ER, Connors DN, Shell R, Gagliardi T, Hanson R. "Oceanographic mapping with Navy's large diameter UUV" Sea Technology 36:6, sayfa 49-55, 1995
- [16] Mardell G, Flynn J. "Deep water challenges" Sea Technology 36:8, sayfa 15-19, 1995

AKDENİZ SUYUNUN GÜNEYBATI KARADENİZ'İN OŞİNOGRAFİSİNE ETKİLERİ

Ahmet Türker

Seyir, Hidrografi ve Oşinografi Dairesi Başkanlığı , 81647 Çubuklu, İstanbul

Özetçe-Bu çalışmanın amacı, *Türk Boğazlar Sistemi* (TBS)'ni izleyerek alt akıntılarla *Karadeniz'e* giren *Akdeniz* kaynaklı suların *İstanbul Boğazı Karadeniz* yaklaşımını kapsayan *Güneybatı Karadeniz'in* yoğunluk tabakalaşması, düşey karışım olayları ve aerobik yaşama olan etkilerini incelemektir. Bu maksatla *Akdeniz* suyu karakteristik özellikleri olan, yüksek sıcaklık ve tuzluluğu ile *Güneybatı Karadeniz'in* dip suyundan oldukça yüksek çözünmüş oksijen konsantrasyonu kesitler halinde incelenmiştir. Bölgede gerçekleştirilen araştırmalar sonucu elde edilen sıcaklık, tuzluluk ve çözünmüş oksijen parametrelerinin analiz ve değerlendirilmesi ile, *Akdeniz* suyunun bölgenin fiziksel oşinografisine önemli etkilerinin olduğu saptanmıştır. *Akdeniz* suyu, *Güneybatı Karadeniz* sıcaklık, tuzluluk ve çözünmüş oksijen değerlerini artırıcı yönde etki etmektedir. Ayrıca yoğunluk tabakalaşmasını kuvvetlendirirken, *Karadeniz'de* oldukça sınırlı olan aerobik yaşam sınırını bir miktar daha yükseltmektedir.

I. GİRİŞ

Akdeniz suyunun *Batı Karadeniz'de* izlenmesi çalışmaları, *Karadeniz'in* mevcut su kütlelerinin ve karışım olaylarının bölgenin oşinografisi üzerindeki etkilerinin anlaşılması yönünden günümüzde de önemini korumaktadır.

TBS'nin bir parçası olan ve *Marmara Denizi* ile *Karadeniz'i* birbirine bağlayan *İstanbul Boğazı'nın*, su alışverişini kontrol eden önemli bir unsur olması ve farklı oşinografik koşulların *Güneybatı Karadeniz'e* transferini sağlaması nedenleri ile bölgenin oşinografisi üzerinde önemli bir rolü vardır.

Güneybatı Karadeniz'in oşinografisi, su bütçesi, tabakalaşma ve karışım olayları üzerinde önemli etkileri bulunan *Akdeniz* suyunun bölgede araştırılması çalışmaları XVII. Yüzyıla kadar kazanmakta olup, son kaç on yıllık dönemde önemini daha da arttırmıştır. *İstanbul Boğazı* ve *Güneybatı Karadeniz'den* oluşan ve oldukça fazla değişkenlik gösteren karmaşık ve olağın dışı jeomorfolojik ve iklimsel özellikleri nedeniyle büyük bir oşinografik öneme sahip bölgenin dinamik oşinografik yapısı, daha detaylı olarak incelenmeye muhtaçtır.

Genelde bu bölgede gerçekleştirilen çalışmalar kısa süreli olup, sürekli de değildir. *Akdeniz* suyunun bölgede yayılımında en önemli rolü oynayan, dip topografyası ve batimetri son yıllara kadar detaylı olarak incelenmemiştir. Ancak son yıllarda başta *Seyir, Hidrografi ve Oşinografi Dairesi Başkanlığı (SHOD)* ve *ODTÜ Deniz Bilimleri Enstitüsü (DBE)* tarafından bölgede batimetrinin yüksek mevkii hassasiyeti ile belirlenmesi doğrultusunda çalışmalar gerçekleştirilmiş ve halihazırda da sürdürülmektedir. *Akdeniz* suyunun *İstanbul Boğazı* boyunca ve *Güneybatı Karadeniz'de* izlenmesi çalışmaları, çeşitli yerli ve yabancı bilimsel kuruluşlarca gerçekleştirilmiştir (*SHOD, ODTÜ-DBE, WOI 'Woodshole Oceanographic Institute'* v.b.). 1980 öncesi yapılan yerli ve yabancı araştırma çalışmaları genelde küçük boyutlu çalışmalardır. Bölgenin en detaylı oşinografik ve hidrografik çalışmaları 1980'den sonra, *SHOD* ve *ODTÜ-DBE* tarafından gerçekleştirilmiştir [1-5].

Özellikle *SHOD* araştırma gemileri *TCG Çandarlı* ve *TCG Çarşamba* ile 1970 ve 1980'li yıllarda 1986'dan sonra ise *TCG Çubuklu* ile, *ODTÜ-DBE* araştırma gemisi *Bilim, Dokuz Eylül Üniv.* araştırma gemisi *K.Piri Reis, İ.Ü.* araştırma gemisi *Arar* ile ulusal nitelikte, *WOI* gemisi *R/V Knorr* ile 1988 yılında *Karadeniz'de* uluslararası katılımlı önemli araştırma çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bahse konu araştırma çalışmalarının çoğu münferit ve kısa süreli olup; ortak, daha uzun süreli ve daha modern sistemlerle yürütülecek araştırma çalışmalarına ihtiyaç vardır.

Batı Karadeniz'deki oşinografik koşullar büyük ölçüde, bu denizi *Ege* ve *Akdeniz'e* bağlayan *İstanbul* ve *Çanakkale Boğazları'ndaki* su değişimi ile belirlenmekte olup, bölgenin oşinografik ve ekolojik koşullarının belirlenmesinde son derece önemli bir rol oynamaktadır. *Karadeniz* ile su alışverişine sahip bitişik denizlerin fiziksel özelliklerinin, *Karadeniz'in* ara ve derin suyunun fiziksel özellikleri üzerindeki rolü daha kapsamlı ve sürekli olarak incelenmesi bölgenin daha iyi tanınmasına, düşey akıntı ve karışım olaylarının daha iyi anlaşılmasına yardımcı olacaktır. Bölgenin genel ve yerel çalışma haritaları, Şekil 1 (a, b)'de verilmiştir.

II. YÖNTEM

Akdeniz suyunun *Güneybatı Karadeniz'in* oşinografisine etkileri konusunda, gerçekleştirilen araştırma çalışmalarında kullanılan başlıca yöntemler; iletkenlik, sıcaklık ve derinlik (CTD) ölçmeleri, *Nansen* şişeleriyle alınan su örneklerinin sıcaklık, tuzluluk ve çözünmüş oksijen analizlerini kapsamaktadır. Adı

geçen yöntemlerle şekillerde (2, 3, 7) mevkiileri belirtilen istasyonlarda toplanan oşinografik veri ve numunelerin, laboratuvar ve bilgi işlem analizleri yapılarak sonuçlar, deneysel analiz tekniklerinden; enine ve boyuna kesitler, düşey dağılım ve profiller halinde verilmiştir.

III. BULGULAR

Seyir, Hidrografi ve Oşinografi Dairesi Başkanlığı'nca, Akdeniz suyunun Güneybatı Karadeniz'de incelenmesine yönelik Kasım 1995'te gerçekleştirilen ölçme çalışmalarında elde edilen tuzluluk verileri, enine ve boyuna kesitler halinde Şekil 2 ve 3'te, ODTÜ-DBE tarafından yine aynı bölgede toplanan çözünmüş oksijen verileri ise Şekil 7 (a,b)'de kesitler halinde verilmiştir.

Şekil 2 ve 3'te verilen bölgenin boyuna ve enine tuzluluk kesitlerinde; *Akdeniz suyunun karakteristik tuzluluk değeri olan 30 psu'luk tuzluluk değeri, Şekil 2'deki boyuna kesitte boğaz çıkışından yaklaşık 7 km kuzeyde gözlenirken, Şekil 3'te verilen enine tuzluluk kesitinde 34 psu'luk tuzluluk değeri Boğazın yaklaşık 24 km kuzeyinde gözlenmektedir. Bu durum bize, Şekil 2'de Akdeniz suyunun her ne kadar eşige dayandığını gösteriyorsa da, farklı bir pattern izleyerek ince bir tabaka halinde Güneybatı Karadeniz içlerine doğru yayıldığını göstermektedir.*

Güneybatı Karadeniz'de tabakalaşmayı gösteren en önemli faktörlerden birisi de, Şekil 4(a,b)'de verilen Karadeniz'in yıllık ortalama çözünmüş oksijen-hidrojen sülfür dağılımıdır [6]. Çözünmüş oksijen konsantrasyonu sıcaklıkla ilk 50 m içerisinde, yaklaşık 5-9 ml/l arasında değişmektedir. Çözünmüş oksijen konsantrasyonu sıcaklıkla ters orantılı olup, 50 m derinlikten sonra artık bulunmaz. Bu derinlik aynı zamanda aerobik yaşamın alt sınırınıdır. Bölgede çözünmüş oksijen-hidrojen sülfür dağılımı dikkate alındığında, üstte çözünmüş oksijen zengin, yaklaşık 100m kalınlığında bir yüzey tabakası, altta ise çözünmüş oksijenin, dolayısıyla aerobik hayatın olmadığı hidrojen sülfür bakımından zengin bir alt tabaka yer alır (Şekil 4 a,b).

Akdeniz suyu, İstanbul Boğazı'nı geçerek Karadeniz'e girdikten sonra, şelf bölgesinde soğuk ara suyu ile karışarak ilerlemekte ve soğuk anomaliler şeklinde Haloklin'e (tuzluluğun aniden arttığı tabaka) eriştikten sonra kıta eğimi boyunca daha derinlere batmakta. Akdeniz suyu şelf boyunca karıştığı ve temasta bulunduğu suların fiziksel parametrelerini etkileyerek değiştirmekte, daha sonra Karadeniz tabanına doğru yayılırken, orta derinliklerde yer alan nepheloid (askı maddesince yoğun bulanık tabaka) tabaka ile etkileşmektedir. Akdeniz suyu ile Karadeniz'e taşınan kıyusal mazmelelerin içerdiği deneyleri ile saptanmıştır [7]. Yapılan deneyler sonucunda Akdeniz suyunun soğuk ara tabakası ile karışıp, anoksik ara yüzeyin altındaki derinliklere yayılarak, geniş bir sahada kıvrımlı anomaliler oluşturduğu, Karadeniz'in içsel tabakalaşmasında ve haloklinin yapısal formasyonunda bir kontrol mekanizması rolü oynadığı saptanmıştır. Akdeniz suyunun, Karadeniz'in güneybatı şelfini yerel etkileşimlerle geçip, bölgenin sıcaklık, tuzluluk, askı maddesi, çözünmüş oksijen içeriğini etkileyerek, ara tabakada ikili yayılım mekanizmalarını (double diffusive mechanisms) harekete geçirebildiği Özsoy vd. (1991) tarafından belirtilmiş olup, bu durum şematik olarak Şekil 5'te gösterilmiştir. İlkbahar ve erken yaz aylarında Batı Karadeniz ülkelerinde kar ve buzların erimesi ile büyük debili (Tuna gibi) akarsuların yüksek orandaki tatlı su girdileri ve atmosferik basınçtaki düşüşler nedeniyle Batı Karadeniz'in su seviyesi ile (Şekil 6 a,b) bölgenin yüzey ve yüzeyaltı (soğuk ara suyu) tabakalarındaki çözünmüş oksijen oranı yükselmektedir (Şekil 7 a,b).

Yüksek çözünmüş oksijen oranına sahip Güneybatı Karadeniz'in bu nisbeten sığ bölgesinde, Akdeniz suyu daha düşük (3-4 ml/l) çözünmüş oksijen oranı ile izlenmektedir Şekil 7 (a,b). Akdeniz suyunun Güneybatı Karadeniz'in sıcaklık, tuzluluk, yoğunluk ve derin sularda çözünmüş oksijen yapısına muhtemel etkileri sarısıyla Şekil 8 (a,b,c,d)'de verilmiştir. Şekil 4, 6, 6 ve 7'de verilen bilgilerden yararlanılarak hazırlanan Şekil 8 (a,b,c,d)'den de görüleceği üzere Akdeniz suyu, Güneybatı Karadeniz'de bulunduğu derinlikte ortamın sıcaklık, tuzluluk ve sigma-t (veya sigma θ) karakteristiklerini bir miktar değiştirebileceği değerlendirilmektedir. Akdeniz suyu ile etkileşimi sonucunda Karadeniz'in ara suyunun sıcaklık, tuzluluk ve yoğunluk değerleri bir miktar yükselmektedir.

Çözünmüş oksijen konsantrasyonunun yüksek olduğu yüzeyaltı tabakada, Akdeniz düşük oksijen konsantrasyonu ile izlenirken, anoksik arayüzey civarında ve daha derinlerde ise Akdeniz suyunun, ortamın çözünmüş oksijen oranını bir miktar daha yükseltebileceği gözlenmektedir (Şekil 8 a,b,c,d) Güneybatı Karadeniz'e giren Akdeniz suyunun tuzluluk ve sıcaklık dağılımları, sınır güdümlü konveksiyon olayları şeklinde hareket ederek, özellikle kıta şelfi sınırına yakın orta derinliklerde askıdaki madde miktarındaki artışla sonuçlanmaktadır [2]. Karadeniz'de orta derinliklerdeki bu yüksek askı maddesi konsantrasyonu tabakasının Neuymin (1973), Shimkus ve Trimonis (1974) tarafından da incelendiği Latif vd. (1991) tarafından belirtilmekte olup, Latif vd. (1991) çalışmalarında yüzeye yakın tabakada maksimum 0.5-1.5 mg/l, birincil biyolojik üretimden kaynaklanan partiküler organik karbon (particulate organic carbon-POC) oranının %15-75 civarında bulunduğu, ikinci maksimum askı maddesi konsantrasyonunun ise Akdeniz suyunun

yayımları ile uyumlu olarak, anoksik arayüzey civarında gözlemlendiği ve POC oranının ise %2-12 civarına düştüğü saptanmıştır [2]. Bu durum Akdeniz suyunun bölgenin çökel yapısını da etkilediğini göstermektedir.

Soğuk ara suyu ile etkileşimi sonucunda soğuyan, tuzluluğu azalan ve çözünmüş oksijen konsantrasyonu artan Akdeniz suyunun anoksik tabakaya (250 m) enjekte oluşu ile birlikte, karışım bölgesinde sülfatın reduksiyonu ile sülfat oranı oldukça azalmaktadır [2]. Fosfatın süratle arttığı anoksik tabakanın bu kısmında sıcaklık, askı maddesi ve diğer kimyasal özellikler arasındaki yakın ilişki, Akdeniz suyunun bölgedeki su kütleleri ile karışımına ve kıta şelfi ile kıta eğimindeki tabakalaşmaya olan etkisini göstermesi açısından önemlidir. Ayrıca bölgenin düzensiz T-S yapısının, Akdeniz suyunun bölgedeki etkilerinin diğer bir sonucu olduğu değerlendirilmektedir (Şekil 9).

Güneybatı Karadeniz şelfi ve kıyusal bölgelerdeki derin sularda hidrojen sülfür yerine az da olsa rastlanan çözünmüş oksijenin varlığı [2] son derece zayıf düşey su hareketlerinin yanında, Akdeniz suyunun bölgedeki etkilerini de göstermektedir. Bölgenin dip suları, ılık ve çözünmüş oksijen içeriği çevreye göre yüksek Akdeniz suları ile zenginleşerek, biyolojik yaşamı olumlu yönde etkilemektedir.

IV. TARTIŞMA VE SONUÇ

Akdeniz suyu Güneybatı Karadeniz şelfi ve kıta yamacını geçtikten sonra, derin su tabakasına karışarak ortamın tuzluluk, sıcaklık, çözünmüş oksijen ve diğer fiziksel, kimyasal dağılımlarını değiştirmektedir (Şekil 2,3). Güneybatı Karadeniz'de olduğu gibi, Karadeniz'in tamamının oşinografisi, önemli oranda TBS ile sağlanan su değişimleri ile bilirlenmektedir. Bu su değişiminde, İstanbul Boğazı yoluyla ve alt akıntılarla Karadeniz'e taşınan Akdeniz suyunun, bölgenin oşinografisi üzerinde önemli bir etkisi vardır.

Kıyusal bölgelerde 200-250 m derinliklerde yapılan gözlemlerde, 1-1.5 ml/l civarında rastlanan çözünmüş oksijen konsantrasyonunun [2], topografya ile rüzgar, yön ve hızına bağlı olarak özellikle kış ve erken ilkbahar aylarında oluşan düşey konveksiyonlar ile birlikte Akdeniz suyunun etkisi sonucu meydana gelen karışımlar nedeniyle olabileceği değerlendirilmektedir.

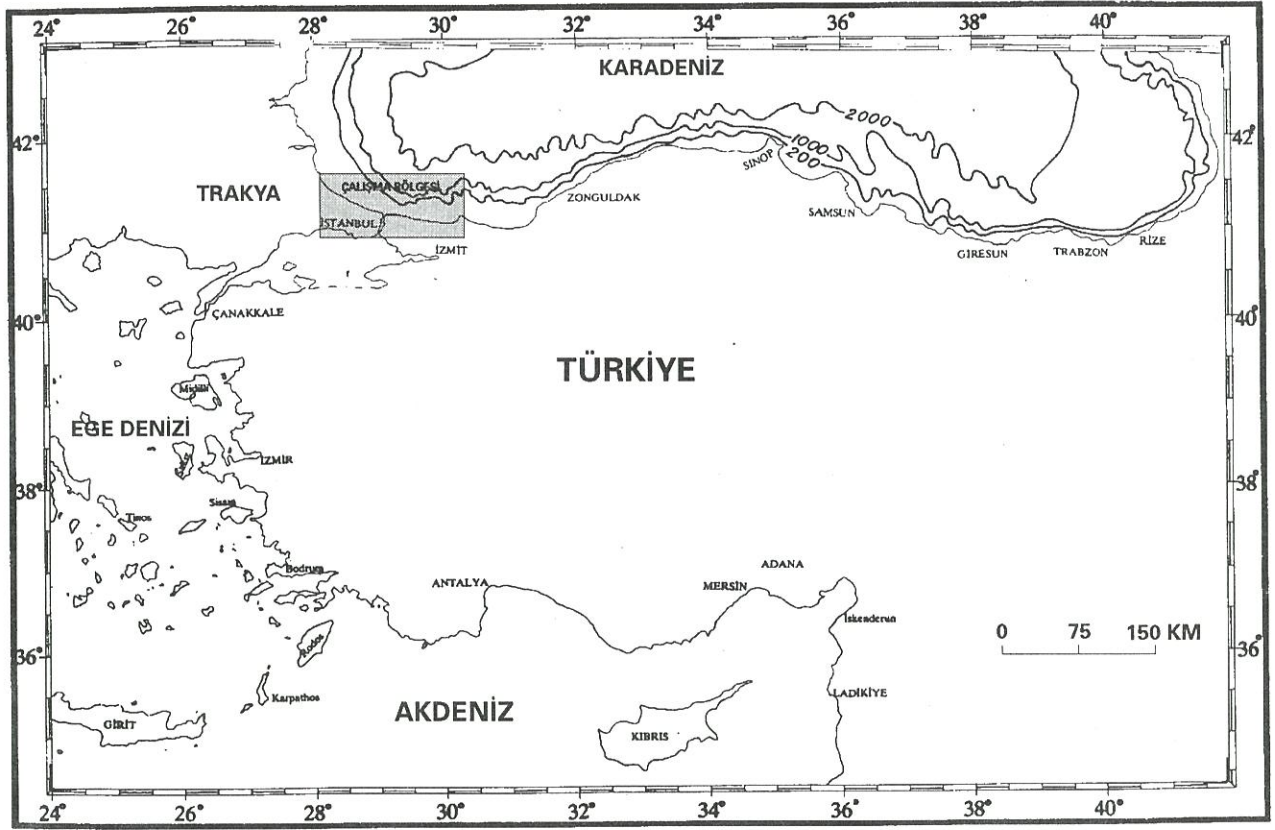
Rüzgar, yağış, basınç farkı ve akarsu debisi gibi iklimsel meteorolojik faktörler, bölgenin su bütçesini ve su seviyesini değiştirerek, Akdeniz suyunun Karadeniz'e girişini, su miktarını, akıntı hızı ve yönünü etkilemektedir. Rüzgarlar bölgede gerek alt gerekse üst su akışlarını etkileyerek, düşey karışımlar ve tabakalaşma üzerinde önemli bir rol oynamaktadırlar. Özellikle kuvvetli kuzeyli rüzgarların etkisiyle, Marmara Denizi yönünde artan üst su akışı sonucunda, Marmara Denizi'ne fazla miktarda yüzey suyu taşımakta, buna karşılık Karadeniz'in güneye taşınan yüzey suları alt sularla karşılanmakta ve boğazın Karadeniz yaklaşımında zorlu düşey karışımlar olmaktadır. Atmosferik basınçtaki düşmeler, yağış ve Karadeniz'e olan tatlı su girdisi de, su seviyesini Karadeniz lehine artırıcı etki yaptığından, Akdeniz suyunun Karadeniz'e girişini yavaşlatıcı ve giren su miktarını azaltıcı yönde etki etmektedirler. Kuvvetli kuzeyli ve güneyli rüzgarların varlığında oluşan ekstrem atmosferik koşullar altında üst tabaka ile olan karışımlar sonucunda, İstanbul Boğazı veya boğaz'ın Karadeniz yaklaşımında alt akıntıya verilecek atık deşarjlarının bir kısmı, yüzey suları ile tekrar Marmara Denizi'ne dönüşebilecektir.

Güneybatı Karadeniz'in en önemli özelliklerinden birisi de, düşey karışım ve dip su yenilenmesinin çok zayıf olması ya da çok uzun zaman gerektirmesi nedeni ile yaklaşık 120-150 m derinlikten sonra oluşan anoksik koşullardır. Bu koşullar, Akdeniz suyunun bölgede varlığı nedeniyle değişebilmekte, anoksik tabakaya enjekte olan nispeten yüksek çözünmüş oksijen konsantrasyonu ile aerobik yaşam derinliği artmaktadır. Çözünmüş oksijen miktarı deniz suyunda yatay ve düşey (derinlikle) değiştiği gibi, atmosferik koşul ve mevsimlere bağlı olarak da değişmektedir. Çözünmüş oksijence en zengin mevsimler kış ve ilkbahardır (Şekil 7a,b). Ancak çözünmüş oksijen-hidrojen sülfür değerleri Güneybatı Karadeniz'in her yerinde aynı dağılımı göstermeyip, yerel koşullara bağlı olarak da bazı değişimler gösterebilir. Özellikle kıyusal bölgelerde gerçekleştirilen çalışmalarda, 250-300 m derinliklerde 1-2 ml/l civarında çözünmüş oksijene rastlanması [2], zayıfda olsa bir miktar düşey karışımın varlığını doğrulamaktadır.

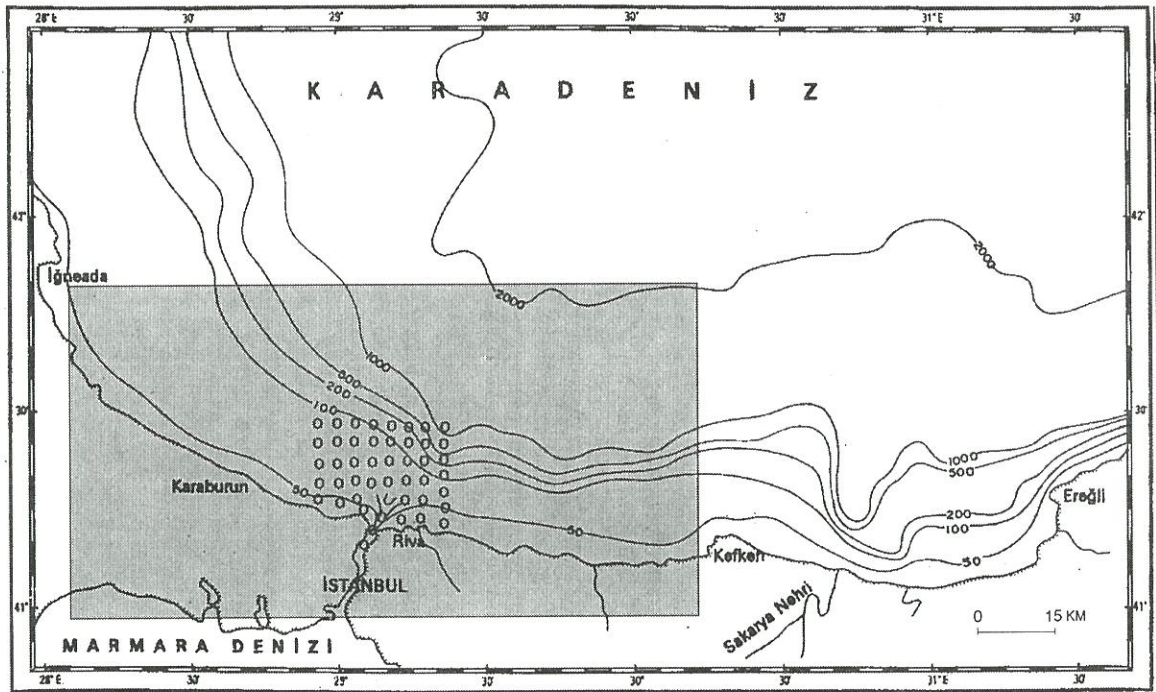
Karadeniz'in 200 m derinlikteki suların yaşının 2000 yıl civarında olması [6], derin suların İstanbul Boğazı'ndan giren Akdeniz suyunun nispeten yüksek çözünmüş oksijen konsantrasyonu ile tazelandığını, sınırlı da olsa alt ve üst tabaka suları arasında bir su alışverişinin olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak Akdeniz suyu bölgenin sıcaklık, tuzluluk, çözünmüş oksijen ve sediment yapısını etkilerken, yaklaşık %93'ünde birincil yaşam bulunmayan [3] Karadeniz'in yaşam alanını, bir miktar daha arttırabilecektir.

KAYNAKLAR

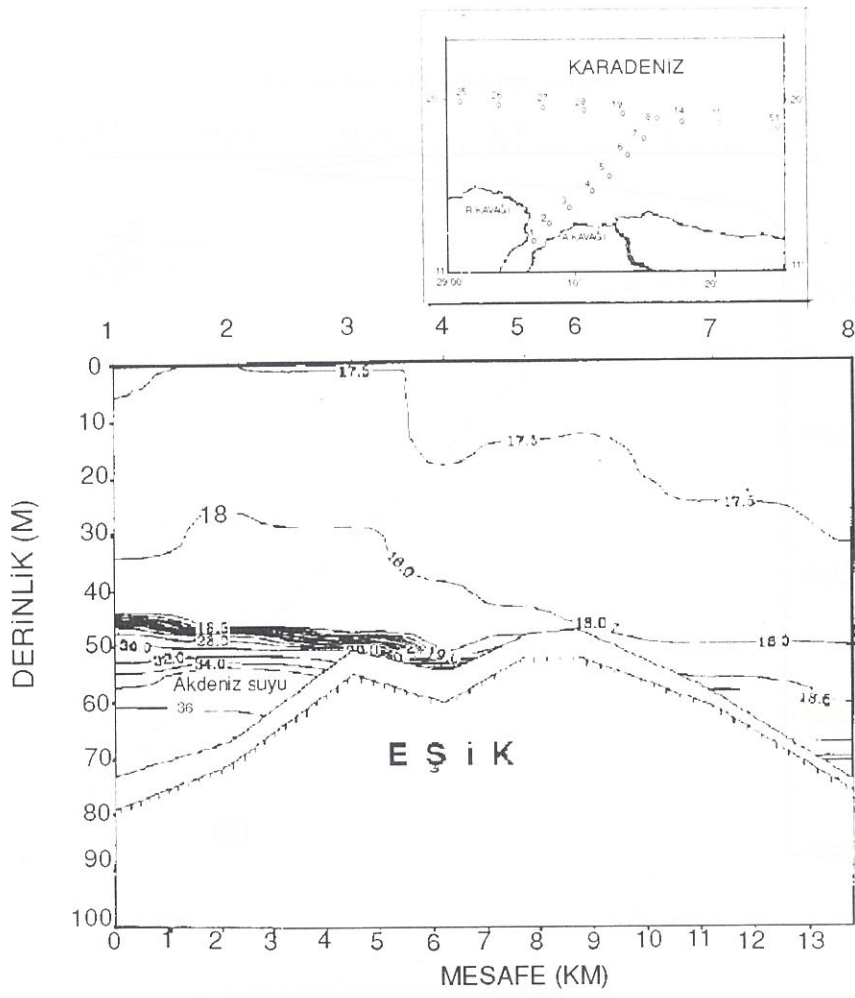
- [1] Büyüközden A, Yüce H, Bayraktar T. "Akdeniz Suyunun İstanbul Boğazı Boyunca ve Karadeniz'de İncelenmesi -Cilt I, II. TÜBİTAK Çevre Araştırmaları Grubu Ara Raporları ve Sonuç Raporu" 1983.
- [2] Latif MA, Özsoy E, Oğuz T, Ünlüata Ü. "Observations of the Mediterranean Inflow into the Black Sea", Deep Sea Research, 38, Suppl. 2, Sayfa 711-723, 1991.
- [3] Özsoy E, Top Z, White G, Murray JW. "Double diffusive intrusions, mixing and deep sea convection processes in the Black Sea" in The Black Sea Oceanography, NATO ASI Ser., edited by J.W. Murray and E. İzdar, S. 17-42, Kluwer Academic, Norwell, Mass., 1991.
- [4] Türker A. "Akdeniz Suyunun İstanbul Boğazı Boyunca ve Güneybatı Karadeniz'de İncelenmesi". Doktora Tezi, İstanbul Üni. Dz. Bil. ve İşlt.Enst. 1996.
- [5] Yüce H. "Investigation of the Mediterranean water in the strait of İstanbul (Bosphorus) and the Black Sea", Oceanologica Acta, 13,2, Sayfa 177-186, 1990.
- [6] Erinç S. "Türkiye Denizleri Ders Notları".
- [7] Bogdanova, AK. "The Distribution of Mediterranean Waters in the Black Sea". Deep Sea Research, 10, Sayfa 665-672, 1961.



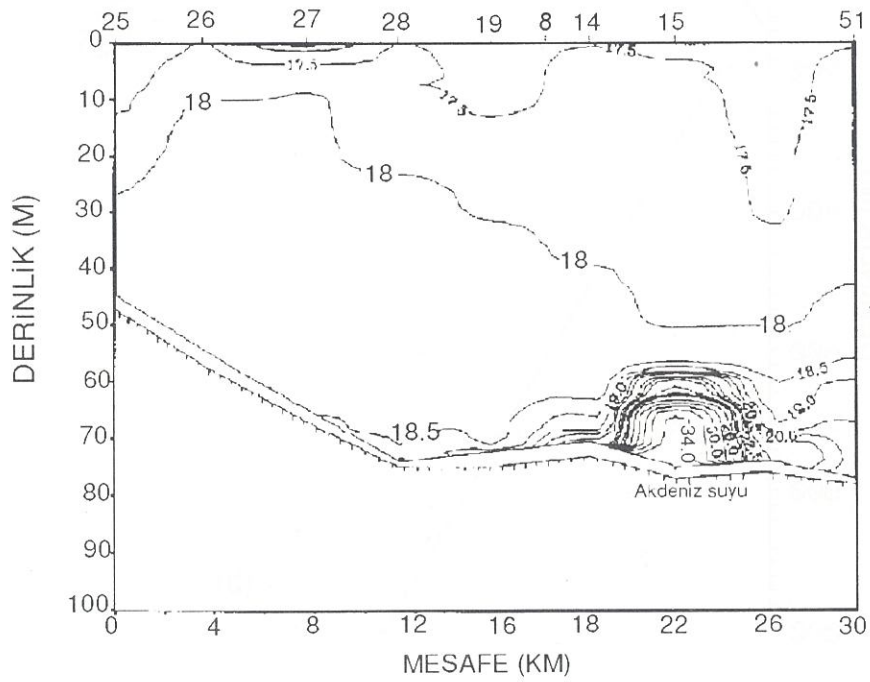
Şekil-1a. Genel Karadeniz ve çalışma sahası (TR-3 No'lu haritadan, Derinlikler metredir)



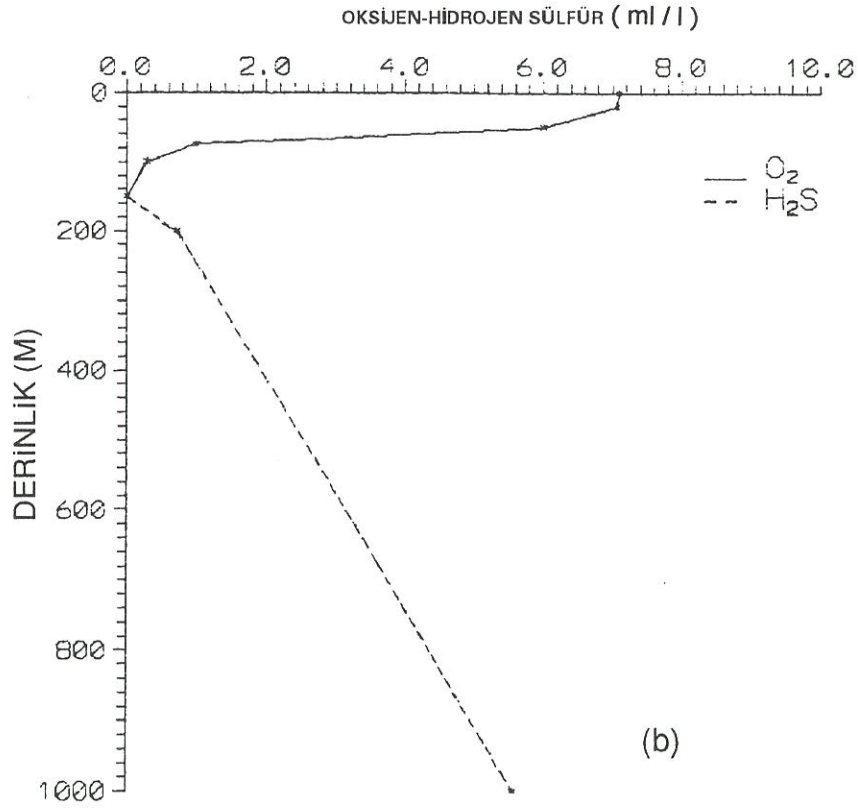
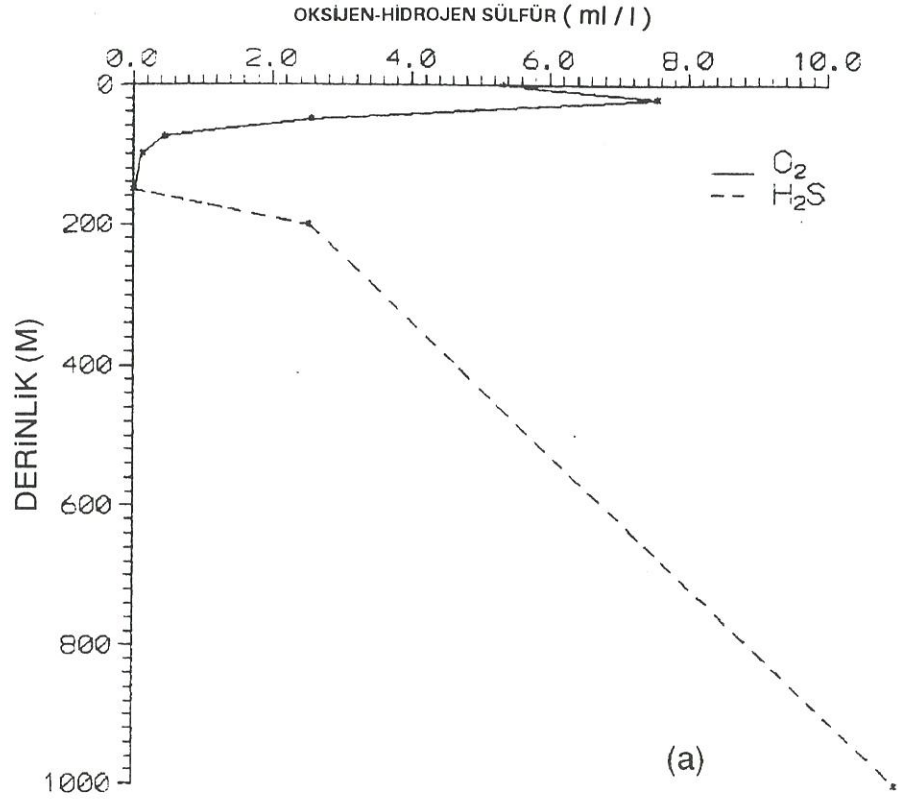
Şekil-1b. GB Karadeniz ve çalışma sahası (TR-11 No'lu haritadan, Derinlikler metredir)



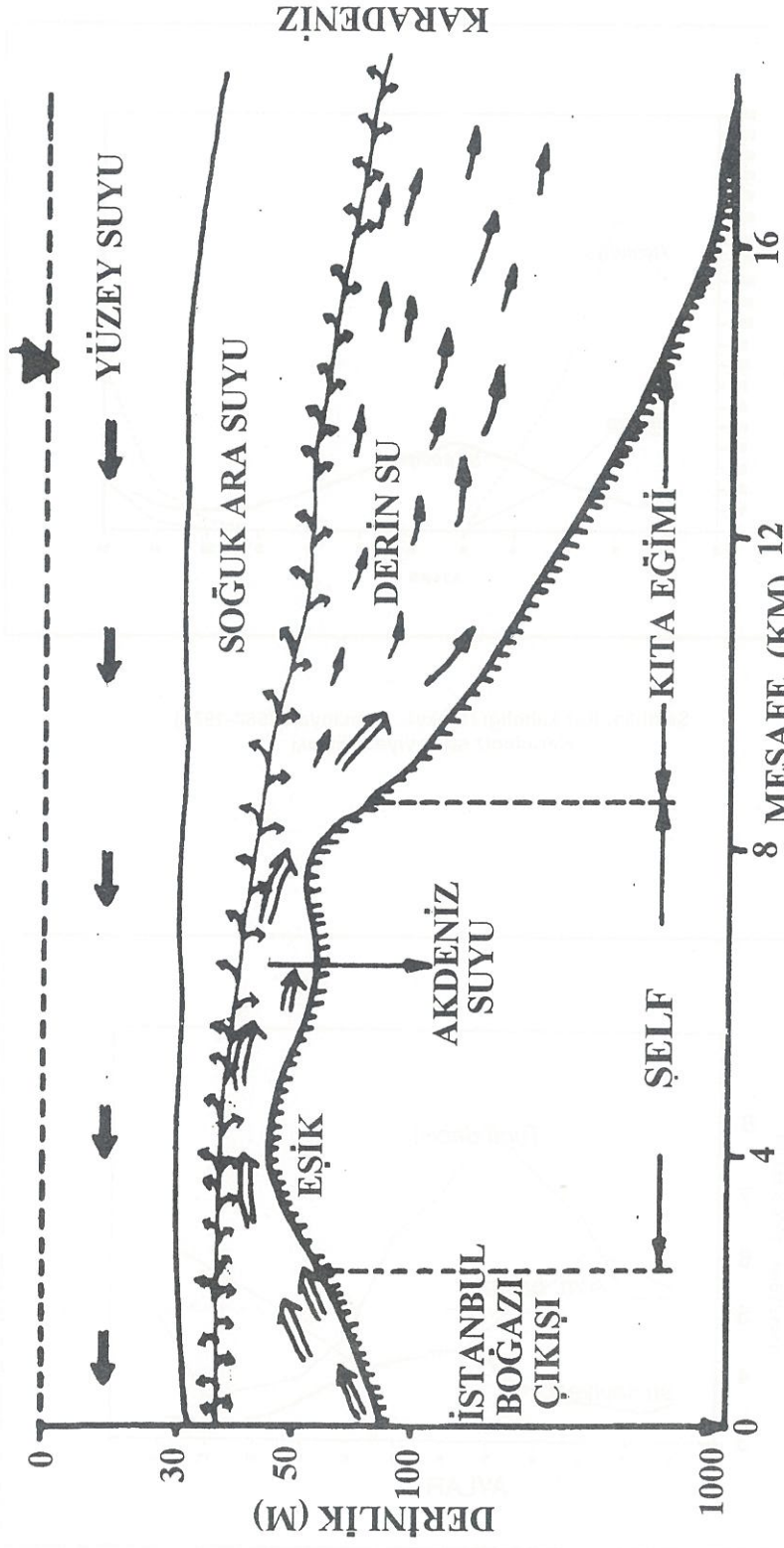
Şekil-2. Bölgenin boyuna tuzluluk kesiti
(TCG Çubuklu, Kasım 1995)



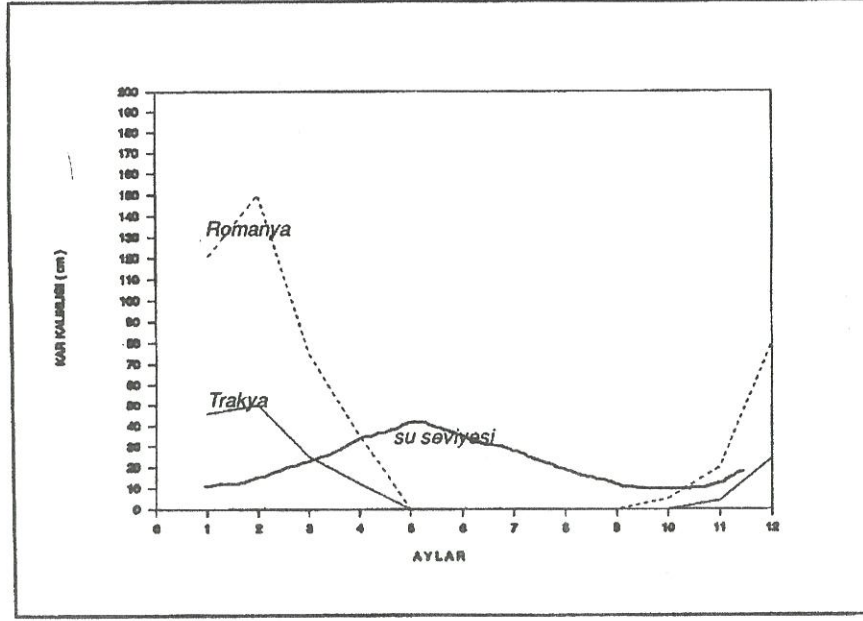
Şekil-3. Bölgenin enine tuzluluk kesiti
(TCG Çubuklu, Kasım 1995)



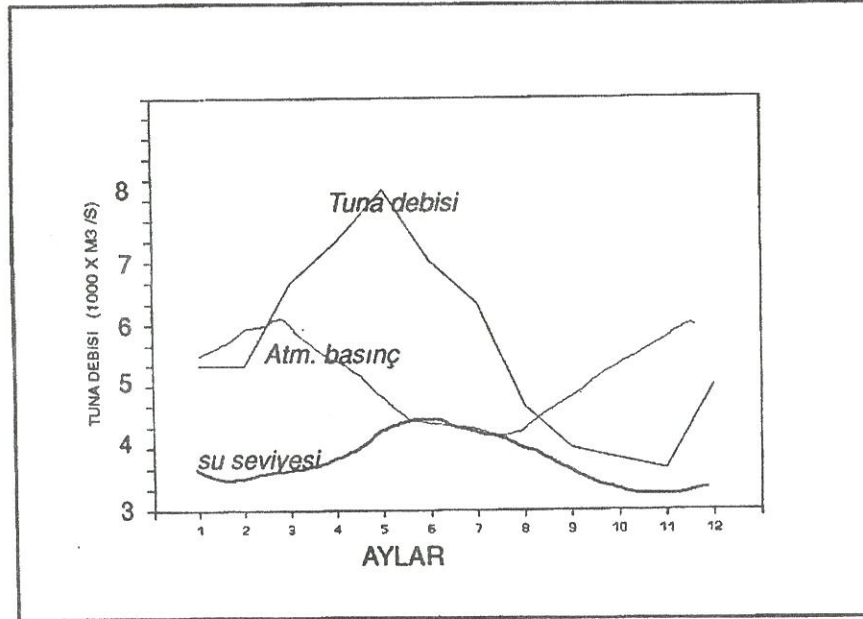
Şekil-4 (a,b). GB Karadeniz'de çözülmüş oksijen/hidrojen sülfür dağılımı
a-Yaz, b-Kış



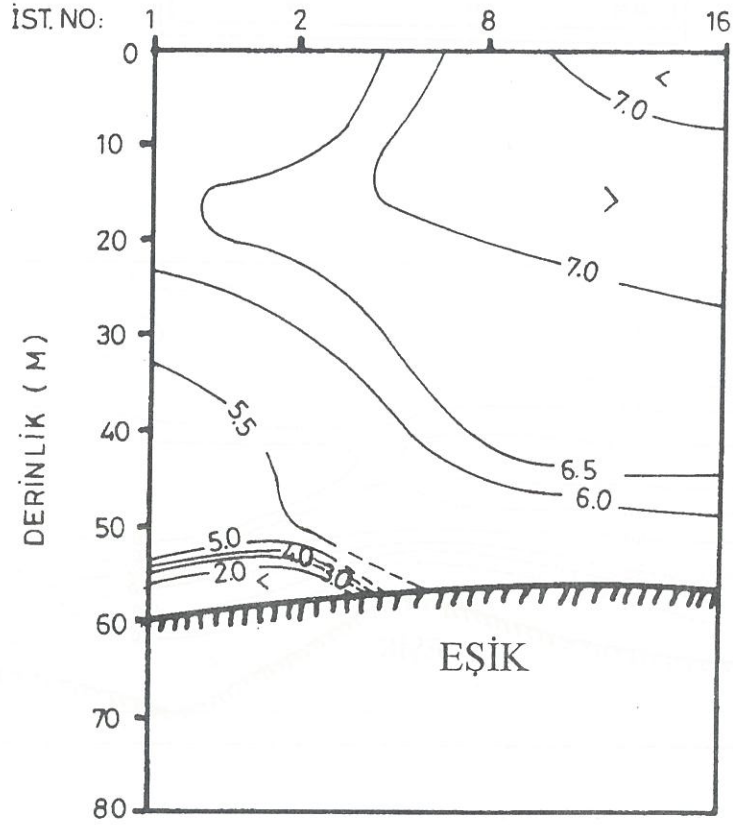
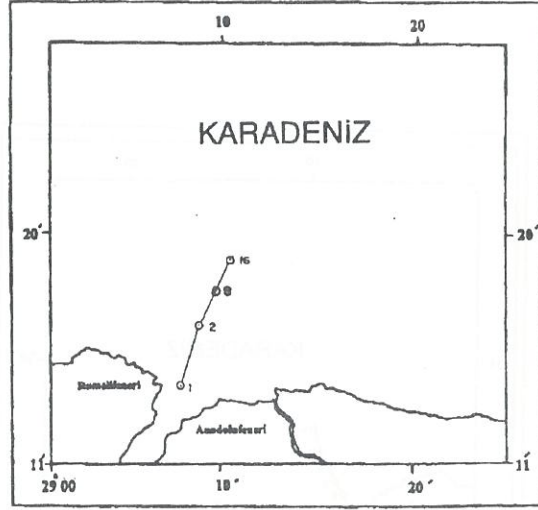
Şekil 5 Akdeniz suyunun GB Karadeniz'de yayılımı



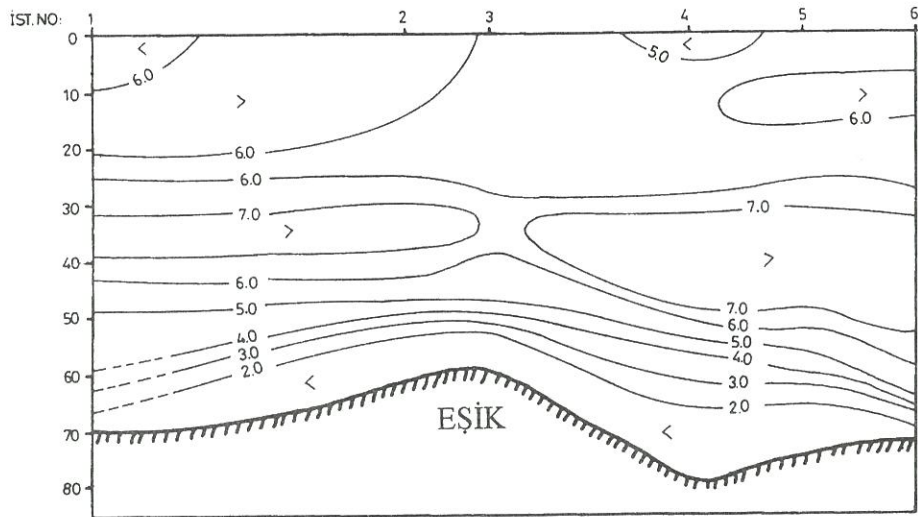
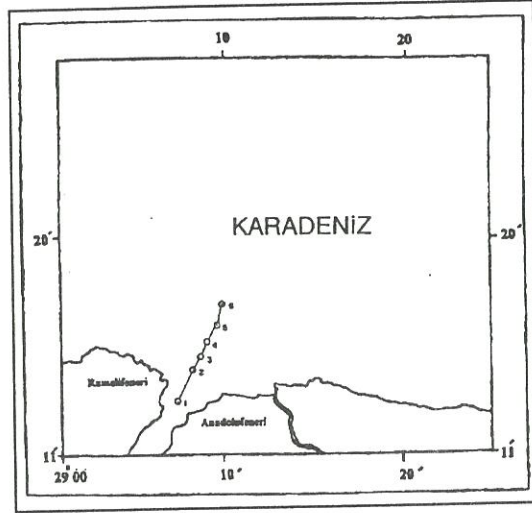
Şekil-6a. Kar kalınlığı (Trakya, Romanya) (1960-1978)
Karadeniz su seviyesi ilişkisi



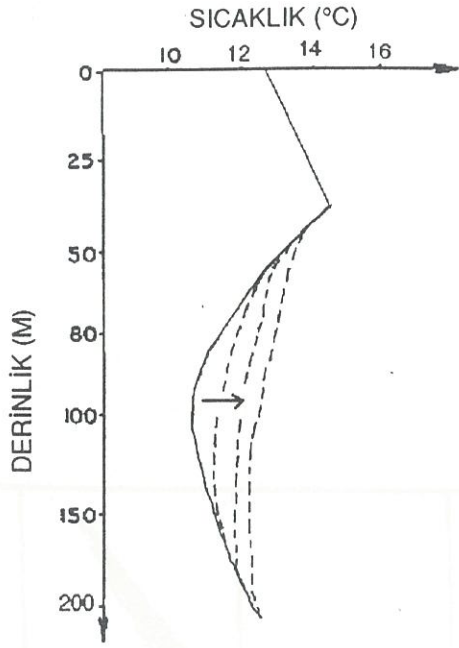
Şekil-6b. Tuna Nehri'nin debisi (1961-1980)
Karadeniz su seviyesi atmosferik basınç ilişkisi



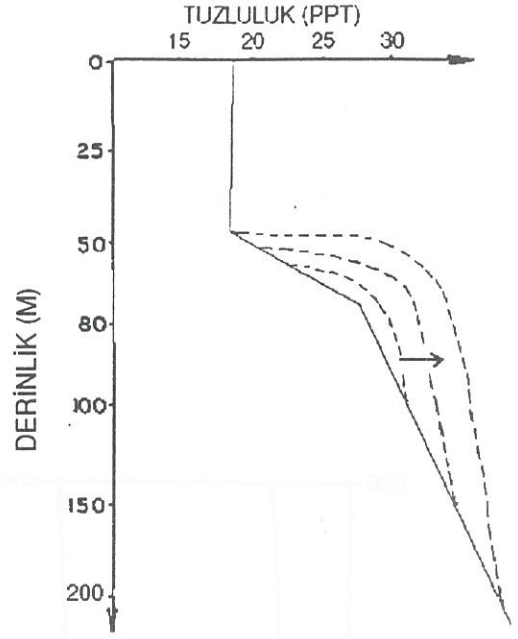
Şekil-7a. GB Karadeniz boyunca çözülmüş oksijen dağılımı
(Mayıs, 1986)



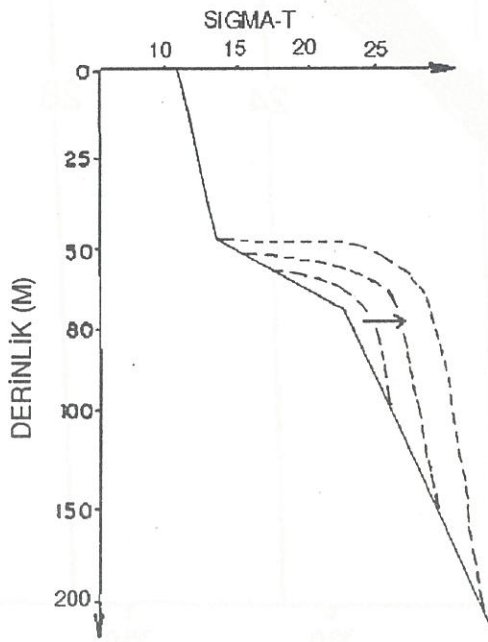
Şekil-7b. GB Karadeniz boyuna çözülmüş oksijen dağılımı
(Ekim 1991)



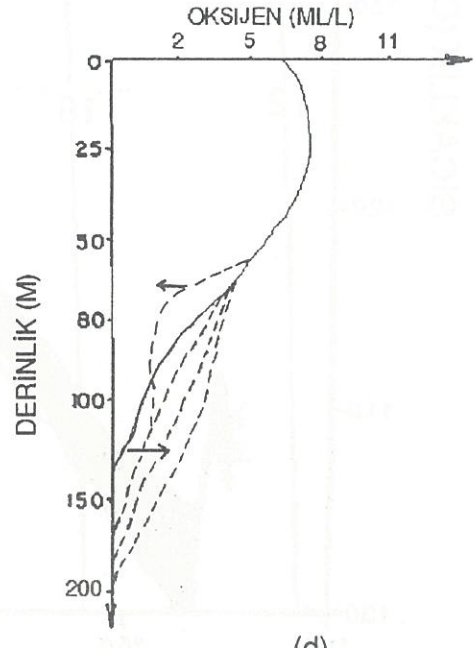
(a)



(b)

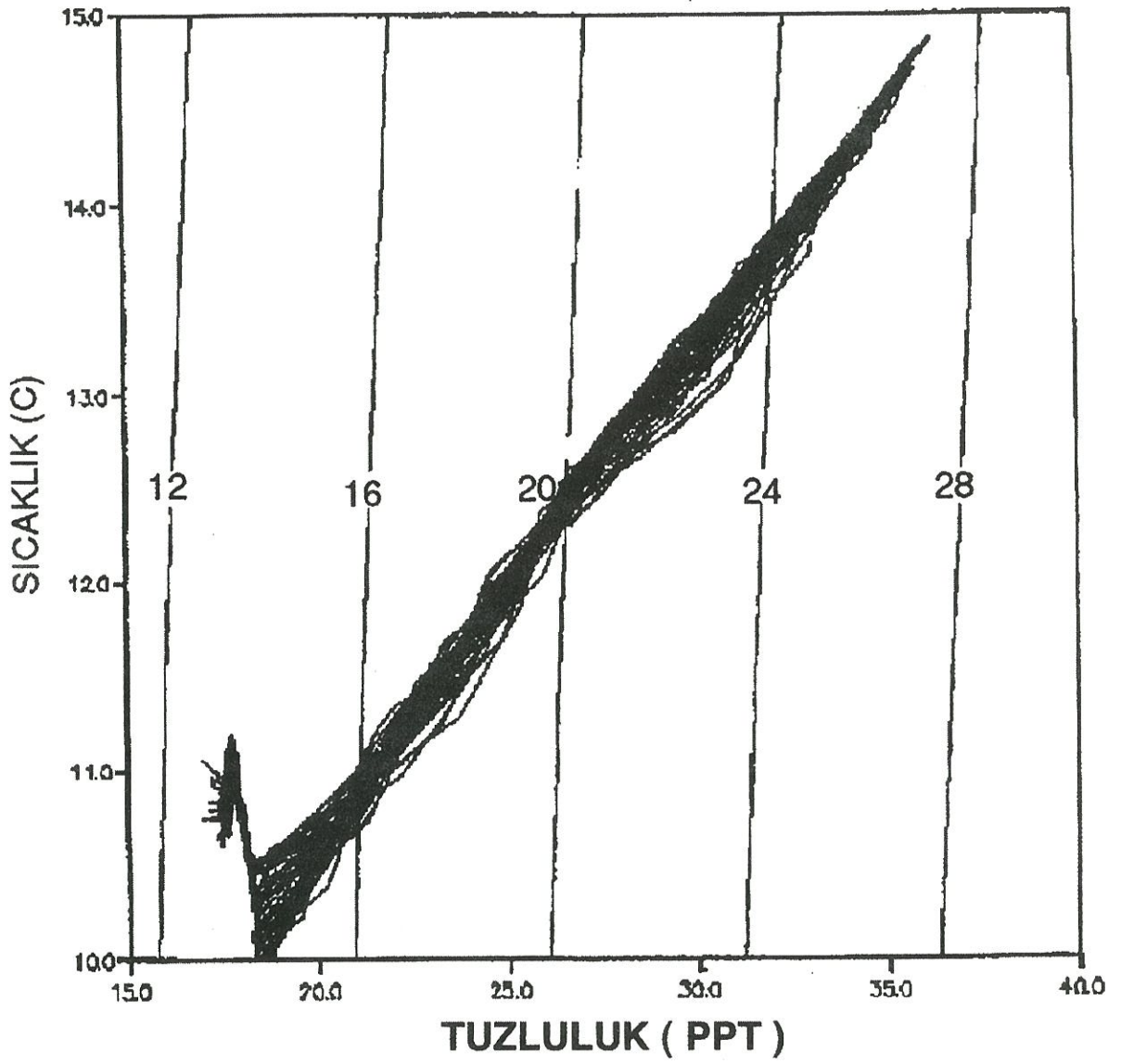


(c)



(d)

Şekil-8 (a,b,c,d). Akdeniz suyunun GB Karadeniz'in a-sıcaklık, b-tuzluluk, c-yoğunluk, d-oksijen yapısına tahmini etkileri



Şekil-9. GB Karadeniz'in T-S Diyagramı

UNDERWATER BREATHING APPARATUS FOR DEEP DIVING

Olav Eftedal,

SINTEF Unimed, Division of Extreme Work Environment, N-7034 Trondheim, Norway

A BRIEF HISTORY OF BREATHING EQUIPMENT

The simplest form of breathing system for diving is an inverted bucket filled with air. This arrangement constitutes the earliest documented form of diving equipment, described by Aristotle 340 BC, as sponge divers used buckets as replenishment station to reach deeper and extend their bottom time compared to normal breath hold diving.

In 1663, the same system, though the buckets were somewhat bigger, was used to salvage 52 out of 64 cannons from the sunken warship "Wasa" in the harbour of Stockholm. This was quite an achievement considering the diving depth of 32 meters, and the total lack of knowledge about physiology regarding hyperbaric exposures. The diving bells used were not supplied by air from the surface, and the working conditions for the divers must have been quite uncomfortable (figure 1).

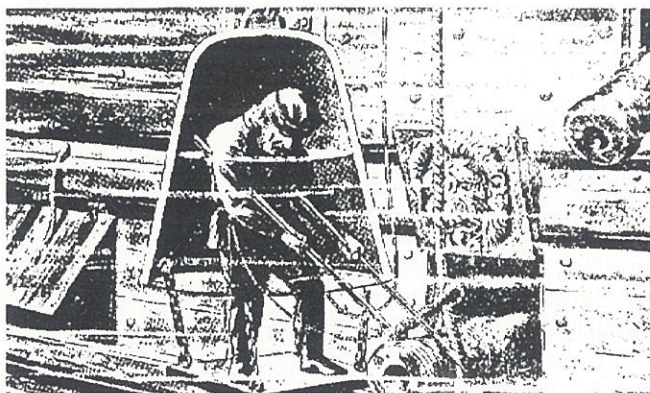


Figure 1. The salvage of cannons from the "Wasa" at 32 msw in Stockholm, 1663. Illustration taken from Kränge E: "Fra Marinedykkingens Historie i Norge", Ekra Forlag, Kristiansand, 1994.

In 1819 August Siebe invented the diver's helmet which was supplied with air by pumps on the surface. With the development of Siebe's Improved Diving Dress in the late 1830's, embodying an exhaust valve to control the buoyancy of the diver, the first practical diving gear was made. The standard equipment for today's hard hat diver is essentially the same as 150 years ago, and is still considered one of the safest and simplest types of apparatus available (figure 2).

After the development of the ventilated helmet and the diving dress, a number of inventions followed. In 1866, the Frenchman Rouquayrol invented the demand regulator, but the invention was ahead of its time. Due to the lack of adequate storage vessels the diver had to be supplied with air from a pump at the surface, the decrease in breathing gas consumption was therefore not considered important.

Nearly 80 years later the invention came to use when two other Frenchmen, Jacques Cousteau and Emile Cagnan, in 1943 dove their "Aqualung" for the first time. This was the birth of SCUBA (self contained underwater breathing apparatus) diving.

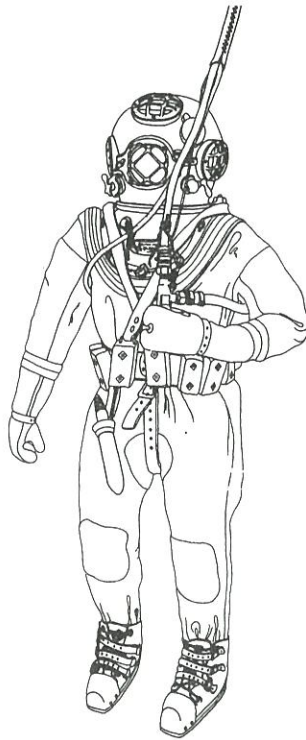


Figure 2. US Navy Mark 5 Diving sea diving dress, a close derivative of the equipment developed by August Siebe in the first half of the 19th century, and still in use today. Illustration from US Navy Diving Manual 1979.

In the years 1950-1970 a vast number of different underwater breathing apparatus (UBA) were developed for military, commercial, scientific and recreational diving. Deeper diving led to the development of UBAs for mixed gas diving. Because of the price of the gas mixes used for deep diving, many of the new UBAs were based on the recycling of the divers breathing gas, so-called closed circuit or semi-closed circuit breathing apparatus. In these systems the expired breathing gas is fed through a scrubber material to remove carbon dioxide and the oxygen content is raised to a desired level before the gas is given back to the diver. In this way the consumption of breathing gas is reduced by 80-85%.

After 1970 the development of breathing apparatus slowed down. Efficient, reliable and lightweight equipment were now available for most purposes. The next significant leap in deep diving UBAs was made with the introduction of return line diver gas recovery systems at the end of the 1970's. After several successful diving operations, one of them the recovery of the gold from the sunken HMS Edinburgh in 1981, the reclaimed systems were generally accepted. These systems are considered simpler and more reliable than closed circuit or semi-closed circuit UBAs, still they maintain the advantage of recycling the breathing gas, a highly cost-saving feature for deep diving.

CURRENT STATE OF THE ART

With the exploitation of deep sea oil fields, commercial deep diving has become an important part of the offshore petroleum industry. Today, all commercial deep diving is done with reclaimed breathing systems. A typical system consists of a demand regulator mounted in a helmet and supplied from the surface through an umbilical, a reclaim regulator and a return line via the diving bell to the diving vessel at the surface (figure 3).

At the surface the used breathing gas is fed through a moisture separator to remove any moisture before oxygen is added. The gas is filtered to remove particles and bacteria, and compressed before it is scrubbed to remove carbon dioxide. After this process the gas is stored in gas banks at the surface, ready for re-use.

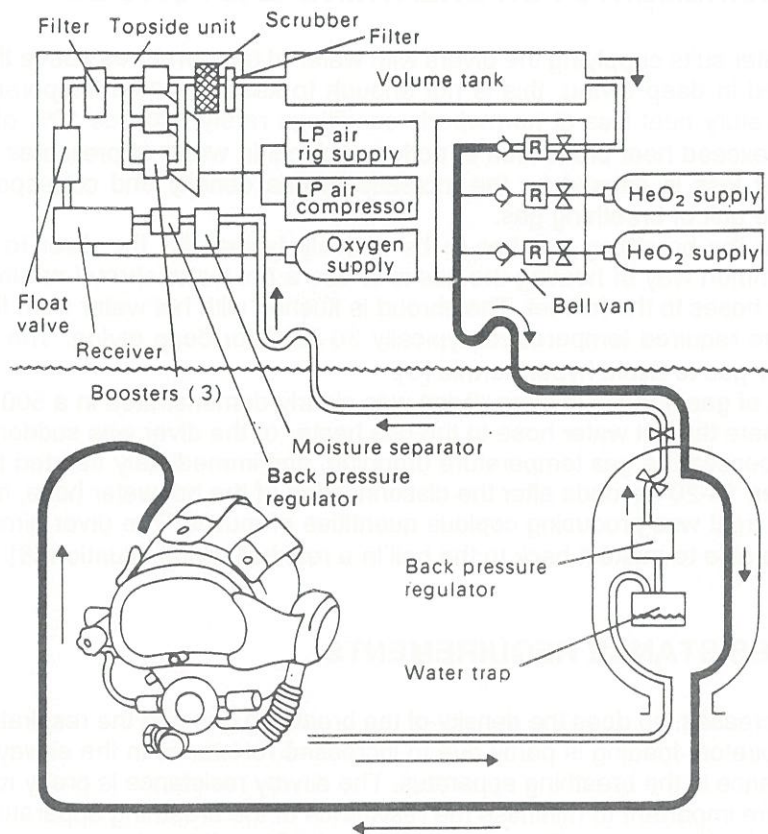


Figure 3. An example of a widely used reclaimed breathing system, the Gasmizer from Gas Services Offshore Limited. (From Bennett PB, Elliott DH: *The Physiology and Medicine of diving*, 4th edition, WB Saunders Company Ltd, London, 1993).

BREATHING GASES FOR DEEP DIVING

High partial pressures of nitrogen in the breathing gas give signs and symptoms much like alcohol intoxication. This is known as nitrogen narcosis, and occur when breathing air (79% N₂) at depths greater than 30-40 meters of sea water (msw). Nitrogen narcosis in divers was described as early as 1835, but an explanation of the phenomenon was not given until 1935, by Behnke et al [1].

The problems with nitrogen narcosis lead to considerations of replacing the nitrogen in the breathing gas with helium. From a price of 60-70.000 US\$ per m³ in the early 1920's, the price of helium tumbled to approximately 1 US\$ in 1925. A further price drop made helium feasible for diving, and experimental dives revealed that helium does not have the same narcotic effect as nitrogen. Currently all commercial deep diving is done with a mixture of helium and oxygen (heliox).

Another problem with breathing gas encountered by the pioneers is the toxicity of oxygen at elevated partial pressures. A partial pressure of oxygen of over 2.0 bar can lead to severe convulsions and unconsciousness of the diver. A general consensus is that oxygen partial pressures of over 0.6 bar should be avoided for exposures over 12 hours to avoid long term injuries of the respiratory system. At the same time the oxygen partial pressure should be kept above 0.2 bar to avoid hypoxia. For deep diving a PO₂ of 0.4-0.5 bar is normal, which means that the percentage of helium and oxygen in the breathing gas has to be adjusted to the diving depth.

Experimental dives have been done with other inert gases in addition to helium to try to diminish the central nervous symptoms (known as HPNS -high pressure nervous syndrome) frequently experienced in deep diving. Trimix (helium, nitrogen and oxygen) has been used in a number of dives [2], and in the 701 msw record dive in Marseilles in 1992 the divers breathed "hydreliox", a mix of helium, hydrogen and oxygen [3].

THERMAL REQUIREMENTS FOR BREATHING GAS FOR DEEP DIVING

Although hot water suits supplying the divers with water of temperatures above the thermo neutral range of 34-35°C are used in deep diving, this is not enough to keep the core temperature of the diver stable. Whereas the respiratory heat loss at normobaric conditions rarely exceeds 10% of resting metabolic heat production, it may exceed heat production in active subjects in water at pressures greater than 19 bar [4]. The increased heat loss is caused by the increase in gas density and corresponding increase in heat capacity per volume unit of breathing gas.

This means that the breathing gas has to be actively heated for the diver to maintain a stable core temperature. A common way of heating the gas is to use a hot water shroud around the demand regulator and the gas supply hoses to the helmet. The shroud is flushed with hot water from the umbilical heating the breathing gas to the required temperature, typically 30-32°C for deep diving. The temperature should not exceed 33°C for dry gas to avoid hyperthermia [5].

The importance of gas heating in deep diving was clearly demonstrated in a 500 msw experimental dive in Bergen 1981, where the hot water hose to the gas heater of the diver was suddenly disconnected. Within seconds the diver sensed the gas temperature dropping, and immediately aborted the dive. By the time he was out of the water, 15-20 seconds after the disconnection of the hot water hose, he was shivering fiercely and his respiratory tract was producing copious quantities of mucus. The diver himself commented that he may not have been able to make it back to the bell in a real bell diving situation [6].

BREATHING RESISTANCE REQUIREMENTS

As the depth increases, so does the density of the breathing gas and the respiratory loading of the diver. The increased respiratory loading is partly due to increased resistance in the airway of the diver, and partly to increased resistance in the breathing apparatus. The airway resistance is pretty much inevitable, and this makes it all the more important to minimise the resistance of the breathing apparatus.

The respiratory loading is normally expressed as work of breathing, i.e. energy consumption per volume unit respired, or as peak pressures as measured in the mouth of the diver during a respiratory cycle. The NPD guidelines define maximum desirable and acceptable values for both work of breathing and peak respiratory pressures. The maximum desirable peak pressures are ± 1.5 kPa (corresponding to 15 cm water column), maximum acceptable peak pressures are ± 2.5 kPa.

With power available in compressed gas, it should be feasible to construct a pneumatically assisted breathing apparatus requiring minimal or even negative work of breathing. Prototypes of such systems have been built, but they are not yet commercially available.

SECONDARY BREATHING SYSTEMS FOR DEEP DIVING

In case of a cut in the supply of breathing gas through the umbilical, the diver needs to carry a reservoir of spare gas. NPD's regulations concerning manned underwater operations in the petroleum activity require a minimum bale out time of 10 minutes, based on a consumption of 62.5 litres per minute, for any diving depth [7]. In practice this means that a secondary breathing system for deep diving has to be a closed circuit or semi-closed circuit apparatus. The secondary breathing system must also have a thermal regenerator to avoid an excessive respiratory heat loss in a bale out situation.

Examples of secondary breathing systems for deep diving are the "SLS" from Gas Services Offshore Limited (figure 4), the "BOS II" from Comex-Pro and the "UBA 90-400" from Ottestad Breathing Systems.

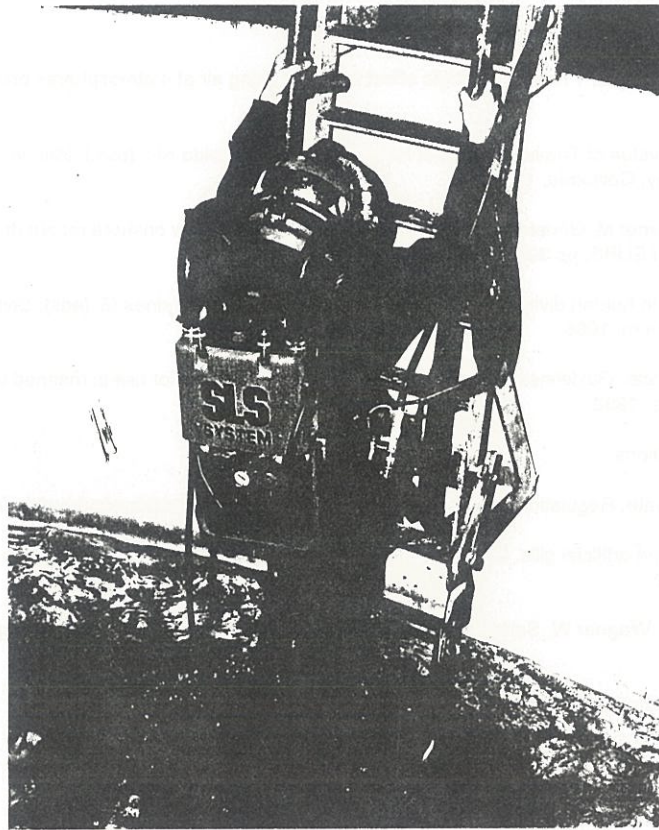


Figure 4. The "SLS" secondary breathing system from Gas Services Offshore Limited.

DEEP SEA BREATHING IN THE FUTURE

It seems that the limitations with respect to deep diving are now connected to human factors rather than technological. Problems with HPNS, the excessive decompression times required and possible long term injuries to the central-nervous and respiratory systems currently limit the maximum depths of commercial diving to 300-400 msw. If deeper diving should be performed routinely some time in the future, these problems have somehow to be overcome. The solutions will probably have to be found in the border area between technology and physiology.

Liquid breathing, as shown in the popular Hollywood movie "the Abyss", is not entirely fiction. Mice and rats have been kept alive for up to 18 hours while totally submerged in preoxygenated liquids with high oxygen solubility, usually saline or fluorinated hydrocarbon [8]. Experiments with humans have so far been limited to filling one lung.

In a decompression experiment, a "liquid breathing" mouse was decompressed from a pressure corresponding to 1000 msw to surface in 3 seconds, showing no signs of decompression illness afterwards [9]. The mouse was alive and at good health 1 month after the experiment, having undergone a decompression at a vertical speed of 1200 km/h! This indicates that if liquid breathing in the future should show feasible for divers, decompression problems could be eliminated.

Artificial gills have also been suggested as a possible solution to problems related to the compressibility of gases [8]. The artificial gill would be based on diffusive gas exchange between sea water and blood, driven by partial pressure gradients of oxygen and carbon dioxide. Such a gill has to my knowledge not yet been implemented, and even if it should show technically possible, there would also be medical and ethical problems involved in implanting and using such an extracorporeal blood oxygenator.

Some time in the distant future, geneological research may contribute to the ultimate solution to all problems related to diving: Homo aquaticus, the aquamorph, genetically adapted to live within a totally marine environment [10].

REFERENCES

- [1] Behnke AR, Thomson RM, Motley EP. The psychologic effect from breathing air at 4 atmospheres pressure. *Am.J.Physiol.* 161, 417-425, 1935.
- [2] Bennett PB, Shafstall H. The value of Trimix 5 to control HPNS. In: Lin Y-C, Shida KK (eds.): *Man in the Sea. Volume I*, pp 101-115. Best Publishing Company, California, 1990.
- [3] Gardette B, Massimelli JY, Comet M, Gortan C, Delauze HG. Hydra 10: A 701 msw onshore record dive using "hydreliox". Proceeding of the XIXth annual meeting of EUBS, pp 32-37, Trondheim, Norway, 1993.
- [4] Pásche A. Thermal problems in human diving. In: Brubakk AO, Kanwisher JW, Sundnes G. (eds): *Diving in animals and man*. pp 191-203, Tapir Publishers, Trondheim, 1986.
- [5] Norwegian Petroleum Directorate. Guidelines for evaluation of breathing apparatus for use in manned underwater operations in the petroleum activities. Stavanger, 1992.
- [6] Bård Holand, oral communications.
- [7] Norwegian Petroleum Directorate. Regulations concerning manned underwater operations in the petroleum activity. Stavanger, 1990.
- [8] Kylstra JA. Liquid breathing and artificial gills. In: Bennett PB, Elliott DH: *The physiology and medicine of diving*. 3rd edition, pp 189-199, Bailliére Tindall, London, 1982.
- [9] Kylstra JA, Nantz R, Crowe J, Wagner W, Saltzman HA. Hydraulic compression of mice to 166 atmospheres. *Science*, 158, pp 793-794, New York, 1967.
- [10] Dixon D. *Man After Man*. Blandford, London, 1990.

DERİN DALIŞ İÇİN SUALTI SOLUMA AYGITI

Olav Eftedal

SINTEF Unimed , Division of Extreme Work Environment, N-7034 Trondheim, Norway

Çeviren: Baki Yokeş

Boğaziçi Üniversitesi Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü

SOLUMA EKİPMANININ TARİHÇESİ

Dalış için kullanılabilir soluma sisteminin en basit şekli, ters çevrilmiş, içi hava dolu bir kaptır. Bu düzenek bilinen en eski dalış ekipmanını teşkil eder. *Aristo* (M.Ö.340), sünger dalcıların normal serbest dalcılara kıyasla daha derine ulaşabilmek ve dip zamanlarını uzatabilmek amacıyla böyle bir düzenek kullandıklarından bahsetmektedir.

1663 yılında aynı sistem, fakat daha büyük kaplarla, *Stockholm* limanında bulunan batık savaş gemisi *Wasa*'nın 64 topundan 52'sinin çıkarılmasında kullanılmıştır. Dalış derinliğinin 32 metre ve yüksek basınç fiziolojisi hakkındaki bilgilerden tamamen yoksun olduğu düşünülürse, bu büyük bir başarıdır. Kullanılan dalış çanları yüzeyden hava ile beslenmemiştir ve çalışma şartları dalcılar için oldukça rahatsız olmalıydı.



Şekil- 1. 32 metre derinlikteki *Wasa* batığından topların çıkarılışı, *Stockholm*, 1663. Çizim , Krang E: "Fra Marinedykkingens Historie I Norge" , Ekra, Kristiansand, 1994.

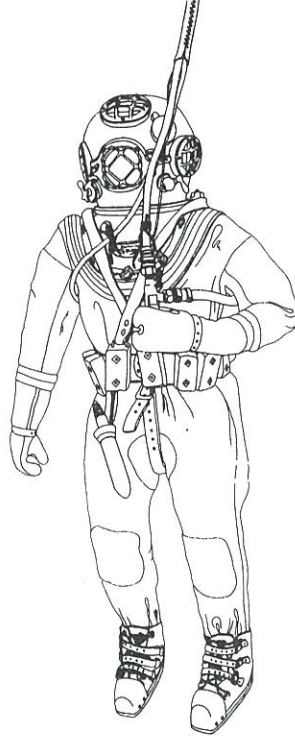
1819 yılında *August Siebe*, pompa aracılığıyla yüzeyden hava ile beslenebilen dalış başlığını icat etti. 1830'ların sonunda, dalcının yüzerliliğini kontrol etmek için tahliye valfi içeren, *Siebe'nin Geliştirilmiş Dalış Elbisesi* ile ilk dalış donanımını oluşturdu. Bugünkü sertbaşlıklı dalgıçların kullandığı standart ekipman temelde, 150 yıl öncesiyile aynıdır ve hala kullanılan en basit ve güvenli elbise olarak kabul edilir. (Şekil 2)

Havalandırılabilir başlığı ve dalış elbisesini birçok yeni buluş takip etti. 1866 yılında *Fransız Rouquayrol* "demand regülatörü" (isteğe bağlı olarak hava veren) icat etti, fakat bu buluş zamanının ilerisindeydi. Yeterli depolama aletlerinin yokluğu nedeniyle dalgıç bir pompa aracılığıyla yüzeyden beslenmeliydi. Bu nedenle solunum gazı tüketimini azaltmaya çalışmak önemli kabul edilmedi.

Bu buluş ilk olarak, yaklaşık 80 yıl sonra, başka iki *Fransız'ın* (*Jaques Cousteau* ve *Emile Gagnan*) 1943 yılında su ciğerini (*Aqualung*), oluşturmaları ile kullanılmaya başlandı.

1850-1970 yılları arasında, askeri, ticari, bilimsel ve hobi dalışları için birçok sualtı soluma aygıtları geliştirildi. Derin dalışlar karışım gazlı sualtı soluma aygıtlarının gelişmesine neden oldu.

Derin dalışta kullanılan gaz karışımlarının maliyeti nedeniyle, üretilen sualtı soluma aygıtlarının çoğu, kapalı devre veya yarı kapalı devre olarak adlandırılan, dalgıcın soluduğu gazı temizleyerek yeniden kullanılabilmesi temeline dayanmaktadır. Bu sistemde dışarı verilen hava temizleyici maddeden geçirilerek karbondioksiti alınır ve dalgıça geri verilmeden önce içindeki oksijen miktarı istenilen seviyeye çıkarılır. Bu yolla gaz tüketimi %80-85 azaltılır.



Şekil-2. Amerikan Donanması Mark 5 deniz dalgı elbisesi, günümüzde de kullanılan , August Siebe tarafından 19. yüzyılın ilk yarısında geliştirilen ekipmanın yakın bir türevi. Çizim: Amerikan Donanması Dalgı Manueli, 1979.

1970 yılından sonra soluma aygıtının gelişimi yavaşladı. Bu zamanda, yeterli, güvenilebilir ve hafif malzemeler birçok alanda kullanılmaktaydı.

1970'li yılların sonunda geri kazanımlı sistemlerin katılımıyla derin dalgı soluma aygıtlarının gelişiminde bir atlama kaydedildi. Birkaç başarılı dalgı operasyonundan sonra, ki biri 1981 yılında HMS *Edinburgh* batığından altın çıkarılmasıydı, geri dönüşümlü sistemler genel olarak kabul edildiler. Bu sistemler kapalı ve yarı kapalı devre sistemlerine göre daha basit ve güvenilir olmalarının yanı sıra soluma gazınının tekrar kullanılabilmesini sağladıkları için de oldukça maliyet düşürücüler.

BUGÜNKÜ DURUM

Derin deniz petrol alanlarının kullanıma açılmalarıyla ticari derin dalgı açıkdeniz petrol endüstrisinin önemli bir parçası haline geldi. Bugün tüm ticari derin dalgılar geri dönüşümlü sistemlerle gerçekleştirilmektedir.

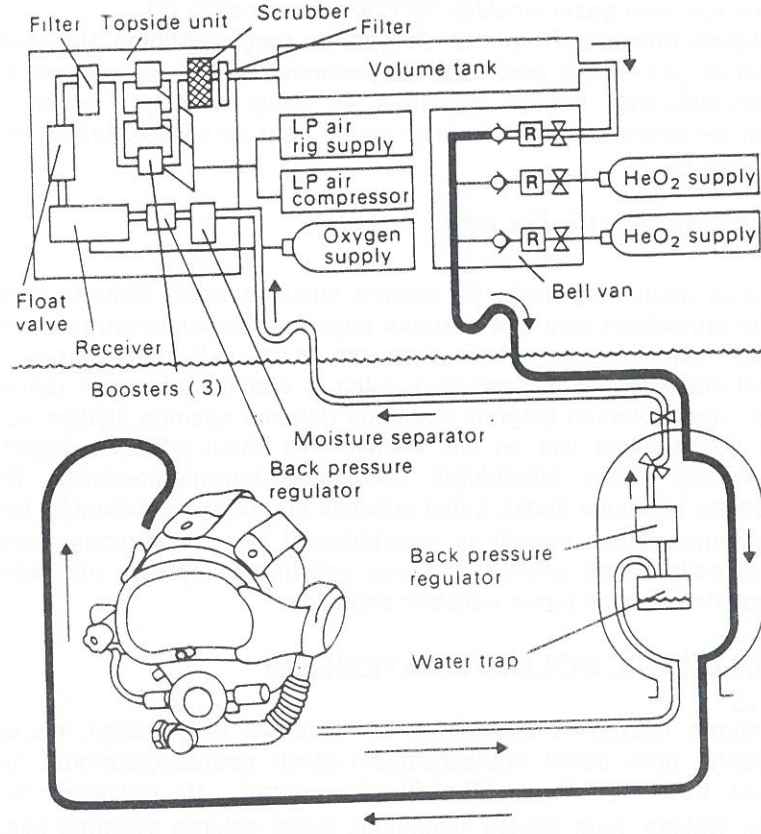
Tipik bir sistem, başlığa monte edilmiş, hortum aracılığıyla yüzeyden beslemeli bir *demand* regültör, bir geri dönüşüm regülâtörü ile dalgı çanı aracılığıyla yüzeydeki araca giden bir geri dönüş hortumundan oluşur.

Kullanılan gaz, oksijen eklenmeden önce tüm neminin alınması amacıyla, yüzeyde bir nem ayırıcıdan geçirilir ve karbondioksiti alınmadan önce tekrar sıkıştırılır. Bu işlemden sonra gaz, yüzeydeki gaz tanklarında tekrar kullanılmak üzere depolanır.

DERİN DALGI SOLUMA GAZLARI

Soluma gazı içinde bulunan yüksek kısmi basınçlı nitrojen gazı alkol zehirlenmesine benzeyen işaret ve semptomların belirmesine neden olur. Bu *nitrojen narkozu* olarak bilinir ve 30-40 metre su derinliğinden (msd) daha derinde hava (%79 N₂) solunmasıyla oluşur. Dalgıçlarda nitrojen narkozu 1835 yılında tanımlanmış fakat 1935 yılına kadar bir açıklama getirilememiştir (*Behnke* vd.[1]).

Nitrojen narkozunun getirdiği problemler soluma gazındaki nitrojenin helyumla değiştirilmesine neden oldu. Helyumun fiyatı 1920'lerin başında metreküpü 60-70 dolar iken 1925 yılında 1 dolara kadar düştü. Fiyattaki düşüş helyumu dalgı için kullanılabilir hale getirdi ve deneysel dalgıçlarda



Şekil-3. Yaygın olarak kullanılan geri dönüşümlü soluma sisteminin bir örneği; Gasmizer (Gas Services Offshore Limited) (Bennett PB, Elliott DH: The Physiology and Medicine of Diving; 4. Baskı, WB Saunders Company Ltd, Londra, 1993).

helyumun nitrojeninki gibi narkotik etkileri olmadığı saptandı. Günümüzde tüm ticari derin dalışlar helyum ve oksijen (*heliox*) karışım ile gerçekleşmektedir.

Dalgıçların karşılaştığı soluma gazı ile ilgili bir diğer problem ise oksijenin kısmi basıncının yükselmesi ile görülen oksijen zehirlenmesiydi. 2 barın üzerinde kısmi basınca sahip oksijen ciddi konvülsiyonlara ve dalgıcın bilincini yitirmesine neden olabilir. Genel olarak kabul edilen; 0.6 barın üzerinde kısmi basınca sahip oksijenin, solunum sisteminin kronik olarak etkilememesi için, 12 saatten fazla solunmasından kaçınılmalıdır. 0.4-0.5 bar oksijen kısmi basıncı derin dalış için normaldir. Bu solunum gazındaki helyum ve oksijen yüzdelerinin derinliğe göre ayarlanması demektir.

Derin dalışta sıkça karşılaşılan merkezi sinir sistemi *semptomlarını* (*HPNS-High Pressure Nervous Syndrome, Yüksek Basınç Sinir Sendromu*) yok etmek için helyum yanında inert gazlar da deneysel dalışlarda denenmiştir. *Trimix* (helyum, nitrojen ve oksijen) birçok dalışta kullanılmıştır[2].1992 yılında *Marsilya*'da gerçekleştirilen 701 msd rekor dalışında dalgıçlar "*hyreliox*", helyum, hidrojen ve oksijen karışım solumuşlardır [3].

DERİN DALIŞTA SOLUMA GAZI İÇİN ISIL GEREKLİLİKLER

Derin dalışta dalgıç, nötral sıcaklık aralığından daha yüksek sıcaklıkta (34-35°C) su sirkülasyonu sağlayan sıcaksu elbisesi ile desteklenir, ancak bu gövde içi sıcaklığı sabit tutmak için yeterli değildir. Normal basınçta solunumla kaybedilen ısı metabolik ısı üretiminin %10'unu nadiren geçerken, 19 bardan daha yüksek basınçlarda ısı üretiminden daha fazla olabilir [4]. Isı kaybındaki artış gaz yoğunluğunun artmasına, dolayısıyla solunan gazın birim hacminin ısı kapasitesi artışına bağlıdır.

Bu, dalgıcın vücut içi sıcaklığının sabit tutulabilmesi için solunum gazının ısıtılması demektir. Solunum gazını ısıtmanın en çok kullanılan şekli demand regülatörün ve başlığa gelen hortumun sıcak su ile

çevrelenmesidir. Sıcak su hortum çevresinde dolaşarak soluma gazını istenilen sıcaklıkta tutar (30-32⁰C) . Aşırı ısınmayı engellemek için kuru gazın sıcaklığı 33⁰C'yi geçmemelidir [5].

Gaz ısıtılmasının dalıştaki önemi 1981 yılında *Bergen*'de gerçekleştirilen 500 msd deneysel dalışında dalgıcın sıcak su hortumu ile gaz ısıtıcısı arasındaki bağlantının kopması ile, net olarak anlaşılmıştır. Dalgıç saniyeler içinde gaz sıcaklığındaki düşüşü algılamış ve dalışı kesmişti. Sudan çıktığında, sıcak su hortumunun bağlantısının kesilmesinden 15-20 saniye sonra, aşırı bir şekilde titriyor ve solunum yolları aşırı miktarda müküs salgılıyordu [6].

SOLUMA DİRENCİ GEREKLİLİKLERİ

Derinlik arttıkça solunan gazın yoğunluğu ve soluma yükü de artar. Soluma yükünün artışı, dalgıcın solunum yolları direncinin artmasının yanı sıra solunum aygıtının direncinin artmasına da bağlıdır. Solunum yollarının direnci ihmal edilebilir. Soluma aygıtının direncinin en aza indirilmesi ise çok daha önemlidir.

Solunum yükü normal olarak solunum sırasında yapılan iş olarak ifade edilir (birim hacimin solunması sırasında tüketilen enerji, veya solunum çevirimi sırasında dalgıcın ağzında ölçülen uç basınçlar). Solunum sırasında yapılan iş ve uç basınçlar için en çok istenilen ve kabul edilebilir değerler NPD (*Norwegian Petroleum Directorate-Norveç Petrol Müdürlüğü*) rehberinde tanımlanmışlardır. En çok istenilen uç basınçları $\pm 1,5\text{kPa}$ (15 cm su sütununa denk), kabul edilebilir en yüksek uç basınçlar ise $2.5\pm\text{kPa}$ 'dir.

Soluma sırasında minimal, hatta negatif iş yapılabilmesi için sıkıştırılmış gazın gücü kullanılarak pnömatik olarak yardım edilebilecek soluma aygıtının geliştirilmesi yararlı olacaktır. Bu tür sistemlerin prototipleri üretilmiş ancak ticari olarak temin edilebilir değildirler.

DERİN DALIŞ İÇİN İKİNCİL SOLUMA SİSTEMLERİ

Hortumdan gelen soluma gazında oluşabilecek bir kesintiye karşı dalgıç yedek bir hava kaynağı taşımalıdır. NPD kurallarına göre petrol endüstrisindeki sualtı operasyonlarında, herhangi bir derinliğe yapılan dalışta dakikada 62,5 litre hava tüketimi düşünülerek, 10 dakikalık bir süre göz önünde bulundurulmalıdır [7]. Bu pratikte derin dalışta kullanılacak ikincil soluma aygıtının kapalı veya yarı kapalı devre olmasını gerektirir. Solunum yoluyla aşırı ısı kaybını engellemek için ikincil soluma aygıtının da ısıtıcısı olmalıdır.

Derin dalış için ikincil soluma aygıtlarına örnek olarak "SLS" (*Gas Services Offshore Limited*) (Şekil 4) "BOSII"(Comex-Pro) ve "VBA 90-400" (*Ofsted Breathing Systems*)'i verebiliriz.

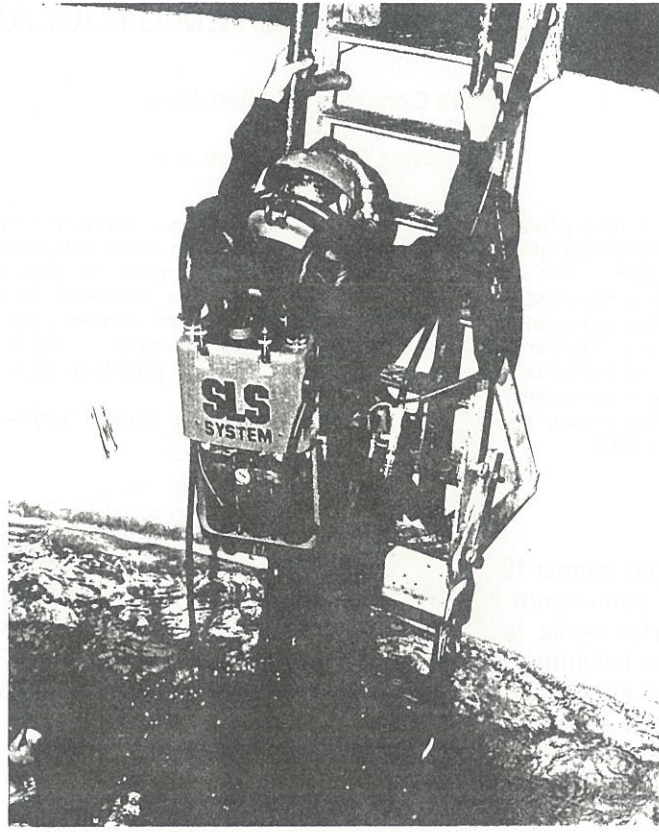
GELECEKTE DERİN DENİZ SOLUNUMU

Görülüyor ki bugün derin dalışın sınırları teknolojik problemlerle değil insani faktörlerle ilintilidir. HPNS sırasında karşılaşılan problemler, aşırı dekompresyon süreleri ve merkezi sinir sistemi ile solunum sisteminde uzun zamanda oluşabilecek hasarlar, ticari dalışın maksimum derinliğini 300-400 msd ile sınırlamaktadır. Eğer gelecekte daha derin dalışların rutin olarak yapılması düşünülürse bu problemlerin bir şekilde üstesinden gelinmelidir. Çözümler muhtemelen teknoloji ile fizyoloji arasındaki alana bulunacaktır.

Sıvı soluma, popüler bir sinema filmi olan "Abyss" te de gösterildiği gibi tamamiyle hikaye değildir. Fare ve sıçanlar önceden oksijenlendirilmiş, yüksek oksijen çözünürlüğü olan sıvılarda (genellikle tuzlu veya florlu hidrokarbonlar) tamamıyla batmış olarak 18 saat kadar yaşatabilmişlerdir [8]. İnsanlar üzerinde yapılan deneylerde tek akciğerin doldurulması ile sınırlanmıştır. Bir dekompresyon deneyinde, sıvı soluyan bir fare 1000 msd'ne denk gelen bir basınç altından 3 saniyede çıkarılmış ve sonucunda hiçbir dekompresyon rahatsızlığı gözlenmemiştir [9]. 1200 km/saat'lik bir dikey hızla yüzeye çıkan farenin 1 ay sonra hala hayatta ve sağlıklı olduğu belirtilmektedir. Bu, sıvı solunum gelecekte dalgıçlar üzerinde kullanılabilirse dekompresyon problemlerinin de ortadan kalkacağı anlamı taşımaktadır.

Yapay solungaçların gazların sıkışmasından kaynaklanan problemlere çözüm getireceği de düşünülmüştür [8]. Yapay solungaçlar denizsuyu ve kan arasında, oksijen ve karbondioksitin kısmi basınç farkları nedeniyle gerçekleşecek gaz transferi temeline dayanıyor olacaktır. Böyle bir solungaç bildiğim kadarıyla henüz yapılmamıştır, ve eğer teknik olarak mümkün olsa bile, böyle bir vücut dışı kan oksijenlendiricisinin takılması ve kullanılmasında tıbbi ve ahlaki sorunlar olacaktır.

Çok uzak bir gelecekte, genetik araştırmalar dalışa bağlı problemlerin tümünden çözümüne ışık tutabilir: *Homo aquaticus*, tamamıyla denizel ortamda yaşamaya adapte olmuş su formu [10].



Şekil-4. "SLS" ikincil soluma sistemi (Gas services Offshore Limited).

KAYNAKLAR

- [1] Behnke AR, Thomson RM, Motley EP. The psychologic effect from breathing air at 4 atmosphere pressure. Am. J. Physiol. 161, 417-425, 1935.
- [2] Bennet PB, Shafstall H. The value of Trimix 5 to control HPNS. (Derleyen) Lin Y-C, Shida KK: Man in the Sea. (1), sayfa 101-115. Best Publishing Company, Kaliforniya, 1990.
- [3] Gardette B, Masimelli JY, Comet M, Gortan C, Delauze HG. Hydra 10: A 701 msw onshore record dive using "hyreliox". Proceeding of the XIXth annual meeting of EUBS, sayfa 32-37, Trondheim, Norveç, 1993.
- [4] Päsche A. Thermal problems in human diving. (Derleyen) Brubakk AO, Kanwisher JW, Sundnes G.: Diving in animals and man. sayfa 191-203, Tapir Publishers, Trondheim, Norveç, 1986.
- [5] Norwegian Petroleum Directorate. Guidelines of evaluation of breathing apparatus for use in manned underwater operations in the petroleum activities. Stavanger, 1992.
- [6] Bård Holand, kişisel görüşmeler.
- [7] Norwegian Petroleum Directorate. Regulations concerning manned underwater operations in the petroleum activities. Stavanger, 1990.
- [8] Kylstra JA. Liquid breathing and artificial gills. (Derleyen) Bennet PB, Elliot DH: The physiology and medicine of diving. 3. Baskı, sayfa 189-199, Bailliére tindall, Londra, 1982.
- [9] Kylstra JA, Nantz R, Crowe J, Wagner W, Saltzman HA. Hydrolic compression of mice to 166 atmospheres. Science, 158, sayfa 793-794, New york, 1967.
- [10] Dixon D. Man After Man. Blanford, Londra, 1990.

KUZEY MARMARA DENİZ SONDAJLARINDA TEMPLATE VE MUDLINE SUSPENSION SİSTEM UYGULAMASI

Metin Cengiz, H.Gökhan Aker

Türkiye Petrolleri A.O Sondaj Grubu, Ankara

Özetçe - Türkiye Petrolleri A.O 1988 yılında Silivri açıklarında önemli bir doğal gaz rezervuarı bulmuştur. Türkiye'nin artan gaz talebi karşısında 1995 yılında bu gaz sahasının geliştirilmesine karar verilmiştir. Elde bulunan sismik ve kuyu test verileri; sahanın 3 kuyu açılarak geliştirilebileceğini ortaya koymuştur. Deniz derinliğinin ve lokasyonun tetkiki sonunda bir platformdan 3 kuyu sondajı yapılması kararlaştırılmıştır. Daha çok kara sondajlarında etkili olan TPAO, Kuzey Marmara Sahası'nın keşfi ile; operatör olarak açık deniz sondajlarında deniz dibi tekniklerini de etkili kılarak, açık deniz sondajlarında bilgi birikimini gelecekteki olası operasyonlarda kullanma şansını elde etmiştir. Uygulanan *Template* ve *Mudline Suspension Sistem* sayesinde; platformda, biri dik ikisi yönlü üç kuyu tek lokasyonda kazılabilir, kuyular geçi terk edilebilir, üretim platformu kuyuların üzerine yerleştirilip; kuyular deniz tabanından *tie-back* (geri bağlama) ile üretim platformuna bağlanabilecektir.

Bu yazının amacı Kuzey Marmara deniz sondajlarında elde edilen *Template* ve *Mudline Suspension Sistem* uygulama deneyimini gelecekteki operasyonlar için paylaşmaktır.

I. GİRİŞ

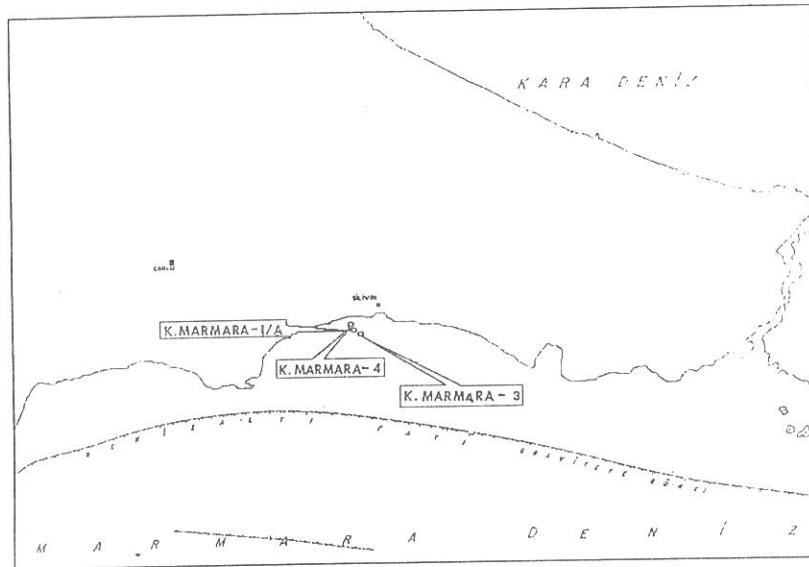
Kuzey Marmara doğal gaz sahası 1988 yılında açılan Kuzey Marmara-1 deniz sondajı ile tespit edilmiştir. Sondaja başlama şeklinin daha sonra üzerine gidilip kuyuyu üretime almaya uygun olmamasından dolayı kuyu çimentolanıp *casing*'ler deniz tabanından kesilerek terk edilmiştir. Daha sonra Kuzey Marmara-2 kuyusu kıyından yönlü olarak kazılmış fakat gaz bulgusuna rastlanmamıştır.

Kuzey Marmara-1 ve 2 kuyularından elde edilen veriler değerlendirilerek Türkiye'nin ilk deniz üretim sahasının üretime alınmasına karar verilmiştir.

Kuzey Marmara-1/A lokasyonu Silivri ilçesinin yaklaşık 7km güney batısında ve karaya yaklaşık 2.5km uzaklıkta olup deniz derinliği 39 metre'dir.

II. YÖNTEM

Planlama:Yapılan çalışmalar ve sahanın beklenir şekli belirlendikten sonra ilk aşamada sahanın 3 kuyu ile üretime alınması planlanmıştır. Kuzey Marmara-1/A kuyusunun Kuzey Marmara-1 kuyusundan 25metre uzaklıkta açılmasına karar verilmiş ve buna bağlı olarak Kuzey Marmara-3 ve 4 kuyularının hedef koordinatları belirlenmiştir (Şekil 1).



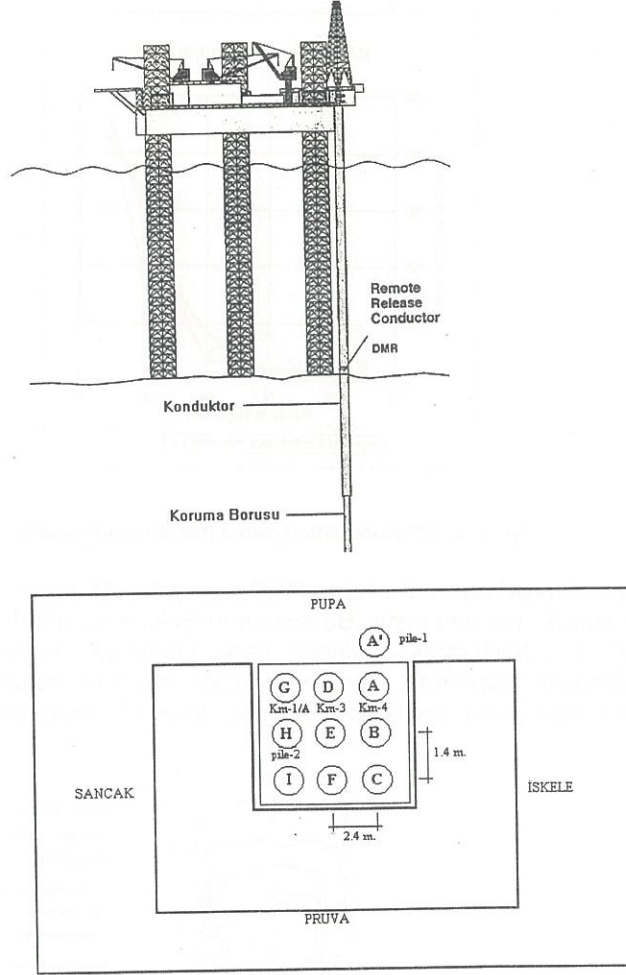
Şekil- 1 Kuzey Marmara Lokasyon Haritası.

Yapılan çalışmalarda kuyuların deniz üzerine kurulacak ve üzerinde kuyu başlarını taşıyan bir üretim platformu ile üretime alınması planlanmıştır.

Bu projeksiyon ışığında kuyular *Kuzey Marmara-1/A* kuyusu yüzey koordinatları merkez olmak üzere *Kuzey Marmara-1/A* düşey, *Kuzey Marmara-3* kuyusu hedefte (*Soğucak* girişi) S42.88E (137.12 azimuth)'a 778metre ve *Kuzey Marmara-4* kuyusu hedefte N33.71W (326.29 azimuth)'a 961metre yönlenecek şekilde planlanmıştır.

Sahanın boyutunun biran önce tespit edilmesi amacıyla öncelikle *Kuzey Marmara-3*'ün kazılması daha sonra sırasıyla *Kuzey Marmara-4* ve *1/A*'nın kazılması planlanmıştır.

Sondaj yapılacak yerde deniz derinliği *Jack-up* tipi sondaj platformunun kullanımına uygun olduğu için, yapılan gerekli ihale işlemleri sonucu *Romen* yapımı *Orizont* adlı *jack-up* kiralanmıştır. *Orizont* 4 ayaklı bir sondaj platformu olup aynı lokasyondan 9 adet sondaj yapılabilecek şekilde dizayn edilmiştir (Şekil 2).



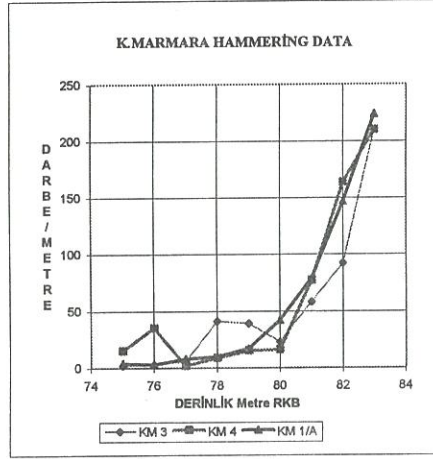
Şekil-2. Jack-up Platform ve Slot Konumu

Deniz tabanı araştırması, pozisyonlama ve jacking-up: Sondaja başlamadan önce *Kuzey Marmara-1/A* kuyusu koordinatları merkez olmak üzere 3.5x3.5 km boyutundaki sahada zemin araştırması yapılmıştır. Araştırma sonunda lokasyon civarında deniz derinliğinin 41.8 metre olduğu tespit edilmiştir. Deniz tabanının eğimi 1° olup doğudan batıya doğru yükselmektedir. Alınan numuneler ve sonar araştırmalarının neticesi deniz tabanının üniform olmayan genç sedimentlerden oluştuğu ve bunların lokasyon çevresindeki kalınlığının 1.7 metre olduğu tespit edilmiştir. Bu sedimentlerin çok yumuşak olması nedeniyle zeminin demirlemeye ve template yerleştirmeye uygun olmadığı anlaşılmıştır. Deniz tabanındaki *kuvaterner* tabaka kalınlığı 22 metre olarak belirlenmiştir. Ayrıca lokasyon civarında muhtemelen kablo, boru parçası gibi yabancı maddeler tespit edilmiştir.

Sondaj platformunun pozisyonlanması *Deniz Kuvvetleri Seyir Hidrografi Oşinografi Dairesi* elemanları tarafından *Mini Ranger III* yöntemi kullanılarak yapılmıştır. Daha sonra karadan yapılan ölçümle koordinatların doğruluğu kontrol edilmiştir.

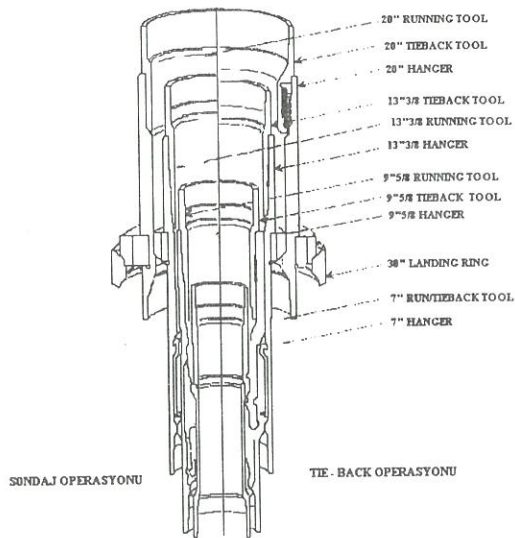
Pozisyonlamayı müteakip platformun ayakları deniz tabanına oturtulup maksimum yükle yüklenmiş ve maksimum ayak penetrasyonu sağlanmıştır. Platform ayakları deniz tabanından itibaren ortalama 11.5 metre batmıştır.

30" conductor çakılması: *Orizont* sondaj platformunun iki ayağının *rotary masa* seviyesine yakın olması ve deniz tabanının ilk 22metre'sinin çok yumuşak olması nedeniyle *30" conductor borusunun* sondaj yapılmak yerine çakılarak indirilmesine karar verilmiştir. *Casingler* 250 darbe/metre *Refusal Point* kabul edilerek 83 metreye çakılarak indirilmiştir (Şekil 3).

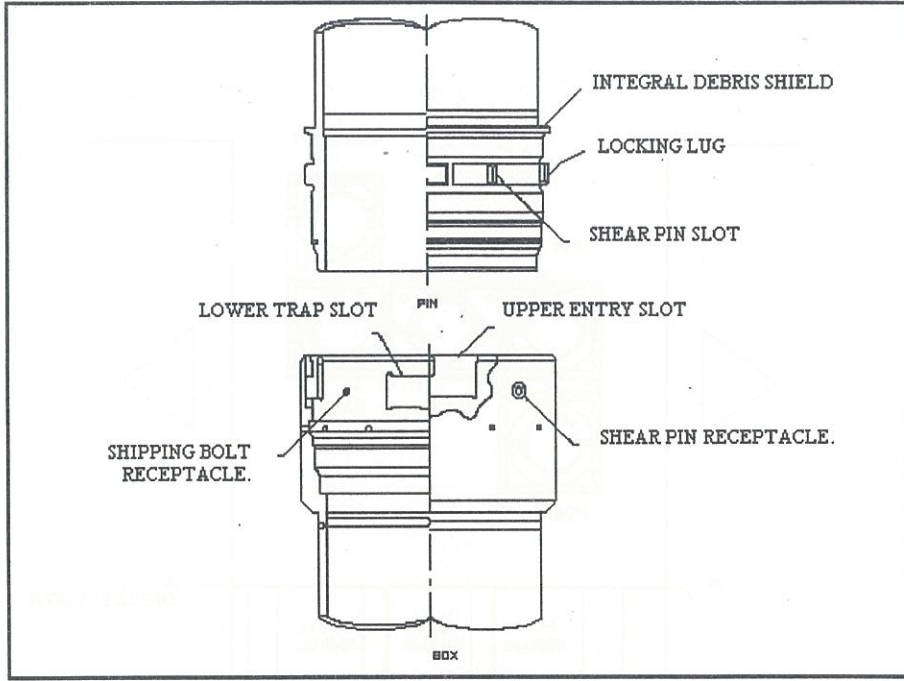


Şekil- 3. 30" Konduktor Çakma (Hammering) Grafiği.

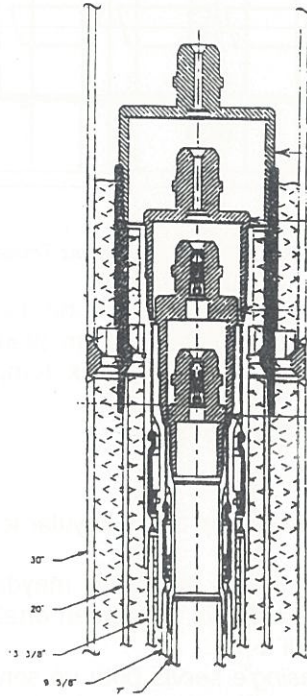
Template ve Mudline Suspension Sistem (MLC): Kuyular *Mudline Suspension Sistem* kullanılarak deniz tabanından geçici olarak terk edilmiştir. Bu sistemde Şekil 4'de görüleceği gibi içte *landing ring*, dışta *load ring* vasıtasıyla 30" ten başlayarak *casingler* hang edilmiştir. Kuyu bitiminde 30" casingler *DMR (Drivable Mudline Releasable Joint)*'dan, *running tool'lar mudline hanger'lerden* sökölüp üst taraftaki *casing'ler* çekilmiş ve *corrosion caplar* bağlanarak kuyular geçici olarak terk edilmiştir (Şekil 5-6).



Şekil- 4. Mudline Suspension Sistem.



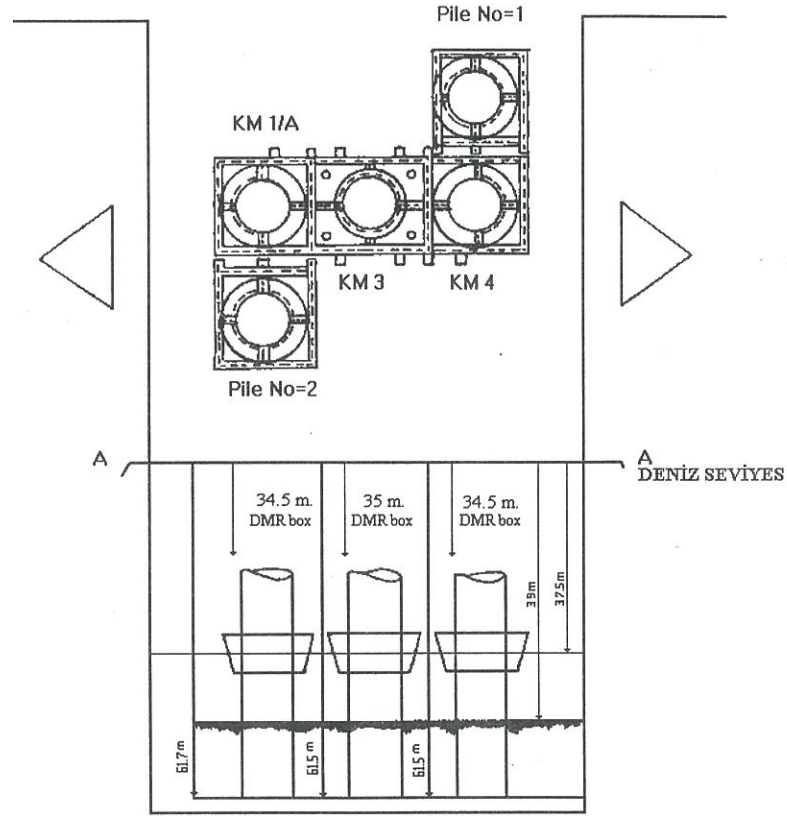
Şekil -5. DMR Joint Bağlantısı.



Şekil -6. Corrosion cap ve Kuyuların Geçici Terki.

Kuyuların geçici terki ve bilahare *re-entry* imkanı "*Mudline Suspension System*" kullanılarak çözülmüş ancak *re-entry* sırasında ve/veya bir üretim platformunun açılmış kuyular ile merkezlenmesi sırasında kolaylık sağlanması ancak bir sondaj *Template*'i kullanılarak mümkün olabilecektir. O amaçla Şekil 7'deki *Template* kullanılmıştır. *Template* K.Marmara-3 kuyusunun bitirilmesinden sonra kuyuda kullanılan 30" *conductor borusu* üzerindeki sistem sayesinde deniz tabanından 1.5 metre yüksekte olacak şekilde yerleştirilmiştir. Daha sonra *Template*'in kılavuzluğunda K.Marmara-4 ve 1/A kuyuları kazılmıştır. Ayrıca *Template* daha sonra yerleştirilecek üretim platformunun kolay yerleştirilebilmesi için iki adet 30" "*Guide Pile*" içermektedir.

Template ve *Mudline Suspension System* Kuzey Marmara Deniz sondajlarında uygulanan Türkiye'deki ilk örneklerdir.



Şekil -7. Template ve 30'' Konduktorlerin Deniz Tabanındaki Konumu.

Template: Deniz dibi *template*ler deniz sondajları için bir temel vazifesi görürler. Aynı zamanda kuyubaşı (*Blowout preventer stack*) yerleştirmesine ve üretim platformunun ortalanmasına yardım eder. Aynı sondaj platformundan açılacak kuyu sayısı ile ilişkili olarak, *template*ler

1. *spacer* (kuyu sayısı 6 adet)
2. *unitized* (kuyu sayısı 6 dan daha fazla)
3. *modular* (kuyu sayısı net bilinmiyorsa)

olmak üzere sınıflandırılırlar.

K. Marmara'da *five slot template* kullanılmış olup 3 slot kuyular için 2 slot üretim platform yerleştirilmesi için *guide pile* olarak ayrılmıştır.

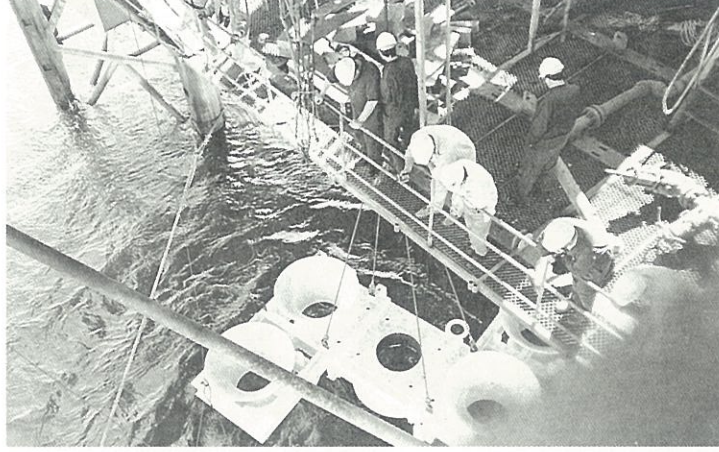
Kuzey Marmara'da kullanılan *template* 3 ana parçadan meydana gelmiş olup ana *template* yapısı (kaynaklanmış borsal malzeme), *mounting hub* için kendinden ortalanana *conductor* destekleme yatağı, ve ortalama hunileri. diye adlandırılabilir (Şekil 8- 9).

Template 30'' mounting hub kaynaklı *casing*'e servis botu ve sondaj kule hareketli makarası ile indirilip sabitlenmiş, son pozisyonu dalgıçlar tarafından son kez kontrol edilmiştir. *Template UTM koordinat*'ları, maksimum dalga yüksekliği, ve deniz durumu ve yönü tespit edilip gelecekteki *tie-back* işlemleri için bilgiye sunulmuştur.

Mudline Suspension Sistemi: Genel anlamda *Mudline Suspension Sistemler* arama ve üretim kuyularının geçici terkinde ve daha sonra üretime alma için *tie-back* sırasında kolaylık sağlayan ve deniz dibi üretim amaçlı sondajın ana ekipmanlarıdır. *Mudline Suspension Sistemler casing*'lerle (koruma boruları) ile birlikte tasarlanıp her değişik kuyu çapı için sırasıyla indirilir.

Kuzey Marmara Deniz sondajlarında *ABB VETCO-GRAY* firmasının *MLC* tip *mudline suspension* sistemi kullanılmıştır (Şekil 4). Sistem 30"-20"-13"3/8"-9"5/8"-7" koruma borusuna uygun olarak hazırlanmış ve sırası ile indirilmiştir.

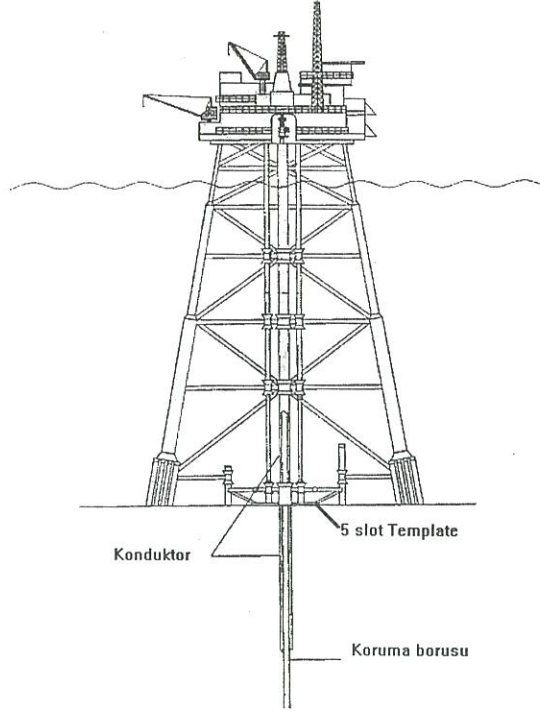
30" konduktor borusunun içinde bulunan *landing ring* ana yatak vazifesi görerek diğer koruma borularına bağlanmış olan *mudline hangerlar*'a ilk kılavuzluk ve yük dağılımını gerçekleştirir.



Şekil-7. Template İniş Aşamaları.



Şekil-8. Template İniş Aşamaları.



Şekil - 9. Template -Üretim ve/veya Sondaj Platform Bağlantısı.

20" koruma borusundan itibaren *mudline hanger*'ler *running tool* yardımı ile indirilir sırası ile 20", 13"3/8, 9"5/8 ve 7" *mudline hanger*'ler *running tool* bağlı durumda sondaj operasyonlarında uygulanır. Sondaj bitiminde ve kuyuların geçici olarak terki sırasında iniş sırasının tersine, koruma borularının deniz tabanı ile deniz yüzeyi arasında kalan kısımları *mudline hanger*'lerin *running tool* kısmından sökülerek; yerlerine aynı çapta *corrosion cap*'ler bağlanır. Tüm bu operasyonlar deniz dibinde insan unsuru kullanmadan (*Kuzey Marmara*'da su derinliği 39 metre, platform kule çalışma alanı deniz yüzeyi 21 metre olup deniz tabanında yaklaşık 60 metre yüksekte) yapılmıştır. (Şekil 2, 3, 7).

III. SONUÇ

Kuzey Marmara deniz sondajlarında *Türkiye*'de ilk defa üretim amaçlı açılan açıkdeniz doğal gaz sondajlarında *Subsea Template* ve *Mudline Suspension Sistem* başarı ile uygulanmıştır, denizdibi insan unsuru kullanılmadan oldukça basit ölçüm ve operasyonlarla en kısa sürede ve deniz sondajı gibi yüksek maliyet-risk unsuru taşıyan projede en güvenilir şekilde operasyonlar tamamlanmıştır.

Üretim safhası için kuyular *re-entry, tie -back* operasyonlarına *Mudline Suspension Sistemi* ile, *Template* sayesinde de üretim platformu yerleştirilebilir halde geçici terk edilmiştir.

Kuzey Marmara Deniz sondajları için uygulanan operasyonel *Template-Mudline Suspension Sistemi* en ekonomik mühendislik yaklaşımıdır.

KAYNAKLAR

- [1] Cengiz M, Kalfa MM, Aker HG. "TPAO Kuzey Marmara Deniz Sondajları Günlük Sondaj Raporları", TPAO, 1995
- [2] ABB Vetco G. "Enhanced MLC (Compact) Mudline Suspension System Catalog" , Sayfa 1-17, 1994
- [3] Ulaş T, Cengiz M, Kalfa MM, Aker HG. "Kuzey Marmara Tesbit Sondajları", Türkiye 11. Petrol Kongresi, Ankara, 1996

DENEYSSEL AMAÇLI BİR UZAKTAN KUMANDALI SUALTI ARACI PROTOTİPİNİN TASARIMI

Çağatay Soyer

Boğaziçi Üniversitesi Biyomedikal Mühendisliği Enstitüsü

Özetçe-Sunulan çalışma, uzaktan kumandalı sualtı araçlarının tasarımı ve gerçekleşmesiyle ilgili teknik detayların ve karşılaşılan problemlerin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen bir prototipi tanıtmakta ve aracın mekanik yapısı ile bilgisayar destekli kontrol ve haberleşme sistemleri hakkında bilgi vermektedir. Problemler ve çözüm yöntemleri incelenerek, deney sonuçları ve sistem performansı ile ilgili veriler sunulmaktadır. Elde edilen sonuçlar aracın video çekimi ve gözleme gibi amaçlarla kullanılabilirliğini göstermektedir. Çalışma sırasında edinilen birikim ve yapılan deneyler bu prototipin geliştirilmesinde ve daha iyilerinin yapılmasında büyük yarar sağlayacaktır. Bu konudaki çalışmalar devam etmektedir.

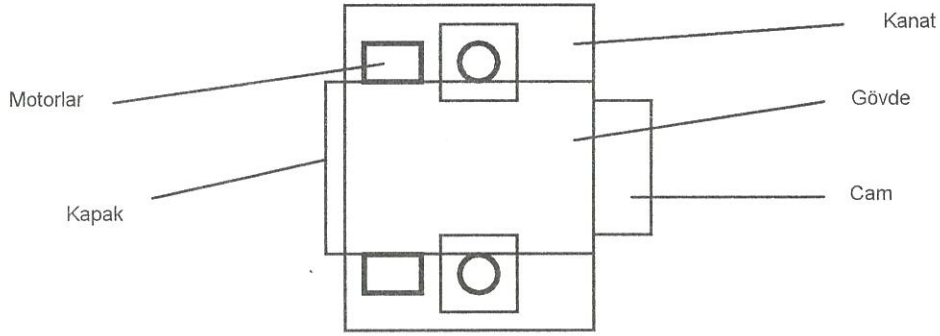
I. GİRİŞ

Uzaktan kumandalı sualtı araçları birçok gelişmiş ülkede araştırma, gözleme, veri toplama ve manipülasyon gibi amaçlarla kullanılmaktadır. Teknik özellikleri ve tasarımlarında kullanılan teknoloji bakımından çeşitlilik gösteren bu araçlar halen kullanıldıkları alanlarda başarı sağlamakla beraber henüz gelişimlerini tamamlamamışlardır [1-5]. Yürütülen araştırmalar bu tür araçların izleme, arama gibi pasif ve tamamen operatöre bağımlı görevlerin yanında sualtında yapılan işlere de aktif olarak katılmalarını sağlamaya yöneliktir. Burada ortaya çıkan problemler sualtı ortamının zor şartlarından çok, aracın bu ortam ile etkileşimiyle ilgilidir. Mekanik olarak olabilecek en zor derin deniz şartlarına dayanıklı araçlar yapılmış olmasına rağmen, düzensiz yapı ve değişken donanımlı bu araçların matematiksel modellerinin elde edilmesi ve içinde buldukları sıvı ortamda istenen hassasiyetle hareket ettirilmeleri zor olmuştur [5-10]. Hava içinde hareket eden araçlar ve robotlar için geliştirilen teknikler belirsizliklerle dolu sualtı ortamında iyi sonuç vermemektedir. Uzaktan kumandalı sualtı araçlarının gerçekleştirilmesinde karşılaşılan mekanik, elektronik, haberleşme ve kontrol problemlerinin anlaşılması ve çözümler üretilmesi ancak bu konuda teorik ve pratik çalışmalar yapılmasıyla mümkündür. Bu çalışma son derece kısıtlı imkanlarla bu amaca yönelik olarak başlatılmış ve teorik metotların bazıları pratik olarak uygulanamamış olmasına rağmen pek çok detay hakkında önemli birikim sağlamıştır. Bundan sonraki bölümlerde tasarlanan ve üretilen prototipin genel yapısı, mekanik ve elektronik sistemleri ile ilgili bilgiler verilmekte, havuz ve deniz deneyleri anlatılarak devam eden çalışmalardan bahsedilmektedir.

II. YÖNTEM

Genel Yapı: Tasarlanan sistem manipülasyon yeteneği olmayan, dört motorlu, bir adet hareket ettirilebilir kameraya sahip, kapalı kabinli bir uzaktan kumandalı sualtı aracıdır. Gövde 60 cm. boyunda köşeleri yuvarlatılmış 30x30 kare profile sahip alüminyum üzerine polyester kaplamadır. Cam *plexiglass* yarım silindir, ve motorların montajı için kullanılan kanat da *plexiglass* olarak imal edilmiştir. İstendiğinde gövdeden ayrılabilen bir kanat kullanımı hem motorların hem de daha sonra ölçüm, örnek toplama, ışıklandırma gibi amaçlarla kullanılacak değişken elemanların montajını kolaylaştırmaktadır. Motor kabinleri hafifliği sebebiyle *polyamid*den yapılmış, basınç kompanzasyonu için yağ kullanılmıştır. Kanada bağlı 120'şer watt gücünde dört doğru akım motoru Şekil 1'deki gibi ikisi yukarı ikisi arkaya bakacak şekilde simetrik olarak yerleştirilmiştir.

Bu konfigürasyon ileri/geri öteleme, yukarı/aşağı öteleme, ve sağa/sola yalpa olmak üzere üç serbestlik derecesi sağlamaktadır. Kamera manipulatörünün hareketiyle, bunlara kamera için dördüncü serbestlik derecesi olan yukarı/aşağı yunuslama veya *tilt* hareketi eklenmektedir. Nötr yüzerliğe sahip aracın toplam ağırlığı 50kg.'dır. Bu ağırlığın yaklaşık 10kg.'lık bölümünü safla oluşturmaktadır. Kendi üzerindeki 12 volt'luk aküyle beslenen araç, mikroişlemcili sistemler tarafından kontrol edilmektedir. İçeri yerleştirilen bir kameradan alınan görüntüler kaydedilmekte veya yüzeydeki bir monitörden seyredilebilmektedir. Araçla yüzey arasındaki iletişim bir veri kablosu ve görüntü iletimi için kullanılan bir koaksiyel kabloyla sağlanmaktadır. Henüz kabloların yüzerliğiyle ilgili bir çalışma yapılmamıştır. Gövde teorik olarak 800m. üzerindeki derinliklere dayanacak yapıdadır. Ancak bu çalışma ağırlıklı olarak haberleşme ve kontrol sistemlerinin geliştirilmesini amaçladığından derinlikle ilgili bir çalışma yapılmamış ve araç yalıtım testleri sırasında en fazla 60 metreye daldırılmıştır. Dalış derinliği mekanik yapının üretiminde kullanılan teknolojiye ve imkanlara bağlı olarak belirlenebilir.



Şekil-1.

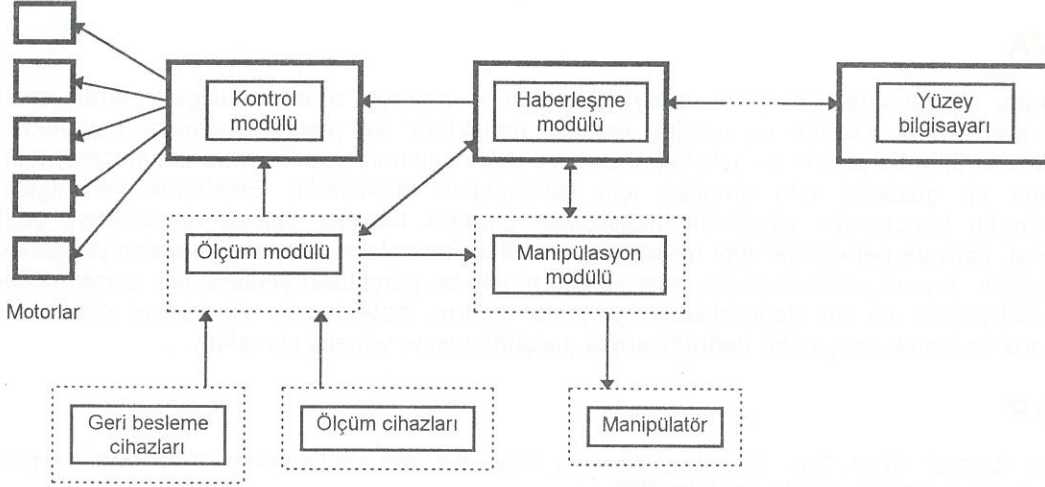
Haberleşme ve kontrol sistemi: Uzaktan kumandalı insansız sualtı araçlarında kullanılan haberleşme ve kontrol sistemleri ilgili teknolojilerin en son imkanlarından yararlanmaktadır [4,5,6,11]. Buna rağmen, içinde buldukları yapısal olmayan belirsiz ortam nedeniyle sualtı araçları karada kullanılan benzerlerine göre oldukça düşük performansa sahiptir. Örneğin karada kullanılan bir hareketli robotun konumlandırma hassasiyeti milimetrenin onda birleri seviyesindeyken, bir sualtı aracında bu değer santimetrelerle ölçülmektedir. Özellikle bu araçların hassas kontrolü halen kontrol mühendisliğinde karşılaşılan en zor problem olarak kabul edilmekte ve şimdiye kadar önerilen çözümler tüm uygulamalar için yeterli olmamaktadır. PID (*proportional integral derivative*) ve bunun türevleri gibi klasik kontrol algoritmalarının yanında, kayan kip kontrolü (*sliding mode control*), bulanık mantık (*fuzzy logic*) ve yapay sinir ağları (*artificial neural networks*) gibi yöntemler çeşitli araştırma kurumları tarafından bugüne kadar üretilen sualtı araçlarında denenmiştir [6,8,9]. Haberleşme sistemlerinde ise modern araçlar, uzun mesafede yüksek bant genişliği ve veri iletişim hızlarına imkan sağlayan teknolojilerden faydalanmaktadır [4,5,11]. Ayrıca, gerek araç üzerinde gerekse yüzeyde kullanılan bilgisayar donanımı karmaşık kontrol algoritmalarının çalışmasına, görüntü ve toplanan diğer verilerin işlenmesine imkan tanıyacak ölçüde hızlı ve yüksek kapasitelidir.

Uzaktan kumandalı sualtı araçları modern yolcu uçakları veya uzay araçları gibi pek çok işlevi bir arada ve insan yardımı olmadan yürüten sistemlerdir. Bu işlevlerin en başında aracın içinde bulunduğu, insan için ulaşılmaz ortamda işlerliğin ve haberleşmenin sürdürülmesi gelir. Kullanım amacına göre, veri toplama, veri iletimi, hareket kontrolü ve manipülasyon, aracın aynı anda yapması gereken diğer işleri oluşturur. Böyle bir sistem çeşitli elektronik ve mekanik donanımlarla yazılımların bir arada çalışmasını gerektirir. Bu entegrasyonun prensiplerinin belirlenmesi tasarımın en önemli bölümünü oluşturur, ve sistem performansı açısından entegre edilecek donanım ve yazılımın özelliklerinden daha önemlidir. Klasik çözüm araç üzerinde ve kontrol noktasında bulunan iki ana sistemin üzerlerine düşen görevleri birbirleriyle haberleşerek yapmasıdır. Ancak kontrol ve haberleşme mühendisliğinin çeşitli alanlarında yaşanan tecrübeler bu tür sistemlerin ortaya çıkabilecek problemlere karşı oldukça savunmasız olduğunu göstermiştir. Bu yüzden son yıllarda kullanılan sistemler üzerlerine düşen görevleri birbirleriyle bilgi alışverişinde bulunarak yapan birden fazla bağımsız işlem biriminden oluşmaktadır [3,4,12]. Böylece meydana gelebilecek problemler sadece belli fonksiyonları etkiler ve bu fonksiyonlar hayati olmadığı takdirde sistem çalışmaya devam edebilir.

Bu çalışmada tasarlanan prototip için ilk olarak kontrol, haberleşme, veri toplama gibi fonksiyonların tümünü üzerinde toplayacak mikroişlemci tabanlı bir sistem yapıldı. Bu tür uygulamalar için üretilmiş 68HC11 işlemcisi çevresinde kurulan bu sistem iki 8 bitlik paralel porta, 4 analog girişe, RS232 ve RS485 standartlarında haberleşme yapabilen seri kanallara, statik belleğe ve bir likit göstergesi sahibidir. Ancak daha sonra bu sistemin programlama, problem giderme, ve güvenilirlik gibi konulardaki dezavantajları görüldü ve yukarıda açıklandığı gibi birden fazla bağımsız modülden oluşan genişleyebilir bir sistem tasarlandı. Yeni sistem PIC16C57 ve PIC16C54 mikrodenetleyicileri kullanan ayrı motor kontrol ve haberleşme modüllerinden oluşmakta ve ileride veri toplama, ölçüm gibi fonksiyonlar için eklenebilecek modüllerin entegrasyonuna izin vermektedir. PIC16CXX serisi RISC benzeri yapısı, yazılım geliştirme kolaylığı, veriyolu bulunmaması ve aynı komut setini kullanabilen değişik özelliklere sahip işlemcilerin bulunması sebebiyle tercih edilmiştir. Sistem Şekil 2'de şematik olarak gösterilmiştir. Burada kesik çizgiler ileride yapılabilecek eklemeleri göstermektedir. Görüldüğü gibi birbirinden bağımsız modüller, mikrokontrolör yazılımlarında kullanılan uygun veri yapıları ile birlikte bu entegrasyonu mümkün kılmaktadır.

Haberleşme modülü araç ile yüzey bilgisayarı arasındaki iki yönlü iletişimi düzenler. Burada *half duplex* çalışan ve RS232 standardında 4800 bps hızla veri iletişimi yapabilen bir hat kullanılmıştır. Bu hat 250m.'ye kadar mesafelerde sorunsuz çalışmaktadır. Daha uzun mesafeler için bir RS232-RS485 çevirici arabirim

tasarlanmış ve gerektiğinde kullanılmak üzere iletişim uzaklığı 1000m.'nin üzerine çıkarılmıştır. Haberleşme modülü yüzeyden kendisine gelen bilgileri değerlendirerek ilgili birimlere iletir veya diğer modüllerden yüzeye gönderilmek üzere gelen bilgileri taşır. Motor kontrol modülü haberleşme modülünden gelen komutlar doğrultusunda motorların hızlarını ve dönüş yönlerini kontrol eder. Hız kontrolü için darbe modülasyonu (*pulse width modulation*) tekniği kullanılmıştır. Aracın geri besleme cihazları olan pusla ve eğim algılayıcılar henüz tasarım aşamasında olduğundan kontrol sistemi açık çevrim olarak çalışmaktadır. Yüzey donanımı standart bir taşınabilir kişisel bilgisayardır.



Şekil-2.

Sistemi oluşturan modüllerin her biri için bağımsız çalışan, ancak birbirleriyle haberleşebilen yazılımlar geliştirilmiştir. Haberleşme ve kontrol modülleri üzerinde PIC16CXX mikrokontrolörleri için *assembly* diliyle yazılmış iki program, yüzey bilgisayarında ise C diliyle yazılmış bir program çalışmaktadır. Yüzey programı kişisel bilgisayar üzerinde seri kanaldan yürütülen iletişim ve izleme fonksiyonlarını yerine getirir.

III. BULGULAR

Aracın yüzerliği, yalıtımı, hareket kabiliyeti ve motor-pervane uyumu havuz deneyleriyle test edilmiştir. Bu deneyler sonunda başlangıçta tasarlanan alüminyum motor kabinleri çeşitli kullanım zorlukları nedeniyle *polyamid*'den yapılmış daha hafif ve ufak kabinlerle değiştirilmiş, montaj ve esnek yerleşim problemlerini gidermek için ise takılıp sökülebilir bir kanat kullanılmasına karar verilmiştir. Pervaneler ufaltılarak motor devirleri yükseltilmiştir. Yine bu deneyler sırasında motor, pervane, kabin ve yalıtım elemanlarından oluşan itici sistemlerinin performansındaki farklılıklar ve ağırlık, ışık, ölçüm cihazı, kablo bağlantısı gibi eklemelerin yaratacağı kontrol problemleri incelenmiştir. Bu değişken yapı aracın modellenmesini zorlaştırarak pek çok kontrol yöntemini uygulanamaz hale getirmektedir. Bu nedenle öğrenme yeteneğine sahip yapay sinir ağlarına dayalı kontrol sistemlerinin başarılı olabileceği düşünülmüş ve bu yönde çalışmalara başlanmıştır. Deniz deneylerinde araç önce gövde yalıtımını test etme üzere kontrolsüz olarak 60 metre derinliğe indirilmiş ve herhangi bir problem çıkmamıştır. Daha sonra 5-10 metre ve 15-20 metre civarındaki derinliklere dalışlar yapılmıştır. Bu deneyler sırasında araç üzerindeki sistemler tam olarak aktif olmakla beraber, izleme yazılımı tamamlanmadığından yüzey bilgisayarı yerine basit bir kontrol paneli kullanılmıştır. Aracın yüzerlik dengeleme sisteminin olmaması özellikle dalgalı denizlerde dalışın başlamasını zorlaştırmıştır. Nötr yüzerliğe erişmek için 10 kg. ağırlık kullanılmış, bunların montajı ve dengelenmesi gövdenin alt kısmına monte edilen kızaklar sayesinde kolaylıkla yapılmıştır. Havuz deneylerinde oldukça iyi olan itiş performansı özellikle dalgalı yüzeylerde ve akıntılı diplerde azalarak ilerleme hızını yaklaşık 0.1 m/sn.'ye kadar düşürmüştür. Buna karşılık dönme hareketleri her koşulda yeterince hızlıdır. Aracın güç kullanımı da bu deneyler sırasında pratik olarak incelenmiş ve üzerinde bulunan 12Ah'lik akünün aydınlatma gerektirmeyen tipik bir kullanım sürecinde yaklaşık 40 dakika dayandığı görülmüş ve akü kapasitesi 90Ah'e çıkarılmıştır. İç hacim ve yüzerlik problemi olmadığından ek enerji gereksinimi akü kapasitesi artırılarak sağlanabilmektedir. Deneylerin yapıldığı derinliklerde kabloların aracın manevra yeteneği üzerinde etkili olmadığı görülmüştür, ancak artan derinlikle kablo ağırlığından kaynaklanan gerilmelerin problem yaratması beklenmektedir. Bu sorun kablo yüzerliği konusunda yapılacak bir çalışmayla giderilebilir. Gerek sığ suda yapılan bu deneyler, gerekse halen devam eden ve daha derine yapılan dalışlar bu tür araçlarda kullanılan

bilgisayar destekli kontrol ve izleme sistemlerinin önemini ortaya çıkarmıştır. Dört serbestlik derecesine sahip ve belirsiz bir sıvı ortamda hareket eden böyle bir aracın tamamen insan becerisiyle hassas kontrolü hemen hemen imkansızdır. Araç içine yerleştirilen kameradan sağlanan görüntüler ise çeşitli sensörlerden alınan bilgilerle desteklenmeli ve bu şekilde operatöre sunulmalıdır. Bu da ancak iyi tasarlanmış bir izleme sistemiyle mümkündür. Araç üzerindeki mikro işlemcili sistemler ve yüzey bilgisayarı bu fonksiyonları belirli ölçüde yerine getirmekle beraber, daha iyi bir performans için donanım ve yazılımların geliştirilmesine devam edilmektedir.

V. TARTIŞMA

Tamamen amatör bir çalışma sonucunda ortaya çıkarılan bu prototip, amacına uygun olarak uzaktan kumandalı sualtı araçlarının tasarımı ve işletimi ile ilgili deneylerin ve pratik çalışmaların yapılmasını sağlamıştır. Edinilen birikim bu prototipin geliştirilmesine ve daha iyilerinin yapılmasına imkan tanıyacaktır. Araç video çekimi ve gözleme gibi amaçlar için kullanılabilir niteliktedir. Elektronik ve bilgisayar sistemleriyle yazılımlar konusunda, yapılacak değişiklikler olmakla beraber önemli bir problem yoktur. Ancak gövde, kanat, cam ve pervaneler gibi mekanik elemanlar, imkanların yetersizliği nedeniyle gerektiği gibi imal edilememiştir. Aracın problemsiz ve rahat kullanımı için bu parçaların yenilenmesi gerekmektedir. Bundan sonraki çalışmalar bu tür değişikliklerin yanında kontrol, haberleşme ve izleme sistemlerinin dünyadaki son teorik ve pratik çalışmalar doğrultusunda geliştirilmesine yönelik olacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Jean Jarry, "SAR, NAUTILE, SAGA, ELIT - Four New Vehicles for Underwater Work and Exploration: The IFREMER Approach", IEEE Journal of Oceanic Engineering, Vol. 11, No. 3, July 1986.
- [2] Thomas W. Conway, "ROV Mantis: A Dual-Purpose Underwater Vehicle", IEEE Journal of Oceanic Engineering, Vol. 11, No. 3, July 1986.
- [3] Yasukazu Tsusaka, Hiroshi Ishidera, and Yazuru Itoh, "MURS-300 MK II: A Remote Inspection System for Underwater Facilities of Hydraulic Power Plants", IEEE Journal of Oceanic Engineering, Vol. 11, No. 3, July 1986.
- [4] David Liddle, "TROJAN: Remotely Operated Vehicle", IEEE Journal of Oceanic Engineering, Vol. 11, No. 3, July 1986.
- [5] Masao Nomoto and Mutsuo Hattori, "A Deep ROV DOLPHIN 3K: Design and Performance Analysis", IEEE Journal of Oceanic Engineering, Vol. 11, No. 3, July 1986.
- [6] Dana R. Yoerger, James B. Newman, and Jean-Jaques E. Slotine, "Supervisory Control System for the JASON ROV", IEEE Journal of Oceanic Engineering, Vol. 11, No. 3, July 1986.
- [7] Attilio Brighenti, "Parametric Analysis of the Configuration of Autonomous Underwater Vehicles", IEEE Journal of Oceanic Engineering, Vol. 15, No. 3, July 1990.
- [8] Derrick H. Nguyen and Bernard Widrow, "Neural Networks for Self-Learning Control Systems", IEEE Workshop on Industrial Applications of Neural Networks, 16-20 September 1991.
- [9] Junku Yuh, "A Neural Net Controller for Underwater Robotic Vehicles", IEEE Journal of Oceanic Engineering, Vol. 15, No. 3, July 1990.
- [10] J. Yuh, "Modelling and Control of Underwater Robotic Vehicles", IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. 20, No. 6, November/December 1990.
- [11] James B. Newman, "Fiber-Optic Data Network for the ARGO/JASON Vehicle System", IEEE Journal of Oceanic Engineering, Vol. 15, No. 2, April 1990.
- [12] Rodney A. Brooks, "A Robust Layered Control System for a Mobile Robot", IEEE Journal of Robotics and Automation, Vol. 2, No. 1, March 1986.

"CHERNOMOR" PROGRAM: TECHNICAL BASE AND ORGANIZATION OF WORK WITH THE MANNED UNDERSEA LABORATORY

V.P. Nikolaev

*The Southern Branch of the P.P. Shirshov Institute of Oceanology,
Russian Academy of Sciences. Gelendzhik, Russia.*

INTRODUCTION

The decision about the realization of underwater studies with a manned undersea laboratory (UL) was taken by the *Academic Board of the Institute of Oceanology, the USSR Academy of Sciences*, in spring 1967.

The main objectives of the program were:

- to determine the problems in oceanology in which the using of an undersea laboratory is expedient,
- to develop certain forms of organization, technique and methods of oceanological studies with the undersea laboratory,
- to obtain a new information in hydrophysics, lithodynamics and hydrobiology of the nearshore zone of the sea,
- to obtain an information concerning medical-physiological and psychological problems of a man staying under the water.

TECHNICAL BASE

1. The undersea laboratory *Chernomor* was built by the summer 1968. During 1969-1972 it was modernized repeatedly.
2. During the work in 1969, 1970, 1972-74 ship of 300 tons displacement was used as a base-ship which was equipped with a diving complex. This complex included:
 - three-compartment decompression chamber with a built in system of regeneration of artificial breathing mixture,
 - diving bell with the launching and hoisting device,
 - diesel compressor of high pressure (200 ATM.),
 - gas-holders with a total volume of 840 m,
 - diving equipment,
 - systems of underwater hydroacoustic, ultra short radio and television communication with UL, the shore base and divers and aquanauts working under the water.
3. In 1968-1972 the investigations with UL were conducted on the *Caucasian* coast of *The Black Sea* near the town of *Gelendzhik* and in 1973 and 1974 in the region of *Cape Maslen* (near *Burgas*). The shore base included:
 - command post fitted with the systems of communication with UL *Chernomor* and the shore base and with the equipment that supplied UL with electrical energy,
 - shore diving complex (compressors, gas-holders, decompression chambers, diving equipment,
 - medical aid post,
 - gas-analysis laboratory.
4. The facilities of the aquatories for the operations with UL in the vicinity of *Gelendzhik* and *Cape Maslen* included:
 - 3 or 4 mooring buoys to anchor the base-ship,
 - mooring buoy for UL anchorage afloat and on the bottom,
 - cable lines for communication and electrical energy feeding into UL,
 - cable line for transmitting information from the sensors of oceanological parameters to the recording equipment mounted in UL, on the base-ship and on the shore,
 - supports and masts for oceanological equipment placing,
 - underwater biological and geological grounds,
 - specimens of underwater oceanological equipment under test,

- shelter for aquanauts (pneumatic, such as *Sprut*, or metallic),
- test ground in order to estimate a comparative efficiency of various diving equipment employment,
- running ends from UL to the grounds and devices etc.
- reserve breathing apparatus on the grounds far from UL and near the shelter,
- hoses to fill up UL with gases and water,
- communication buoy with radio and TV antennas, blinker and joint to switch on wire telephone communication of UL and the base-ship.

PARTICIPANTS OF THE WORK

In 1968-1972 the main work under *Chernomor* program was performed by the workers of several laboratories of the *Institute of Oceanology*. The crews of the ships that belonged to the *Institute of Oceanology*, and coworkers of some other ministries and departments of the *USSR* took part in the expeditions near *Gelendzhik*.

In 1973 and 1974, besides the coworkers of the *Institute of Oceanology*, the coworkers of the *Institute of Marine Research and Oceanography of Bulgarian Academy of Sciences* and other departments of *Bulgaria* took part in the work.

MANAGEMENT SYSTEM

It is convenient to divide the work under *Chernomor* program into three periods, namely;

- preparatory (UL is on the shore),
- intermediate (UL is afloat),
- main (UL is on the sea bottom).

During the first (preparatory) period the work on creation and modification of the necessary technical means was carried, the group of aquanauts and groups of maintenance were formed, the scientific equipment was prepared, the research programs and necessary documents were worked out.

During the second (intermediate) period UL crew was completed, the work connected with UL launching (or hoisting on the shore), towing, mooring, coming to an anchor (or weighing an anchor) was carried out, the auxiliary and measuring scientific equipment was mounted, the aquatory and the command post were fitted out.

During the third (main) period the operations were carried out connected with UL placing on the sea bottom (its hoisting to the surface), maintenance of the crew vital activity and normal functioning of UL systems, direct fulfillment of the research program and provision for the crew decompression.

All the operations which provided for investigations with UL, were performed under the guidance of "the chief of expedition". He was at the head of "the council of expedition" which included the heads of the main groups of maintenance.

The operative management of the work was performed by "the master on duty" (3 or 4 persons).

In order to perform successfully all his duties "the master on duty" had to satisfy a variety of requirements. He had to get a good engineer qualification and a professional diver training, to possess a talent for organization and knowledge's in physiology of long-term staying under the high pressure.

MEDICAL MAINTENANCE AND GAS-ANALYSIS

The tasks of the group of medical maintenance were the following: to participate in the selection and training of the aquanauts, to control the state of health of the aquanauts and divers, to treat them (if it was necessary), to control the parameters of microclimate and the composition of breathing mixture in UL, to control regimes of labour, rest, feed and decompression of the aquanauts.

Gas-analysis of the breathing mixture composition in UL compartments was usually made in the shore laboratory on the samples which were delivered from UL with the help of rubber chamber. But in some experiments there was a possibility to perform gas-analysis just in UL.

DIVING AND TECHNICAL MAINTENANCE

The group of diving and technical maintenance of the work was engaged in equipping the aquatory, performing operations on submerging and hoisting of UL, running maintenance of UL (i.e. additional filling of UL systems with gases, water, absorbents, exploitation of the systems of communication and electrical

supply, delivering food and different materials into UL). That group also provided for the decompression of the crew, in particular, attended to the equipment of the diving complex on the base-ship.

The group consisted of engineers, compressor's workers, electricians, signalers and 3 or 4 diving teams.

Selection and training of aquanauts: The group of aquanauts was mainly formed of the coworkers of the *Institute of Oceanology of the USSR Academy of Sciences* (and the *Institute of Marine Research of Bulgarian Academy of Sciences*) who had a professional diver qualification. The state of health of candidates to aquanauts was examined in clinical conditions. The candidates who got an admittance to work in conditions of long-term staying under the high pressure, proceeded to the program of training. The program included studying the systems of UL and the diving complex on the base-ship and obtaining habits in their exploitation, lessons in diving physiology, practice diving's in complicated sea conditions and in pressure chambers.

Each crew of UL consisted of scientists (2 or 3 persons), an engineer and a diving expert. One of the scientists or the engineer was appointed the crew chief.

Organization of aquanauts' work overboard UL: The aquanauts were working overboard UL in the preset time, mainly in day hours but sometimes in dark time of the day. The aquanauts were engaged in outfitting and maintenance of the underwater grounds and the measuring oceanological equipment, visual observations (of biological objects) and sampling, in operations connected with the technical maintenance of the overboard systems and mechanisms of UL, diving equipment testing and in physiological and psychological tests just in the water. Sometimes the aquanauts took walks overboard UL during their rest time.

As the main breathing apparatus the aquanauts used the apparatus with the diver's breathing hose. Its pulmonary automatic device had a two-stepped reductor. The first step of the reductor was inside UL and the second one was on the aquanaut at the mouthpiece. The hose of 100 m in length was used. Each aquanaut always had the second autonomic apparatus as a reserve. The telephone communication with the working aquanaut was compulsory. It was either hydroacoustic or wire communication. Wet diving suits were used. To avoid caisson disease the possibility of lifting the aquanaut up from the saturation level was strictly limited. The average work time under the water for UL crew was equal to 4-5 hours a day. Maximal work time for one aquanaut overboard was equal to 4-5 hours a day. The main factor that limited the duration of aquanaut staying in the water, was overcooling.

MAIN STAGES OF WORK UNDER CHERNOMOR PROGRAM

For the first time UL *Chernomor* was launched by 100-tons floating crane in June 1968. In the period from July to September 1968 six crews of UL (one testing crew and five working) were staying under the water at the depths from 10 to 15 meters for 28 days altogether. Each crew was working under one of the four planned programs of oceanological investigations (hydrodynamics, hydrooptics, lithodynamics and hydrobiology). The aquanauts of all the UL crews were thoroughly observed by the physicians. In February 1969 *Chernomor* was put on the shore by the 100-tons floating crane.

In June 1969 the essentially modernized (in comparison with the first construction) UL *Chernomor-2* was launched by the floating crane. Four crews (one testing and two working) of UL were working at the depths from 12 to 25 m during that season. The tenth crew stayed on the bottom at the depth of 25 m for 13 days.

Each working crew carried on the work according one basic and one or two facultative programs. In February 1970 *Chernomor-2* was dragged to the shore by powerful gins.

During summer 1970 only two testing crews were working in UL *Chernomor-2*. One of them was working at the depth of 30 m which was a maximum depth for the considered construction. As the result of accident by the night from the 22nd to 23rd of September *Chernomor-2* without a crew was drowned spontaneously at the depth of 30 m. Accidental-hoisting operations were performed during 7 days, but UL systems were essentially damaged, and that is why it was hoisted to the shore on the 1st of October 1970. In that season UL was dragged to the water by a powerful towboat, but it was dragged to the shore with the help of gins.

During the summer season of 1971 two testing crews and one working were operating at the depth of 15 m in UL *Chernomor-2* which was repaired after the accident in 1970 and essentially modernized. The working (fifteenth) crew lived under the water during 50 days carrying out a complex program which included hydrooptical, lithodynamical and hydrobiological researches. Side by side with oceanological studies a large complex of medical-physiological and psychological studies was performed which was based on the medical survey of the state of health of the aquanauts and the level of their physical and mental capacity for work. The aquanauts stayed in UL for fifty days when by the night from the 19th to 20th of

September 1971 the storm began. As the result of that storm the UL system of anchorage was damaged, and the laboratory was thrown on the shore. The aquanauts were evacuated out of UL and decompressed in the shore decompression chamber.

The season of 1972 was one of the most successful working seasons under UL *Chernomor* program. This year two working crews of *Chernomor-2M* (seventeenth and eighteenth) were working at the depth of 30 meters for 45 days on the whole, performing the complex program of lithodynamical, hydrooptical and hydrobiological studies. At the same time the complex of medical-physiological and psychological observations was fulfilled.

The nineteenth and twentieth crews of UL *Chernomor* (1973-1974) were working in the region of cape *Maslen* near the *Bulgarian* coast. They stayed under the water at the depth of 20 m for 32 days on the whole. The program of investigations in 1973 and 1974 (*Shelf-Chernomor*) included complex oceanological and medical-physiological investigations and also the studies of comparative efficiency of different types of diving equipment in the UL conditions.

“CHERNOMOR” PROGRAMI:TEKNİK TABAN VE İNSANLI SUALTI LABAROTUVARININ ÇALIŞMA SİSTEMİ

V.P. Nikolaev

*The Southern Branch of the P.P. Shirshov Institute of Oceanology,
Russian Academy of Sciences, Gelendzhik, Rusya*

Çeviren: Baki Yokeş¹, Zeynep Akpolat²

¹Boğaziçi Üniversitesi Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü

²Boğaziçi Üniversitesi Sualtı Sporları Kolu

GİRİŞ

1967 baharında, SSCB Bilim Akademisi'nin Oşinoloji Enstitüsü Akademik İdare Heyeti sualtı çalışmalarının insanlı sualtı laboratuvarı (UL, Underwater Laboratory) vasıtasıyla yürütülmesi gerektiğine dair bir karar almıştır. Bu programın ana amaçları;

- Oşinolojinin karşılaştığı problemleri tespit etmek ki; sualtı laboratuvarını kullanmak bu amaç için en kestirme yoldur;
- sualtı laboratuvarının yardımı ile oşinoloji ile ilgili çalışmalarda kesin teknikler, sistemler ve metodlar geliştirmek;
- denizlerin kıyasal bölümlerinin hidrofiziği, litodinamiği ve hidrobiyolojisi hakkında yeni bilgiler edinmek;
- sualtında çalışmak zorunda kalan kişilerin tıbbi, fizyolojik ve psikolojik problemleri hakkında yeni bilgiler edinmektir.

TEKNİK TABAN

- 1) Sualtı laboratuvarı *Chernomor* 1968 yazında inşa edilmiştir. 1969-1972 yılları arasında sürekli olarak yenilenmiştir.
- 2) 1969, 1970, 1972-74 yıllarındaki çalışmalarda dalış techizatıyla donatılmış 300 tonluk bir gemi ana gemi olarak kullanılmıştır. Gemideki techizat;
 - gömme bir suni solunum sistemine sahip üç bölümlü basınç odası,
 - kızak sistemine bağlı dalış çanı,
 - yüksek basınçlı dizel kompresör(200 atm),
 - total hacmi 840 m³ olan gaz depoları,
 - dalış ekipmanı,
 - sualtı hidroakustik sistemi, UL, kıyı üssü, dalgıçlar ve akuanotlar¹ arası iletişimi sağlayan ultra kısa dalga radyo ve TV sistemi içermektedir.
- 3) UL ile yapılan araştırmalar, 1968-1972'de *Karadeniz'in Hazar kıyılarındaki Gelendzhik* kasabası yakınlarında; 1973 ve 1974'te ise *Burgaz* yakınlarındaki *Maslen Burnu* bölgesinde sürdürülmüştür. Kıyı üssü; *UL Chernomor*'da kullanılan iletişim sisteminin uygulandığı karargah ve UL'ye elektrik enerjisi sağlayan kıyı trafosu,kıyı dalış sitesi (kompresör, gaz depoları, basınç odası, dalış ekipmanı), tıbbi yardım komutası, gaz analiz laboratuvarı içermekteydi.
- 4) *Gelendzhik* çevresinde ve *Maslen Burnu*'ndaki su laboratuvarındaki çalışmaları kolaylaştıran faktörler:
 - Ana gemiyi demirmek için kullanılan 3 veya 4 şamandıra.
 - UL'yi dipte ve yüzeyde demirmek için kullanılan şamandıralar.
 - UL ile iletişim ve elektrik sağlayan kablolar.
 - UL'de, anagemide ve kıyıda konuşlanmış olan kayıt cihazlarına oşinolojik parametre alıcılarından gelen bilgileri aktaran kablolar.
 - Oşinoloji ile ilgili araç ve gereçleri yerleştirmek için kullanılan destekler ve direklerler.
 - Biyolojik ve jeolojik sualtı yapısı.
 - Test altında olan, oşinolojide sualtında kullanılan techizatlar.
 - Akuanotlar için barınaklar (şişirme, *sprut* gibi veya metal).
 - Çeşitli dalış ekipmanlarının verimliliğini ölçmek için kullanılan test sahası.

¹ Çevirmenin notu: Akuanot (*aquanaut*) su altında 24 saatten fazla kalan dalgıçlar için kullanılan teknik bir terimdir.

-UL'den uzaktaki ve barınak çevresindeki rezerv hava sistemleri.

-UL'ye su ve gaz sağlayan hortumlar, radyo ve TV antenleri, sinyal sistemleri ve UL ile anagemi arasındaki telefon bağlantısı sağlayan iletişim şamandırası.

ÇALIŞMADA GÖREV ALANLAR

1968-1972 yılları arasında *Chernomor* programının ana çalışmaları *Oşinoloji Enstitüsü*'ne bağlı çeşitli laboratuvarlarda çalışan kişiler tarafından sürdürülmüştür. Bu enstitüye bağlı gemilerin mürettebatları ve diğer bakanlıklara bağlı çalışanlar *Gelendzhik*'te yapılan araştırmalarda görev almışlardır.

1973 ve 1974 yıllarında, *Bulgaristan Deniz Araştırma Enstitüsü* ve *Bulgaristan Bilim Akademisi*'nin oşinologları da araştırmalarda yer almıştır.

İDARİ SİSTEM

Chernomor projesini üç bölüme ayırmak inceleme açısından daha kullanışlı olacaktır:

-Hazırlık (UL kıyıdaiken).

-Ara (UL yüzerken).

-Ana (UL dipteiken).

Hazırlık aşamasında gerekli olan teknik araçların hazırlanması ve modifiyesi gerçekleşmiştir. Bu dönemde akuanot ve bakım sorumluları gruplandırılmış, bilimsel teçhizat hazırlanmış, araştırma programı ve gerekli belgeler sonuçlandırılmıştır.

İkinci aşamada, UL mürettebatı tamamlanmış, UL'nin suya indirilmesi, çekilmesi, demirlemesi, demirlemesi gerçekleştirilmiş, yedek ve bilimsel ölçüm ekipmanları yerleştirilmiştir.

Üçüncü ana aşamada UL'nin deniz dibine yerleştirilmesi, su yüzüne çıkarılması, ekibin hayati aktivitelerinin temini ile UL sistemlerinin normal fonksiyonlarının, araştırma programının ve ekibin dekompresyonunun yerine getirilmesi için çalışmalarda bulunulmuştur.

UL araştırmalarının hepsi araştırma şefinin rehberliğinde yapıldı. Araştırma şefi destek gruplarının sorumlularını içeren araştırma komitesinin başındaydı.

Operasyonların idaresi çalışma amiri (3-4 kişi) tarafından yürütüldü. Çalışma amirinin görevlerini başarıyla yürütebilmesi için bir çok meziyeti olmalıydı. İyi bir mühendis, profesyonel bir dalış eğitimcisi, iyi bir organizatör ve yüksek basınç altında uzun süre kalmanın getirdiği fizyolojik sorunlar hakkında bilgili olmalıydı.

TIBBİ DESTEK VE GAZ ANALİZLERİ

Tıbbi destek biriminin görevleri şöyleydi:

-Akuanot seçimi ve eğitimi.

-Akuanot ve dalgıçların sağlık durumlarını kontrol etmek.

-Eğer gerekirse tıbbi müdahalede bulunmak.

-UL içindeki mikroiklimin ve solunan gazın parametrelerini kontrol etmek, çalışma, dinlenme, beslenme ve akuanotların dekompresyon düzenlerini ayarlama.

UL bölmeleri içerisinde solunan gaz karışımlarının analizleri genellikle kıyı laboratuvarında yapıldı. Örnekler kauçuk bölme aracılığıyla UL'den kıyıya taşındı. Fakat bazı deneylerde UL içinde de gaz analizi yapabilme olanağı oldu.

DALIŞ VE TEKNİK DESTEK

Dalış ve teknik işler destek birimi su laboratuvarı malzemeleri, UL'nin dalış ve çıkışı, UL'nin çalışması (UL sistemlerinin gaz, su, emicilerle (*absorbent*) tekrar doldurulması, iletişim ve elektrik işleri, UL için yiyecek ve değişik materyallerin temini gibi). Grup ekibin dekompresyonunu da sağlamıştır.

Grup mühendisler, kompresör çalışanları, elektrikçiler, işaretçiler ve 3-4 dalış takımından meydana gelmişti.

Akuanotların seçimi ve eğitimi: Akuanot grupları *SSCB Bilimler Akademisi Oşinoloji Enstitüsü* (ve *Bulgar Bilimler Akademisi Deniz Araştırma Enstitüsü*) ile çalışan profesyonel dalgıçlardan oluşturuldu. Akuanot adaylarının sağlık durumları klinik koşullarda incelendi. Yüksek basınç altında uzun süre çalışabilecek durumda olanlar eğitim programına alındılar. Program UL ve üs gemide bulunan dalış

kompleksi sistemleri ve dalış fizyolojisi dersleri ile karmaşık deniz koşulları ve basınç odasında dalış pratiklerini içermektedir.

Akuanotların UL'deki organizasyonları: Akuanotlar UL'de önceden belirlenmiş zamanlarda, genellikle gündüzleri, fakat bazen de geceleri çalışmaktaydılar. Akuanotlar deniz dibinin döşenmesi, oşinolojik ölçümler, biyolojik nesnelere gözlenmesi ve örnek toplama işlemlerinin yanı sıra, UL sistemleri ve mekanizmaları, dalış malzemesi testleri, psikolojik ve fizyolojik sualtı testleri ile de ilgilendiler.

Akuanotlar soluma düzeneği olarak dalgıçların soluma hortumlarını kullandılar. Bu otomatik sistem iki kademeliydi. Birinci kademe UL'nin içinde, ikinci kademe ise akuanotun ağızındaydı. 100 metrelik hortum kullanıldı. Her akuanot daima ikinci bir düzeneği yedek olarak bulundurdu. Çalışan akuanotlarla telefon haberleşmesi zorunluydu. Haberleşme ya hidroakustik ya da kablo aracılığıyla yapılıyordu. Islak tip elbiseler kullanıldı. Vurgunu engellemek için akuanotu satürasyon seviyesinden yukarı çıkarma kesin olarak sınırlandırılmıştı. UL ekibinin günlük ortalama çalışma süresi 4-5 saattir. Bir akuanotun maksimum günlük çalışma süresi 4-5 saate eşitti. Akuanotların suda kalışlarını sınırlayan ana etken üşüme idi.

CHERNOMOR PROGRAMININ ANA HATLARI

UL Chernomor ilk olarak 1968 Haziranı'nda 100 tonluk yüzer bir vinç tarafından indirildi. Temmuz-Eylül 1968 arasında 6 ekip (1 test, 5 çalışma ekibi) 28 gün boyunca 10-15 metreler arasında kaldılar. Her ekip planlanan 4 oşinolojik araştırmadan biri üzerinde çalışıyordu (hidrodinamik, hidrooptik, litodinamik, hidrobiyoloji).

Tüm akuanotlar doktor tarafından gözetim altında bulunduruldu. Şubat 1969'da *Chernomor* 100 tonluk yüzen vinç ile kıyıya çıkarıldı.

Haziran 1969'da, ilkinde göre modernize edilmiş *UL Chernomor-2* yüzen vinç ile indirildi. Dört ekip (1 test, 2 çalışma ekibi) 12-25 metreler arasında çalıştı. 10. ekip 25 metre derinlikte 13 gün kaldı.

Her çalışma grubu bir temel bir de isteğe bağlı araştırma yaptı. Şubat 1970'te *Chernomor-2* güçlü makaralarla kıyıya çıkarıldı.

1970 yılında sadece 2 test ekibi *UL Chernomor-2*'de çalıştı. Bunlardan biri maksimum derinlik olarak düşünülen 30 metrede çalıştı. Eylül 22'yi 23'e bağlayan gece içinde ekibin olmadığı bir zamanda, *Chernomor-2* bir kaza sonucu 30 metrede suyla doldu. Çıkarma çalışmaları 7 gün sürdü. Ancak UL sistemleri oldukça zarar görmüşlerdi. Bu nedenle ancak 1 Ekim 1970 günü kıyıya çekilebildi. O sezon UL güçlü çekici botlarla suya çekilmiş fakat, makaralar yardımıyla kıyıya çekilebilmişti.

1971 yılının yazında iki test ekibi ile bir çalışma ekibi, 1970'deki kazadan sonra modernize edilen *UL Chernomor-2* içinde 15 metre derinlikte çalıştılar. Çalışan 15 ekip su altında 50 gün kalarak, hidrooptik, litodinamik ve hidrobiyolojik çalışmaları içeren kompleks bir programı uyguladılar. Oşinolojik araştırmalara paralel, akuanotların sağlık durumları ile fiziksel ve zihinsel kapasitelerini içeren fizyolojik ve psikolojik tıbbi çalışmalar da yürütüldü. Akuanotlar 19-20 Eylül 1971 gecesi fırtına başlayana kadar, 50 gün boyunca UL içinde kaldılar. Fırtına UL'nin demirleme sistemine zarar verdi ve laboratuvar sahile sürüklendi. Akuanotlar tahliye edilerek kıyıdaki bir dekompresyon odasına alındılar ve burada dekompresyon yaptılar.

1972 sezonu *UL Chernomor* programının en verimli sezonuydu. O yıl, *Chernomor-2M*'in iki çalışma grubu (17. ve 18.) 30 metrede 45 gün kalarak litodinamik, hidrooptik ve hidrobiyolojik çalışmaları içeren kompleks bir program gerçekleştirdiler. Aynı zamanda medikal-fizyolojik ve psikolojik gözlemler de yapıldı.

UL Chernomor'un 19. ve 20. ekipleri (1973-1974) *Bulgaristan* kıyılarına yakın, *Maslen Burnu*'nda çalıştılar. 20 metrede 32 gün boyunca kaldılar. 1973 ve 1974 yıllarındaki araştırmalar kompleks oşinolojik ve medikal fizyolojik araştırmalar ile değişik dalış ekipmanlarının UL koşulları altındaki karşılaştırmalı yeterliliği üzerine çalışmaları içermektedir.

RESEARCH PROGRAMS OF "CHERNOMOR" PROJECT

V.P. Nikolaev, R.D.Kosyan

The Southern Branch of the P.P. Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences. Gelendzhik, Russia.

GENERAL REFERENCE OF THE RESEARCH PROGRAMS

A complex research program with the help of CHERNOMOR underwater laboratory included usually three large parts:

- 1) Oceanological research
- 2) Medical-physiological examination
- 3) Investigations directed to the perfection of the diving equipment and to the improvement of operating characteristics of the underwater laboratory systems.

A program of oceanological research, in its turn, consisted in four sub-programs:

- 1) Study of the coastal zone dynamics and its connection with the hydrodynamics of a near-bottom water layer
- 2) Study of statistical structure of the natural underwater light field depending on the surface waves
- 3) Hydrological research on several directions
- 4) Improvement of research methods and testing of new measuring devices for underwater oceanological investigations.

Rather extensive medical-physiological investigations were directed to the study of regularities of the human organism adaptation to sojourn in close space under high pressure of the gas environment and of readaptation when returning to normal conditions. A final goal of these investigations is the elaboration of recommendations for the increasing of the effectiveness and safety of the aquanaut's labour. Medical-physiological investigations were considered as being attendant ones when conducting the basic program of oceanological research

METHODS AND RESULTS OF LITHODYNAMIC RESEARCH (According to published works of N.A. Aibulatov and R.D. Kosyan)

During 1968-1972 a complex of works was fulfilled in the area of the inhabited underwater laboratory (IUWL) CHERNOMOR placing at the depth from 8 to 31 m. It was aimed at the solution of the following tasks:

- a) to study the bottom relief dynamics down the depth of 31m
- b) to measure an amount of accumulation (or erosion) of clastic material in different parts of the slope,
- c) to study a regime of suspended sediments in near-bottom water layer
- d) to investigate a mechanical differentiation of sediments and dynamics of microforms of bottom relief,
- e) to determine epures of streams and micropulsations in the near-bottom water layer.

Experimental testing grounds where above-mentioned investigations were performed were at the depth of 10, 15 and 20 m. A square with the side being 20 m was divided into small squares with the side of 5 m. Every point was marked by a bench-mark (a steel rod), 1.75m long, which hammered by sledge-hammer for 0.75 m. A cylindrical wire frame (diameter of wire was 0.3 mm) was freely put on the bench-mark. It had rings on its end. It was implied that when the ground near the bench-mark would be washed-out, the carcass would sink and fix the ground erosion. Thank to these frames we can fix the low position of the bottom surface in spite of a future possible alluvium of the bottom in this place. And adding the length of the bench-mark itself we can determine an amplitude of the bottom deformation.

Pegging out of the testing ground was done with the help of halyard about 80 m long with marks in every 5 m, with loops in every 20 m. An end loop was put on the first rod and then a diver using the compass was going and unwinding 20 metres of the halyard. Then another rod was hammered, another loop was put on and a new laying began under the angle of 90 degrees to the initial direction. Such an operation repeated up to the closing of the square sides. Then angles were checked and the laying of the testing ground was continued. Two aquanauts spent about 20-25 minutes for this operation in the conditions of visibility being 0.5-1.5 m. Then again bench-marks were driven in every 5 m according to the halyard marks, and after that

the halyard was carried to the neighbour pair of rods, and new rods were hammered, etc. It took 30 minutes for this operation. To make the rod installation more easy in conditions of a bad visibility, one can use a frame (5 x 5 m) made of aluminium pipes which gives a large accuracy and speeds up the process of the testing ground formation. To make the work of aquanauts more easy when doing repeated measuring, every bench-mark had a plastic number.

In the middle part of every testing ground there were made two squares of marked material, i.e. pebble painted into bright red colour and sand coloured with light yellow luminophore. Just there, two suspended sediment traps of a long filling which controlled each other were installed at the distance of 20 cm above the bottom.

After finish of the testing ground formation sediments were sampled near every bench-mark with the help of corer (30 cm long) and the height of every bench-mark was measured. Then repeated measuring of the bench-mark height, sediment sampling and removing of suspended sediment traps were done from the surface episodically after heavy storms or series of storms.

Different sedimentary traps were used for the research of suspended sediment regime in the near-bottom water layer. They were installed on the tripods or vertical posts at a strictly fixed distance above the bottom. A series of suspended sediment traps was installed at 40 cm above the bottom at the depth of 10, 15, 20 and 25 m, and observations were performed in such an exposure during one Autumn-Winter-Spring season. After this period the thickness of settled sediments was of 27 cm at the depth of 10-15 m and 7.5 cm at the depth of 20-25 m. Another series sediment amount when certain, different in force, waves were passing. Those sedimentary traps were fastened on the tripods at 3 m above the bottom at the depth of 15, 20, 25 m. Besides, at the depth of 30 m there was installed a mast, 6.5 m long, with suspended sediment traps. Those traps were placed at full length at the distance of 10-15 cm from each other. Anatomous current velocity meters BPV were installed on this mast. They were at the distance of 0.5, 2.0, 3.0 and 4.0 m above the bottom.

Hydrodynamic investigations based on the current velocity measuring with the help of VDK and BPV devices afforded to make some conclusions about structure of currents in the near-bottom water layer. It was ascertained that even at the distance of 1-4 cm above the bottom the current velocity may be several cm/sec since the velocity gradient is great one near the bottom.

Near-bottom velocity pulsates with the period, probably, close to the period of the wave group passing. Very interesting data about the existence of a large current velocity in the calm water period in the near-bottom layer at the depth of 30 m (up to 0.7 m/sec.) were obtained by aquanauts from CHERNOMOR.

HYDROBIOLOGICAL RESEARCH

(According to the reports of leaders of hydrobiological programs)

The main goal of the biological works in CHERNOMOR-68 Project was to determine possibility and advantages of benthos research from the inhabited underwater laboratory and mastering of qualitative and especially quantitative methods of biological investigations. At the same time a task was set to define a radius of ecological impact owing to food wastes from IUWL and from the mother-ship and to the concentration of animals which were attracted by the light from IUWL at night.

In 1968 hydrobiological investigations were performed under the leadership of O.V. Mokievsky. They were done at the depth of 12.5 - 15 m on a rocky bottom with the thicket of *cystozira* and *phylofora*. IUWL was placed 40-50 m far from studied biocenosis on a rocky bleak bottom section surrounded by sand and shell. In the course of this research an attempt to calculate algae by a method of a linear transection was made, and the calculation of benthos, fish was made by band method. Five days later the IUWL installation on the bottom, the zone of its impact upon the animals did not exceed 20-30 m. When the 15th IUWL crew worked (from August, 1 to September 20, 1971), N.E. Denisov studied interaction of biocenosis and lithodynamic processes on a rocky bottom. Then, an influence of the sediment shift upon the distribution of the bottom organisms on the rocky bottom was studied, rates of attrition of original, bleak and covered, rocks were compared, relations between a rate of erosion and a structure, between species composition and benthos biomass were determined too. To carry out these investigations, a testing ground with three experimental areas was made at the distance of 25 m from IUWL on the rocky bottom at the depth of 15.5 m. Every area had three holes, 20 mm in diameter and 30 mm in depth. One of the hole was at the square of 1 m, which was cleaned from microphytes, the second one was at the centre of the area (1 x 30 m), there the cover was completely removed, and the third hole was a checking one.

Along the isobath of every area quantitative samples of macrophytes, zoobenthos were selected (22 samples, area from 1/30 m to 1 m), and samples of dominating species of macrophytes were selected for

the determination of a ratio between their biomass and biomass of a cover. Repeated measuring of the hole depth, made in Summer, 1972 (in a year) vividly showed that benthos organisms formed a dense crust of covering and protected a surface of substrata (marl slates) from attrition by shifting sediments. At the area with non-broken cover the depth of checking holes did not change during a year, i.e. there was not traced an attrition influence of the shifting sediments. The most attrition was observed at the experimental area completely cleaned from benthos, this area was on the boundary with the coat of loose sediments (up to 6.5 mm/y). At the area which was 30 m far from the edge of loose sediments and which rose for two metres above it, in thick brushwood of cystozira there was observed the increase of cover crust up to 35 mm/y.

When 17th and 18th crews worked (8-29 August and September, 11-October, 5, 1972), *N.E. Denisov* and *B.V. Vyskrebentsev* watched for the concentration of bottom animals and for fish gathering and behaviour (ecological research) within the zone of artificial stationary constructions ("man-made reefs") at the depth of 30 m. A program of the study of bottom animals and fish concentration within the testing ground included the analysis of species composition of ichthyofauna, of quantitative distribution of fish according to species and ecological groups, of a total fish quantity, of fish vertical stratification according to species, and control for water parameters. In the course of ecological research the character and peculiarities of fish group relations in monospecies, individual distances in groups and conglomerates, hierarchical and territorial relations and their motivation, formation of symbiotic allies, motivation of fish concentration in zone of the man-made reef, velocities of fish movement in different behaviour variations, threshold of motor, defensive reactions of fish and etc. were studied. A preliminary processing of obtained data testifies to a high prospects of investigations in the zone of man-made reef both for the analysis of fish behaviour and concentration and the dynamics of its number.

A program of the 19th crew included the research of regularities of trout acclimatization in sea water.

RESULTS OF HYDROOPTIC RESEARCH

(According to published works of V.N. Nikolaev, O.I. Prokopov, V.G. Yakubenko and others)

The main goal of this research was to study statistical characteristics of natural (sun) light under the water depending on the surface waves. It is better to record fluctuations of sun light under the water with the help of equipment, receiving part of which is mounted on the stationary submerged basements (masts). Mounting and maintenance of such an equipment requires heavy diver's efforts, that's why the investigation of statistic characteristics of the underwater light field was included into a scientific program of IUWL. Recording devices were placed either inside the underwater laboratory or in the coastal laboratory. As a result, with the help of aquanauts there were recorded several hundred realizations of the underwater illumination and luminance with duration of several minutes each one. Computer processing of obtained data and the next analysis afforded to ascertain experimentally a number of regularities, which connect statistic characteristics of the light field under the water with wave characteristics and conditions of illumination of sea surface, the depth of light receivers and with some other factors.

TECHNICAL RESEARCH-TESTING OF APPARATUS AND EQUIPMENT

All testing and a part of working crews made measuring which had the goal to assess a number of technical characteristics and the conditions of habitability in IUWL. Specifically, the dynamics of IUWL diving and surfacing was studied with a view of optimization of existing systems. The dynamics of microclimate parameters and of gas mixture components in IUWL depending on the regime of work of gas mixture cleaning and drying systems in compartments of IUWL, outboard water temperature, a character of aquanaut's activity and etc. were also studied. Almost all crews of CHERNOMOR worked out and improved methods of technical maintenance of IUWL in order to increase the autonomy of a crew and to reduce an amount of diver's work necessary for technical maintenance of IUWL systems.

Parallel with standard diving equipment (i.e. autonomous respiratory apparatus that allow to go out to the water of different tanks, hose respiratory devices ShAP-62 and ABM-3m, three-bolt aerated equipment UVS-50m, hydrocostume of "dry" and "wet" type, etc.) supersonic hydrolocators of different modifications, systems of gas mixture warming up of a dry type, systems of warming up of gas mixture for hose respiratory device with separated reductor stages and of water heating up for a hydrocostume of a dry type were tested in the underwater laboratory.

In the course of conducting the CHERNOMOR Project an auxiliary oceanological equipment was tested (i.e. submerged vibratory-drilling rigs with pneumatic and electric drives, masts of different construction for mounting of hydrophysical measuring devices, which were installed on the bottom, and underwater television set, which was carried by aquanauts. All these tests together with the basic results have demonstrated excellent possibility of IUWL as a testing ground for testing different underwater techniques.

RESULTS OF MEDICAL- PHYSIOLOGICAL RESEARCH

During the whole period of the CHERNOMOR Project conducting a medical-physiological research was carried out together with the oceanological investigations. It included a control for aquanauts' health. As a result of this research a stage character of changes of aquanaut's physiological functions, i.e. initial adaptation, steady adaptation and readaptation with start and finish symptoms were repeatedly confirmed. A specific character of some changes of aquanaut's organism functions under hyperbaric conditions was determined. Displacement of indices of some physiological systems was mainly normal one when aquanauts for a long time were under compression up to 5 atm. A general physical capacity for work had a tendency to drop but was rather high one to fulfill given work. Mental faculties decreased during the initial adaptation and readaptation periods and were satisfactory ones during the period of steady adaptation. Inhalation of nitric-oxygen mixture, when compression was 5 atm, resulted in stable lowering of mental efficiency.

In 1970-1971 within CHERNOMOR Project there were fulfilled four chamber experiments in the course of which aquanauts-testers during 10-15 days lived and worked in pressure chamber in nitric-oxygen medium under the compression equivalent to depth of 10, 20, 30 and 40 metres. The main goal of this series of experiments was to check regimes of work of aquanauts at the horizons different from the horizon of saturation and to improve arrangement of such submersions.

"CHERNOMOR" PROJESİNİN ARAŞTIRMA PROGRAMLARI

V.P. Nikolaev, R.D.Kosyan

The Southern Branch of the P.P. Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences, Gelendzhik, Rusya

Çeviren: Baki Yokeş¹, Fulya Gümüşburun²

¹Boğaziçi Üniversitesi Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü
²Boğaziçi Üniversitesi Biyo-Medikal MÜH. Enst.

ARAŞTIRMA PROGRAMLARININ GENEL KAYNAĞI

CHERNOMOR sualtı laboratuvarının sayesinde, kompleks araştırma programı başlıca üç kısma ayrılır:

- 1) Oşinolojik araştırma
- 2) Tıbbi-fizyolojik inceleme
- 3) Dalış aracının mükemmeliyetine yönelik araştırmalar ve sualtı laboratuvar sistemlerinin çalışma özelliğini geliştirilme.

Oşinolojik araştırmanın bir programı, kendi içerisinde 4 alt programdan oluşur:

- 1) Kıyasal bölgenin dinamiğinin çalışılması ve bunun dibe yakın su tabakasıyla hidrodinamik bağlantısı
- 2) Yüzey dalgalarına bağlı olarak, doğal sualtı ışık alanı (*light field*) istatistiksel yapısının çalışılması
- 3) Çeşitli yönlerde hidrolojik araştırma
- 4) Sualtı oşinografik araştırmaları için yeni ölçüm aletlerinin araştırma yöntemlerini ve testlerini geliştirme.

Oldukça geniş çaptaki tıbbi-fizyolojik araştırmalar, yüksek basınç altında gaz ortamda kapalı alanda kalmak ve normal şartlara geri dönüşte yeniden karşılaşılan adaptasyon gibi insan organizmasının adaptasyon düzenliliklerini çalışmak üzere yönlendirilmiştir. Bu araştırmaların son amacı, etkisini artırmak için önerilerin işlenmesi ve dalgıçların çalışmasının güvenliğidir. Tıbbi-fizyolojik araştırmalar, oşinolojik araştırmanın temel programını yürütürken programın içerisinde yer almıştır.

LİTHODİNAMİK ARAŞTIRMANIN YÖNTEM VE SONUÇLARI (M.A. Aibulatov ve R.D. Kos'yan)

1968-1972 yıllarında, içinde ikamet edilen sualtı laboratuvarı CHERNOMOR (IUWL) 8'den 31m derinliğe yerleştirilerek, kompleks çalışmalar sonuçlandırılmıştır. Çeşitli işlerin çözümü amaçlanmıştır: a) 31m derinlikte dip röleve dinamiği çalışmak, b) farklı eğimlerde klastik malzemenin toplanma ve aşınma miktarını ölçmek, c) asılı sedimetlerin dibe yakın su tabakasındaki rejimini çalışmak, d) sedimentlerin mekanik farklılığını ve dip rölevesinin mikro oluşumlarının dinamiğini incelemek, e) dibe yakın su tabakasında *mikropulsasyon* ve akıntının *epüresini* belirlemek.

Yukarıda bahsedilen araştırmaların gerçekleştirildiği deney alanları 10,15 ve 20m derinliktedir. Bir kenarı 20m olan bir kare her biri 5m kenara sahip olan daha küçük karelere bölünmüştür. Her nokta, 1.75m uzunluğunda çelik çubuk, bir balyozla vurularak 0.75m her nokta işaretlenmiştir. Bu çelik çubuk silindirik bir telle (telin çapı 0.3mm'dir) gevşekçe sarıldı ve uçlarda halkalar bırakıldı. Bu arada belirtilmek istenen, çubuğun altındaki yer yıkandığında, gövdenin batarak yer erozyonunu sabitliyeceğiydi.. Çubuğun üstüne sarılı tel sayesinde zeminde gerçekleşecek olan olası bir alüvyonlanmayı zeminin en derin yerini sabitliyerek önledik. Ve çubuğun boyunu da hesaba katarak taban deformasyonunun şiddetini belirliyebildik.

Deney alanının yerini belirliyebilmek için 5m'de bir işaretlenmiş ve 20m aralıklı sargılara sahip olan 80m uzunluğunda bir *halyard* kullanıldı. Son sargı ilk çubuğun üstüne konulduktan sonra bir dalgıç yanında pusula olduğu halde gidip *halyard*'ın 20m'sini çözdü. Daha sonra başka bir çubuk balyozla vurularak, başka bir telle sarıldı ve yeni yerleştirme ilk yön ile arasında 90° olacak şekilde kondu. Aynı işlem tüm kare alanı kaplayacak şekilde tekrarlandı. Bir sonraki aşamada açılar kontrol edildi ve deney alanının döşenmesi devam ettirildi. Sualtı araştırmacıları bu operasyonun gerçekleştirilmesini yaklaşık 20-25dakikada ve 0.5-1.5m görünürlük ortamında tamamladı. Tekrar teller *halyardlar*'ın yanısıra her 5m'de bir çakıldı, daha sonra

halyard komşu çubuklara taşındı ve yeni çubukların vurulmasına başlandı. Bu operasyon yaklaşık 30 dakika sürdü.

Kötü görüş şartlarında çubukların yerleştirilmesini kolaylaştırmak için 5x5m boyutlarında alüminyum borular iz olarak kullanılabilir. Bu sayede hem daha geniş hem de deney alanlarının oluşturulması işlemi hızlanır. Su araştırmacılarının işlerini daha da kolaylaştırmak için tekrarlanan ölçümleme işlerinde belirlenmiş her nokta plastik sayılarla numaralandırıldı.

Her test alanının ortasına belirlenmiş iki kare materyal konuldu.(ör. parlak kırmızı renge boyanmış çakılla, açık sarı *luminofor* ile renklendirilmiş kum). Tam buraya zeminin 20cm üstünde olmak üzere birbirini denetleyen iki asılı sediment toplayıcısının uzun bir dolgusu yerleştirildi

Deney alanının oluşturulmasından sonra sedimentler belirlenmiş noktaların yanına 30cm uzunluğundaki *corer*'lar yardımıyla yerleştirildi ve bu noktaların yerden yüksekliği ölçüldü. Tekrar edilen bu yükseklik ölçme, sediment yerleştirme ve asılı sedimentleri geri alma işlemleri yüzeyde yoğun fırtınalardan sonra aşama aşama gerçekleştirildi.

Değişik sediment toplayıcılar su yüzeyine yakın sediment alanlarının araştırılmasında kullanıldı. Bu değişik örnekler yerden sabit yükseklikteki üç ayaklı yada dikey desteklere yerleştirildi. Bu asılı sediment toplayıcıları 10, 15, 20, ve 25m derinlikte olan zeminden 40cm yüksekliğe konuldu ve gözlemler sonbahar, kış ve bahar mevsimlerinde bir kere olmak üzere yapıldı. Bu dönemden sonra yerleştirilmiş sedimentlerin kalınlığı 10-15m'de 27cm ve 20-25m derinlikte 7.5cm olarak belirlendi. Başka sediment toplayıcısı serileri daha deney alanına yerleştirildi ve asılı sediment miktarını belirgin, kuvveti değişken dalgalar geçerken ölçmek üzere kullanıldı. Bu sediment toplayıcıları 15, 20, 25m derinlikteki zeminden 3m yükseklikte olan üç ayaklı desteklere bağlandı. Bunun yanı sıra, 30m derinlikte asılı sediment toplayıcıları ile 6.5m uzunluktaki bir direk yerleştirildi. Bu toplayıcılar birbirlerinden 10-15cm aralıklı konuldu. Bu direğin üstüne *Otonomus Akım Ölçer BPV* eklendi. Zeminden 0.5, 2.0, 3.0, ve 4.0m uzaklıktaydılar.

VDK ve BPV aletleri ile akım hız ölçümüne dayalı hidrodinamik araştırmalar, dibe yakın su tabakalarındaki akımın yapısına dair bazı sonuçlar çıkardı. Dipten 1-4 cm yukarıda akımsal hız, hız gradyanının zeminde büyük olması sebebiyle, birkaç cm/sn olabilmektedir.

Dibe yakın hız, periyodu ile atar öyleki bu periyot dalga grubunun geçişinin periyoduna yakın olabilmektedir. 30m derinlikte (0.7m/sn'ye kadar) dibe yakın su tabakasında sakin su periyodunda yüksek akım hızı oluşumu ile ilgili en ilginç veri CHERNOMOR dalgıçlarının elde edilmiştir.

HİDROBİYOLOJİK ARAŞTIRMA

(Hidrobiyolojik programların liderlerinin raporlarına göre)

CHERNOMOR-68 Projesinde biyolojik çalışmaların temel amacı, içinde ikamet edilen sualtı laboratuvarı ve biyolojik araştırmaların niceliksel uzmanlığı ile, özellikle niteliksel metodlardan bentik çalışmaların olabirlirliğini ve avantajlarını belirlemektir. Aynı zamanda, görevin bir diğer amacı, IUWL ve ana gemiden yiyecek atıkları nedeniyle geceleyin IUWL'deki ışığa yanan hayvanların konsantrasyonundan dolayı oluşan ekolojik etkileşiminin çapını belirlemektir.

1968 hidrobiyolojik araştırmaları O.V. *Mokievsky*'nin liderliğinde gerçekleştirilmiştir. *Cystozira* ve *phylofora* ile kaplı kayalık dibin, 12.5-15m derinliğinde yapılmıştır. IUWL kum ve midye ile kaplı soğuk dip bölümün kayalıklarına, *biocenosis* çalışılan yerden 40-50m uzağa yerleştirilmiştir. Bu araştırmanın ileriyen safhasında yosun hesaplamasının liner kesit metodu ile yapılması, bentik ve balık hesaplamalarını ise band metoduyla tayinine yönelinmiştir. Dipte IUWL yeleştirilmesinden beş gün sonra, hayvanlara çarptığı bölge 20-30m'yi geçmemekteydi. 15.IUWL takımı çalıştığı sırada(1 Ağustos'tan 20 Eylül 1970' e kadar), *N. E. Denisov* kayalık dipte *biocenosis* ve *lithodinamik etkileşimleri* çalışmıştır. Sediment değişimlerinin kayalık zeminde, dipteki organizmaların dağılımı üzerindeki etkisi incelenmiş, sürtünmenin orjinal, soğuk ve üstü kaplı olmasına bağlı olarak oranları kıyaslanmış, erozyon oranı ile yapı arasındaki, türlerin oluşumları ve bentik biomass arasındaki ilişkiler de belirlenmiştir. Araştırmayı ilerletebilmek için, 15.5m derinlikte, kayalık zemin üzerinde IUWL'den 25m uzaklıkta üç deneysel alandan oluşan test zemini hazırlanmıştır. Herbir alan 20mm çapında ve 30mm derinliğindedir 3 delikten oluşmuştur. Deliklerden biri mikropyhtelerden temizlenmiş, 1m'lik bir kare alandadır, ikincisi alanın ortasındadır (1x30m) yüzey tamamen temizlenmiştir, üçüncü delik kontrol amaçlıdır.

Her alanın isobathleri boyunca, makrophyte, zoobenthoslarının miktarsal numuneleri alınmış, *makrofit*'lerin aslına uyan numuneleri biomas ve yüzeyin bioması arasındaki oranı belirlemek için seçilmiştir. Deliğin derinliğinin tekrarlanan ölçümü, 1972 yazında yapılmış, bentik organizmalarının kalın kabuğunu oluşturmuş ve substratanın yüzeyini (marl states) sedimentlerin değişimleri sırasındaki sürtünmesinden korumuştur. Kırılmamış kabuklu alanda, kontrol deliklerinin derinliği bir yıl boyunca

değişmemiştir, değişen sedimentlerin sürtünme etkilerinin izi yoktur. En büyük sürtünme, bentiklerden tamamen temizlenmiş deneysel alanda gözlenmiştir, bu alan gevşek sedimentin dış kısmı ile sınırdadır (6.5mm/y'e kadar). gevşek sedimentlerin kenarından 30m'e uzakta ve iki metre yukarısındaki alanda, cystoziranın kalın çalılıklarında kabuğundışının 35mm/y'ye kadar arttığı görülmüştür.

17. ve 18 takım çalıştığında (8-29 Ağustos ve 11 Eylül-5 Ekim 1972), *N. E. Denisov* ve *B.V. Vyskrebentsev* 30m derinlikte yapay sabit yapılaşma alanlarında("insan yapımı" rifler) zemin hayvanlarının konsantrasyonu, balık toplanması ve davranışını (ekolojik araştırma) izlemiştir. Zemin hayvanlarının ve balık konsantrasyonunun test edilen zemin içerisinde, balıkfaunasının tür kompozisyonu analizi, tür ve ekolojik gruplara göre balıkların sayısal dağılımı, toplam balık miktarı, tür ve su parametrelerinin kontrolüne göre balıkların dik tabkalalaşmasını içermektedir. Ekolojik araştırmanın ilerleyen safhasında, balık gruplarının tek türler içerisindeki karakteri ve özellikleri, grup içerisindeki bireysel uzaklıkları, hiyerarşik ve mezvi ilişkileri ve onların motivasyonu, simbiyotik birliğin oluşumu, balık konsantrasyonunun insan yapımı rif bölgesindeki motivasyonu, farklı davranış değişimlerinde balık hareketinin hızı, balıklarda motor savunma eşik değerleri ve buna benzer şeyler çalışılmıştır. Elde edilen verilerin ilk değerlendirmesinde insan yapımı rif bölgesindeki araştırmaların hem balık davranışının incelenmesi hem de konsantrasyonu açısından dinamiksel sayısının umutverici olduğunu kanıtlamaktadır.

19.takımın programı, deniz suyunda alabalık aklimatizasyonundaki düzenlerin araştırılmasını içermiştir.

HİDROOPTİK ARAŞTIRMANIN SONUÇLARI

(V.N. Nikolaev, O.I. Prokopov, V.G. Yakubenko ve diğerlerin yayınlanmış çalışmalarına göre)

Bu çalışmanın amacı, yüzey dalgalarına göre, doğal (güneş) ışığın sualtındaki istatistiksel karakterizasyonudur. Sualtında güneş ışığının dalgalanmaları alıcı kısmı sabit şekilde batmış zemine(direk) yerleştirilen bir aletle kaydetmek daha iyi olmaktadır. Böyle bir aletin montajı ve bakımı iyi bir dalgıç gücü gerekmektedir, bu yüzden sualtı ışık alanının istatistiksel karakteristiğinin incelenmesi IUWL'nin bilimsel programına dahil edilmiştir. Bu sayede, dalgıçların yardımıyla sualtı aydınlanmasının yüzlercesi gerçekleştirilmesi ve herbirinin bir kaç dakikalık aydınlanma süresi kaydedilmiştir. Elde edilen verinin ve bir sonraki verinin bilgisayarda incelenmesi, sualtındaki ışık alanının istatistiksel karakterizasyonun, dalga karakterizasyonu, deniz yüzeyinin aydınlanma şartları, ışık alıcılarının derinliği ve diğer bazı faktörlere bağlayan bir çok düzenleme deneysel olarak kesinleştirilmesi sağlanmıştır.

TEKNİK ARAŞTIRMA-APARAT VE ALETLERİN TESTİ

Tüm testlerde ve bir kısım çalışma grubunca teknik karakterizasyonun sayısını ve IUWL içerisinde yaşanabilirlik şartlarının değerlendirilmesini amaçlayan ölçümler yapılmıştır. Özellikle, IUWL'nin dalış ve yüzey dinamiği mevcut sistemlerin optimizasyonu gözlenerek çalışılmıştır. Mikroklimata parametrelerinin ve IUWL içerisindeki gaz karışım bileşenlerinin dinamiği, çalışılan gazın rejimine, karışımın temizliğine, IUWL'nin bölümlerindeki kurutma sistemlerine, su sıcaklığı, dalgıcın aktivitesinin yapısına göre ...vs bağlı olarak çalışılmıştır.

CHERNOMOR'un neredeyse tüm mürettebatı takımın otonomisini artırmak ve IUWL sistemlerinin teknik bakımı için gerekli dalgıç çalışma sürelerini azaltmak için IUWL'nin teknik bakımının metodları üzerinde çalışmış ve geliştirmişlerdir.

Standart dalış aletine paralel olarak (örneğin, farklı borulardan suyun gidişini sağlayan otonom solunum aleti, ShAP-62 ve ABM-3m hortum tipinde solunum aygıtları, UVS-50m gibi üç cıvatalı hava dolu alet, "kuru" ve "ıslak" tipinde suelbisesi, vs.), farklı modifikasyonlarda süpersonik hidrolokatorlar, kuru gas karışımının ısıtma sistemi, ayrı redüksiyon aşamalarından oluşan hortum tipinde solunum aleti için gas karışımını ısıtma sistemleri ve kuru tipte suelbisesi için su ısıtması, sualtı laboratuvarında test edilmiştir.

CHERNOMOR Projesini yönetirken ilerleyen aşamalarda, yardımcı oşinografik alet test edildi (örneğin, pnömatik ve elektrik sürücülerini ile batmış titreşimli-delici takımlar, zemine yerleştirilen hidrofizyolojik ölçüm cihazlarının montajı için farklı yapı direkleri ve dalgıçlar tarafından taşınan sualtı televizyon seti). Diğer temel sonuçlarla beraber tüm bu testler, farklı sualtı tekniklerinin test etmek için test zemini olarak IUWL'nin mükemmelliğini göstermiştir.

MEDİKAL-FİZYOLOJİK ARAŞTIRMANIN SONUÇLARI

CHERNOMOR Projesinin mediko-fizyolojik araştırmaların yürütüldüğü süre boyunca, oşinografik araştırmalarla beraber yapılmıştır. Dalgıçların sağlık kontrolünü içermektedir. Bu araştırmanın bir sonucu olarak dalgıçın fizyolojik fonksiyonlarının değişimlerinin aşama karakteri, örneğin, ilk adaptasyon, sabit adaptasyon, ve ilk ve son semptomları ile tekrar adaptasyonu yinelenerek doğrulanmıştır. Hiperbarik şartlar altında dalgıç organizmasının fonksiyonlarının bazı değişimlerinin belli bir karakter bulunmuştur. Dalgıçın 5atm ve üstündeki basınç altında uzun süreli kaldığı durumlarda, bazı fizyolojik sistemlerin yer değiştirme indexleri genelde normaldi. Sunulan işin en iyi şekilde yapılması sağlanmakla beraber, iş için gerekli genel fiziksel kapasite azalma yönündeydi. İlk adaptasyon ve tekrar adaptasyon süreçlerinde akıl yeteneği düşmüş ve ancak sabit adaptasyon sürecinde yeterli düzeyde kalmıştır. Nitrik-oksijen karışımının solunması, basıncın 5atm olduğu anlarda, zeka verimliliğinin sabit bir şekilde azalması ile sonuçlanmıştır.

CHERNOMOR Projesinin 1970-1971 yıllarında, 10,20,30 ve 40metrelik derinlikliğe eşit basınç altında, nitrik-oksijen ortamında basınç odasında 10-15 gün yaşayan ve çalışan dalgıçlarda, dört oda deneyleri iyi sonuçlanmıştır. Bu dizi deneylerin asıl amacı, doyum sınırından farklı sınırlarda, dalgıçların çalışma rejimleri kontrol etmek ve bu tür batışların ayarlanmasını geliştirmekti.

KAÇIRILMIŞ DEKOMPRESYON VE SUIÇİ UYGULAMALARI

R. Halidun Ergünt

İstanbul Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, Sualtı Teknolojisi Programı

Özetçe-Gerçek hayatta bir dalgıç, herhangi bir derinlikte çok seyrek olarak nitrojenle tamamen satüre olacak kadar kalır. Kısa bir dalışta ancak çabuk satüre olan dokular dikkate değer bir miktarda gaz emer ve bunlar kolayca desatüre olabilirler. *J.S.Haldane*'in araştırmalarından ve çeşitli test programlarından üretilen standart dekompresyon tabloları, birçok dalış programında dalgıcın kontrollü dekompresyon yapmasına rehber olacak şekilde hazırlanmıştır. Bu çalışmanın amacı sualtı acil durumlarında dalcıları hayati tehlikeden korumak, oluşan hava kabarcıklarının atımında vakit geçirmeden gerekli tedbirleri almak için yapılacak uygulamalarda güvenli zaman-basınç kombinasyonları içeren tabloları kullanmaktır.

I. GİRİŞ

Kaçırılmış dekompresyon acil bir durum olup, derhal müdahale gerektirir. Yüzeğe fırlama, gaz ikmalinin kesilmesi ve yaralanmalar gibi acil durumlarda dalcıcının yüzeğe gelmesi veya getirilmesi kaçınılmazdır. Yüzeğe gelen dalcıcıda semptom görülmesi halinde derhal basınç odasında uygun tedavi tablosu ile tedaviye oksijen veya hava ile başlanmalıdır. Eğer dalcıcıda semptom görülmezse, uygulanacak diğer farklı yöntemlerle daha sonraki riskler ortadan kaldırılabılır. Kaçırılmış dekompresyon planlanabilir veya planlanamayabilir. Kaçırılmış dekompresyon planlanıyor ve dalcıcı dipte ise, önce dalcıcının dekompresyon duraklarının tamamlanmadan yüzeğe alınacağı, basınç odasının hazır olması ve tüm yüzeğ personelinin uyarılması gerekir. Cihaz arızası, dalcıcının kazaya uğraması veya dalcıcıda aniden ciddi semptom görülmesi bu durumlara örnek olabilir. Planlanmamış kaçırılmış dekompresyonda dalcıcı aniden herhangi bir ikaz bildirmeden ve dekompresyon duraklarını kaçıarak yüzeğde belirir. Eğer suiçinde durak yoksa veya dalcıcı suiçi duraklarını tamamlamışsa dalcıcı yüzeğe alınarak yüzeğ dekompresyonu uygulanabilir. Yüzeğ dekompresyon tablosunun kullanımı mümkün değilse dalcıcının dekompresyonu tehlikeye gireceğinden dekompresyon hastalığından sakınmak için derhal yeniden basınç altına alınmalıdır. Dalcıcının tekrar basınç altına alınmasında varsa suiçi yerine mutlaka basınç odası tercih edilmelidir.

II. YÖNTEM

Bir dalcıcının dekompresyon kaçıarak yüzeğe gelmesi sonucunda, yüzeğ bekleme zamanı denilen 3,5 dakikalık süre içerisinde semptom göstermesi veya göstermemesi durumuna bağılı olarak farklı kurallar uygulanır. Eğer dalcıcıda dekompresyon hastalığı veya gaz embolisi semptomları görülmezse aşağıda açıklanan kaçırılmış dekompresyon kurallarına göre uygulama yapılmalıdır.

20 Feet (6 m.) veya Daha Sığdan Yüzeğe Ani Çıkış: Eğer dalcıcı dekompresyon gerektirmeyen bir dalışta 20 feet (6 m.)'ten aniden yüzeğe gelmişse ve sıfır dekompresyon limitleri içinde ise 1 saat süreyle yüzeğde gözetim altında tutulmalıdır.

Eğer dalcıcı 20 feet (6 m.) veya daha sığ duraktan yüzeğe gelirse ve iyi durumda ise, 1 dakika içerisinde tekrar aynı durağa döndürülerek normal dekompresyon durakları tamamlanabilir. Ancak gelmiş olduğu durak zamanı 1 dakika uzatılır. Eğer yüzeğ bekleme zamanı 1 dakikadan fazla ise ve herhangi bir semptom göstermiyorsa tekrar geldiği durağa indirilip 20 (6m.) ve/veya 10 feet (3m.) durak zamanının 1,5 katı uygulanabilir veya basınç odasında *Tedavi Tablosu 5* (oksijen mevcut değilse *Tedavi Tablosu 1A*) kullanılabilir. Eğer bu 5 dakika içinde yapılmışsa dalcıcı yüzeğe geldikten veya tedaviden sonra 1 saat süreyle gözlenmelidir.

20 Feet (6 m.)'ten Daha Derinden Yüzeğe Ani Çıkış: Dalcıcı 20 feet (6 m.)'ten daha derinden yüzeğe ani olarak geldiğinde sıfır dekompresyon limitleri içinde ve semptom göstermiyorsa yüzeğde 1 saat süreyle gözetim altında tutulması gerekir. Semptom göstermedikçe yeniden basınç altına alınması gerekli değildir.

Dekompresyon duraklarını kaçırmış, semptom göstermeyen dalcıcılar basınç odasında kaçırdıkları dekompresyon zamanları toplamına göre tedavi edilmelidir. Dalcıcı derhal 60 feet'e indirilir. Eğer kaçırmış olduğu ilk durak derinliği 60 feet (18.2 m.)'ten daha derinde ise kaçırdığı ilk durağa indirilir. Bu durakta *Standart Hava Dekompresyon Tablosu*'nda verilen zamanın iki katı bekletilir. Daha sonraki duraklarda da iki

katı bekletilerek 60 feet (18.2 m.)'e gelinir. Eğer 30 dakikadan az kaçırılmışsa (tablodaki toplam dekompresyon zamanı) 60 feet (18.2 m.)'te *Tedavi Tablosu 5* uygulanır. Eğer 30 dakikadan fazla kaçırılmışsa 60 feet (18.2 m.)'te *Tedavi Tablosu 6* uygulanır. Eğer oksijen mevcut değilse ve kaçırılmış zaman 30 dakikadan az ise, dalıcı 100 feet (30.4 m.)'e indirilerek *Tedavi Tablosu 1A*, kaçırılan zaman 30 dakikadan fazla ise *Tedavi Tablosu 2A* uygulanır. Dalıcıda semptom görülmedikçe tedavi tablolarına göre uygulamaya devam edilir. Herhangi bir dekompresyon hastalığı bu kuralların uygulanması esnasında veya sonrasında nüksetme olarak kabul edilir. Yüzey beklemesi mümkün olduğunca kısa tutulmalıdır (5 dakika veya daha az). Eğer dekompresyonlu bir dalışta aniden yüzeye gelen bir dalgıcın yüzey bekleme zamanı 5 dakikayı geçerse, kaçırılan zaman 30 dakikadan az bile olsa 60 feet (18.2 m.)'e indirilerek *Tedavi Tablosu 6* veya 165 feet (50 m.)'e indirilerek *Tedavi Tablosu 2A* uygulanmalıdır.

Dalış mahallinde basınç odası bulunmaması halinde semptom göstermeyen ve 20 feet (18.2 m.)'in altından yüzeye ani gelen dalıcılar için suiçi kaçırılmış dekompresyon kuralları uygulanabilir. Dalıcı mümkün olduğunca çabuk (tercihen 5 dakika yüzey bekleme zamanı daha kısa) yeniden suya indirilerek istirahat halinde ve ikinci bir dalıcının kontrolünde iyi derinlik ve muhabere kontrolü ile tutulur. Duraklar arası 1 dakika olmak üzere şu yöntem uygulanır:

- 30 feet (9.1 m.)'ten daha derindeki bütün duraklar tekrarlanır.
- 30 feet (9.1 m.), 20 feet (6 m.) ve 10 feet (3 m.)'te durak zamanlarınının 1,5 katı bekletilerek yüzeye getirilir. (TABLO-I semptom göstermeyen kaçırılmış dekompresyon uygulamalarını özetlemektedir).

Eğer dalıcı yüzeye ani olarak geldiğinde dekompresyon hastalığı veya gaz embolisi semptomu gösteriyorsa, derhal basınç odasında 165 feet (50 m.)'e indirilerek gaz embolisi olarak *Tedavi Tablosu 6A* ile tedavi edilmelidir. Yüzey fasılası veya sıfır dekompresyon limitleri dahilinde yüzeye fırlamış dalıcıların gözetim altında tutulduğu süre içinde semptom görülmesi halinde, yalnız ağrı semptomu dahi olsa ciddi dekompresyon hastalığı semptomu gibi *Tedavi Tablosu 6* ile veya (oksijen mevcut değilse) *2A* ile tedavi edilmelidir.

Basınç Odasının Mevcut Olmadığı Durumlarda Rekompresyon Tedavisi: Dalış mahallinde basınç odasının mevcut olmaması halinde dalış amirinin iki seçeneği vardır: Eğer dalıcının acilen yeniden basınç altına alınmasına gerek yoksa, en yakın basınç odasına hastayı ulaştırmak, veya dalgıcın derhal basınç altına alınması gerekiyorsa su içinde tedavi uygulamak. Tedavinin gecikmesinden dolayı meydana gelecek tehlikelere ve komplikasyonlara karşı dikkatlice düşünmek gerekir. Genel kural hastanın en yakın basınç odası bulunan tesise nakledilmesidir. Bununla beraber en yakın basınç odasının mesafesi uzak dahi olsa suiçi tedavisi son çare olarak uygulanmalıdır.

Suiçi rekompresyonu son çare olarak dalış mahallinde basınç odasının olmaması ve en yakın basınç odasına 12 saat içinde ulaşmanın mümkün olmadığı durumlarda uygulanmalıdır. Ciddi dekompresyon hastalığı veya gaz embolisi gibi semptomlarda dalıcının suiçinde daha fazla zarar verebileceği düşünebilir.

Genellikle suiçi rekompresyonu yerine yüzeyde dalıcıya eğer mümkünse %100 oksijen vererek gecikme ne olursa olsun en yakın basınç odasına ulaşmak daha iyi bir çözüm olacaktır. Eğer dalış mahallinde oksijen varsa dalıcı derhal %100 oksijen solutulmaya başlanmalıdır. Suiçi rekompresyonuna karar vermeden önce yüzeyde 30 dakika süreyle oksijen solutulmasına devam edilmelidir. Bu süre içerisinde semptomlarda gelişme ve iyileşme görülmesi halinde, semptomlar yeniden ortaya çıkmadıkça veya kötüleşmedikçe suiçi uygulamasına geçmemelidir. Oksijen ikmalinin sonuna kadar, 6 saati geçmeyecek şekilde, %100 oksijen solutulmaya devam edilmelidir. Eğer 30 dakika sonrasında yüzeyde verilen oksijen tesirli olmazsa suiçi uygulamasına geçilir. Suiçi rekompresyonu uygulanırken mümkünse dalıcı 6 saat boyunca termal koruyucular ile ılık tutulmalıdır. Suiçi rekompresyon teknikleri aşağıda olduğu gibidir.

Eğer suiçi rekompresyonu kullanmak zorundaysanız; *Tedavi Tablosu 1A* mümkün olduğu kadar yakın takip edilmelidir. Ya tam yüz maskesi veya tercihen derinsu dalış takımı kullanılmalıdır. Bu teneffüs kaynakları olduğu sürece *SCUBA* teçhizatı ve mape ile suiçi rekompresyonu uygulamayın. Gerekli haberleşmeyi mutlaka sağlayın. En az bir dalıcı uygulama boyunca hasta ile birlikte tutulmalı, dikkatlice bir plan yaparak hava kaynağı veya tüp değişimi sağlanmalıdır. Yüzeyde bol miktarda yardımcı dalıcı bulundurulmalıdır. Eğer bölgedeki derinlik *Tedavi Tablosu 1A*'nın uygulanması için yeterli değilse hasta mevcut maksimum derinliğe indirilmelidir. O derinlikte 30 dakika bekletildikten sonra *Tedavi Tablosu 1A*'ya göre yüzeye getirilmeli, duraklar belirtilenden kısa kullanılmamalıdır.

DALGICIN BULUNDUĞU DERİNLİK	DEKOMPRESYON DURUMU	YÜZEY DEKOMPRESYONUNA UYGUNLUĞU	YÜZEY BEKLEME SÜRESİ	İŞLEM		
				BASINÇ ODASI MEVCUT	BASINÇ ODASI MEVCUT DEĞİL	
20 FEET VEYA DAHA SIĞ	DEKOMPRESYON YOK	HAYIR	HAYIR	YÜZEYDE 1 SAAT GÖZETİM ALTINDA TUTUN		
	DEKOMPRESYON DURAKLARI MEVCUT	EVET	<5 DK.	YÜZEY DEKO TABLOSU KULLAN	BASINÇ ODASI* DURAKLARINI SU İÇİNDE UYGULA	
		HAYIR	<1 DK.	DURAK DERİNLİĞİNE DÖN, DURAK ZAMANINA 1 DAKİKA İLAVE ET DEKOMPRESYONA DEVAM ET		
		HAYIR	>1 DK.	DURAK DERİNLİĞİNE DÖN,20 VE 10 FEET DURAK ZAMANININ 1.5 KATINI UYGULA VEYA TT-5 (1A)		
20 FEET'TEN DAHA DERİN	DEKOMPRESYON YOK	HAYIR	HAYIR	YÜZEYDE 1 SAAT GÖZETİM ALTINDA TUTUN		
	DEKOMPRESYON DURAKLARI MEVCUT	EVET	<5 DK.	YÜZEY DEKO. TABLOSU KULLAN	BASINÇ ODASI* STOPLARINI SU İÇİNDE UYGULA	
	DEKOMPRESYON DURAKLARI MEVCUT (<30 DK. AZ KAÇIRILMIŞ)	HAYIR	<5 DK.	TT-5 (1A) **	KAÇIRILAN İLK DURAĞA İNİLİR,30 FEET'E KADAR DURAKLAR TAMAMLATILIR .30 FEET,20 FEET VE 10 FEET'TE STOP ZAMANLARINI N 1.5 KATI BEKLETİLİR	
		HAYIR	>5 DK.	TT-6 (2A) **		
DEKOMPRESYON DURAKLARI MEVCUT (>30 DK.FAZLA KAÇIRILMIŞ)	HAYIR	HER NE KADAR	TT-6 (2A) **			

* SADECE HAVA İLE YÜZEY DEKOMPRESYONU

** EĞER DALGIÇ 60 FEET'TEN DAHA DERİNDE İSE DURAK KAÇIRMIŞSA VE OKSİJEN VAR İSE,KAÇIRILMIŞ İLK DURAĞA İNDİRİN VE DURAK ZAMANLARININ 2 KATINI 60 FEET'E KADAR UYGULAYIN. 60 FEET'TEN İTİBAREN UYGUN OLAN TT-5 VEYA TT-6'YI TATBİK EDİN. EĞER OKSİJEN MEVCUT DEĞİLSE TT-1A VEYA TT-2A'YI TAMAMEN UYGULAYIN

Eğer elinizde kapalı devre SCUBA cihazı varsa ve personel, sistemi kullanabilecek eğitime sahipse *Tedavi Tablosu 1A*'nın kullanılması yerine aşağıdaki kuralları uygulayarak suiçi rekompresyonu tatbik edilebilir. Dalıcı kapaklı devre SCUBA sistemini kuşanır ve 3 defa aparatın ciğerini saf oksijen ile doldurup boşaltır. Yardımcı dalıcı ile birlikte 30 feet (9.1 m.)'e inilir. 30 feet (9.1 m.)'te istirahat halinde basit dekompresyon hastalığı semptomları için 60 dakika, ciddi dekompresyon hastalığı semptomları için 90 dakika bekletilir. 90 dakika sonra semptomlar geçmemiş dahi olsa 20 feet (6 m.)'ye çıkarılır. 20 feet (6 m.)'de ve 10 feet (3 m.)'ye 60'ar dakikalık beklemeler yapıldıktan sonra yüzeye getirilir. Yüzeye gelindikten sonra ilaveten 3 saat %100 oksijen teneffüsüne devam edilir. Eğer semptomlar yüzeye gelindikten sonra kaldıysa veya yeniden ortaya çıktıysa , gecikme ne kadar olursa olsun en yakın basınç odasına hasta nakledilmelidir.

Standart dekompresyon kaideleri takip edildiğinde dekompresyon esnasında semptom ortaya çıkma olasılığı zayıftır. Yine de böyle bir durum ile karşılaşıldığında semptomların basit ve az bir rekompresyonla çabuk cevap veren tipte oldukları görülmüştür. Basınç odası olmaması halinde gerekli uygulama için Şekil 1'deki akış diagramı kullanılmalıdır.

III.BULGULAR

Ülkemizde basınç odalarının yaygın olmaması sebebiyle geçmiş yıllarda bilhassa sünger, deniz salyangozu avcılığı yapan dalıcılarda hatalı olarak uygulanan suiçi tedavilerinden dolayı dahada kötüleşen ciddi dekompresyon hastalığı vakalarına sıkça rastlanmıştır. 1963-1982 yılları arasında gerçek bir istatistik yapılmamasına rağmen (bazı olayların intikal ettirilmemesi sebebiyle) bilhassa sünger avcılığı yapan dalıcılarda ölümle sonuçlanan 10'un üzerinde bu tür hatalı su içi uygulamaları *Kurtarma ve Sualtı Komutanlığı* kayıtlarında mevcuttur.

IV.TARTIŞMA VE SONUÇ

Amerikan Donanması Standart Dekompresyon Prosedürleri laboratuvarlarda baştan sona test edilmiş olduğu halde, prosedürlere olan bağımlılığı ve standart tablolara uygunluk bir dalıcının dekompresyon hastalığına yakalanmasına engel olmaz. Tüm önlemlere rağmen dekompresyon sorunlarına yol açabilecek bireysel farklılıklar ve çevresel faktörler çok sayıdadır. Durum böyle iken acil bir durum olan kaçırılmış dekompresyonlarda da gereken kurallara uyulmasının kaçınılmaz olduğu ortaya çıkmaktadır. Öncelikle ülkemizde mevcut basınç odalarının yeterli miktara ulaştırılması ile sualtı hekimliğinin yaygınlaştırılması acil olaylara müdahalede büyük katkı sağlayacağı inancını taşımaktayım.

KAYNAKLAR

[1] U.S. Navy Diving Manual. (I), bölüm VII, 1993.

SUALTI ULAŞIM ARAÇLARI,- AÇIK MİNİ DENİZALTILAR

Haluk Cecan

Kayışdağı Cad. Muhlis Bey Apt. 87/20 Ziverbey, İstanbul

Özetçe.- Bu çalışmada sualtı belgesellerinde maket olarak ya da eşya ve insan taşımak amacıyla kullanılmak üzere tasarlanan açık mini denizaltı ve maketler tanıtılacaktır.

Hem görsel, hem de işlevsel amaca hizmet eden bu araçların yapımı sırasında izlenen yöntemler, kullanılacakları yere ve amaca oldukça bağımlı olmakla birlikte, ana gövdenin yapımında izlenen yöntem tekne yapım yöntemlerine büyük ölçüde benzemektedir. Aynı şekilde kullanılan malzeme de, elde edilmek istenen görsel etki ve işleve bağlı olarak farklılıklar göstermektedir.

Sözkonusu araçların yapımı 2 ila 5 ay sürmüş olup, imal edilen 6 araç birçok belgesel ve film çekiminde kullanılmıştır. Çekilen filmlerin bir kısmı çeşitli yarışmalarda ödül kazanmıştır.

I. GİRİŞ

Açık mini denizaltılar olarak nitelediğimiz tek ve iki kişilik ulaşım araçları, sualtı dünyasında çok çeşitli maksatlarda kullanılabilir. Belgesel faaliyetlerinde hem görsel açıdan hem de çalışmalarını kolaylaştırması açısından bugüne kadar faydalı olmuşlardır. Örneğin, belgesel çekim çalışmaları sırasında, kullanılan malzemenin çokluğu ve bunların sualtında uzun mesafelere taşınmaları oldukça zordur. Video kameralar, özellikle *betacam* sistemi, değişik objektifli fotoğraf makinaları, flaşlar, sualtı aydınlatma cihazları ve çekimi destekleyici diğer malzemelerden oluşan malzemelerin birlikte kullanımını gerekebilir. Bu durumda sık sık su üzerine çıkmak vurgun riskini artırır. Bunun yanısıra çalışılan konunun devamlılık istediği durumlarda verilen aralar çalışmayı aksatıp konuyu dağıtabilir. İşte bu durumlarda bu tip bir sualtı aracına yüklenen tüm cihazlar her an el altında olacak ve konunun hem fotoğraf hem de video çalışması kesinti verilmeden yapılabilecektir.

II. YÖNTEM

Bu çalışmada, sualtı belgesellerinde kullanılmak üzere 6 adet sualtı aracı ve maket imal edilmiştir. Bu araçlar tamamen hayal gücümüz ve ihtiyaçların bizi zorlamasıyla ortaya çıkmıştır. Öncelikle, sualtında yapılacak çalışmanın gereksinimleri göz önüne alınarak bir araç/maket çizimi tasarlanmıştır. İlk göze alınacak konulardan biri de aracın kaç kişilik olacağı ve taşıyacağı kargonun hacmidir. Bu iki noktayı göz önüne alarak bir çizim hazırlanmıştır. Bu çizimde, aracın içindekilerin konumları, arka dümen sisteminin pozisyonu, ön kanatçıkların yeri ve boyutları, hava tanklarının büyüklüğü, yerleri, motorların yerleşim planı ve tüm bu sistemin çalışma detayları yer alır.

Araçların ana gövdesinin yapımında temel prensip olarak bir tekne inşaat sistemi göz önüne alınmıştır. Tamamlanan araca sualtında hareket kabiliyetini kolaylaştırması için arka bölüme bir dümen sistemi yerleştirilmiş, sağa, sola, aşağıya, yukarıya iniş çıkışlar için gövdeye yatay açıda, sağa sola dönüşler içinse dikey açıda yerleştirilen kanatçıklar birer bağlantıyla aracın pilotuna ulaşırarak şekilde imal edilmiştir. Bu bağlantılar pilotun sağ ve sol taraflarına monte edilmiş, ön bölüme ise bazı modellerde yine iniş çıkışları destekleyici iki kanatçık ilave edilmiştir. Bu sistemde yine pilot tarafından rahatça kullanılabilmesi için ön bölümde bir manivela tarzında yerini alır.

Bugüne kadar yaptığımız açık mini denizaltılarımızda ya da maketlerde yüzerlik dengelemek amacıyla hava tankları kullanıldı. Yapılan çalışmanın derinlik ve süresine bağlı olarak 10 ila 12 litre arasında bir ila iki hava tankı kullanıldı. Aracın sağ ve sol bölümlerine yerleştirilen bu tankların üst kısımlarında içlerindeki hava çıkışını kontrol eden bir vana bulunmaktadır. Alt bölümünde ise içerisine tüpteki hava girişini kolaylaştıran bir bölüm bulunmaktadır. Araç içine yerleştirilen ufak bir tüpten verilen hava tanklarının içine dolacak ve denge ve yükselmeler daha kolay kontrol edilecektir. Tankların üzerindeki vana açılarak hava çıkışı temin edilecek ve aşağıya iniş kolaylaşacaktır.

Sualtı araçlarımızda ve maket denizaltılarımızda iki adet tekne motor kullanılmaktadır. Motorlar üzerinde ve pervanelerinde yapılan değişikliklerle aracın arka bölümüne yerleştirilir. Motorlar üzerine tatbik edilen bir sistemle ön bölüme uzanan kumanda bağlantıları yine pilotun elinin altındadır.

Kullanılan malzemeler ise polyester, cam elyafı, alüminyum, plastik, saç levhalar, poliüretan, vinleks türü malzeme, pleksiglas v.b. dir. İmal edilen araçlarda kullanılan malzeme Tablo I'de belirtilmiştir.

TABLO I
İMAL EDİLEN MODEL ve ARAÇLARIN YAPILDIĞI MALZEME

Model/Araç Adı	Yapım Tarihi	Yapım Süresi	Kullanılan malzeme
Sarı Model	1989	2 ay	Polyester gövde, saç arka dümen tertibatı, polyester hava yatakları, poliüretan takviye
Metal Model	1990	3 ay	Polyester gövde, saç arka dümen ve yan kanat tertibatı, polyester hava yatakları, gövdede alüminyum, plastik ve polyester parçalar
Köpekbalığı	1992	3 ay	Polyester gövde, arka kuyruk saç ve alüminyum, polyester hava yatakları, üst kapak alüminyum ve pleksiglas
Sarı Uçak Modeli	1993	3 ay	Polyester gövde, ana gövdenin yan bölümlerindeki motor yuvası bağlantılarında demir ve kalın alüminyum borular
Fanuslu Model	1995	3 ay	Polyester gövde, gövdede plastik ve saç bölümler, üst kısımda pleksiden fanus
Van Canavarı	1996	5 ay	Gövde polyester, ekler plastik ve alüminyum boru



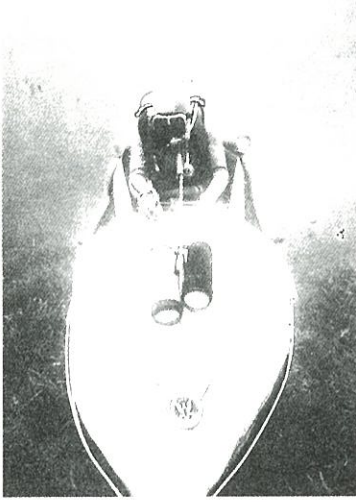
Şekil 1. Van Gölü Canavarı adlı maketinin yapımından bir kesit.

III. BULGULAR

Tüm bu çalışmalarımız büyük bölümüyle belgesellerimizdeki çalışmaları biraz kolaylaştırmak ve göze hitap ederek sualtı dünyamızı daha geniş kitlelere sevdirebilmek için gerçekleştirildi. Yapılan maket ve araçların menzilleri yaklaşık 3 mil olup, azami inebildikleri derinlik 130 feet'tir. Bu değerler aracın ağırlığı, tasarımı ve içindekilerin ağırlığına bağlı olarak daha da azalabilir. Motorların sualtı kullanım süreleri 20 dakika ile 140 dakika arasında sınırlandırılmıştır.



Resim-2. Metal Açık denizaltı sualtı denemelerinde



Resim-3. Metal Açık denizaltı sualtı denemelerinde

IV. TARTIŞMA

Ülkemizde ilk kez denenen bu araçlar için hiçbir kaynaktan istifade edemedik. Zira bu konuda bir yayın bulamadık. Dolayısıyla bu yapılanlardan çok daha iyisi yapılabilir. Bu da iyi bir mühendislik çalışmasının ürünü olacaktır. Mini denizaltı ve maketlerimizin en olumsuz yönlerinden biri de ağırlıklarıdır. Hem nakliye hem de su içerisinde hareketi açısından ağırlıkları en olumsuz yönleridir. Ağırlıkların sebebiyle hergün suya indirilip çıkarılmaları oldukça zor ve bir ekip işidir. Su üzerinde yüzmeleri temin edilemediğinden sığ bir suda dipte bırakılabilir. Bu da emniyet açısından sakıncaları beraberinde getirecektir.

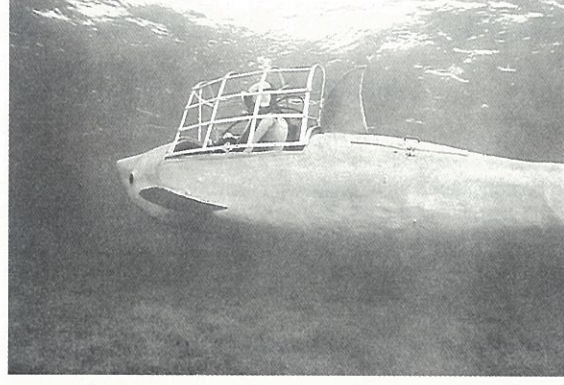
Bugüne kadar hazırladığımız altı aracımızda standart bir sistem kullanmadık. Herbirinin kendine özgü gereksinimlerin beraberinde getirdiği ayrı sistemleri vardır. Bazılarında hava tankları tekne üzerinde yer alırken diğerlerinde içine monte edildi. Aynı şekilde motorların yerleri bazen arka bölümde bazen de aracın iki yanında sabitlendi.

Maket ve denizaltılar bazı belgesellerin çekiminde kullanılmıştır. *Metal Model "Mavinin Dostluğu"* ve *"Mavi Sessizlik"* belgesellerinde, *Sarı Uçak "Akdeniz'de Gezintiler"* adlı belgesellerde kullanıldı. Diğerleri ise doğrudan doğruya maketin yer aldığı filmlerde kullanıldı.

Gerçekleştirilen çalışmaların sualtı film çekimi açısından kazandırdıkları, uluslararası ödüllerle kanıtlanmıştır. Bunlardan *"Mavinin Dostluğu"* filmi *Çek Cumhuriyeti*'nde dördüncülük. *I. Köpekbalığı* modelinin kullanıldığı film 1992'de *Fransa*'da dünya dördüncülüğü, 1993 yılında dünya çapında 15 yönetmene verilen *"Prima Cup"* ödülü, 1996 yılında *Çek Cumhuriyeti*'nde üçüncülük ödülü almıştır.

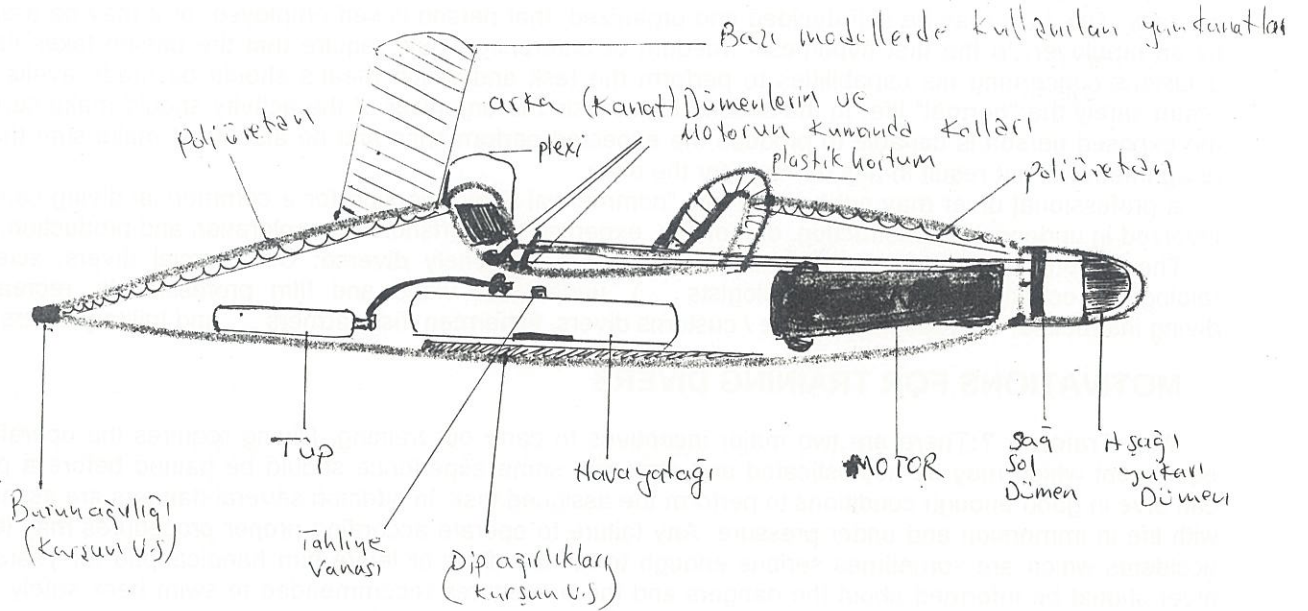


Resim-4. Dinazor sualtında



Resim-5. Balıkadımı taşıyan köpekbalığı

Denge konusu bütün yapımların en önemli problemiydi. Zira tüm çalışma bittikten sonra bile denge konusunda kesin bir şey söylemek mümkün olmadı. Mutlaka su içerisinde birkaç günlük deneme çalışmaları yapılması denge sorununun çözülmesi için gerekli oldu. Su üzerinde gidebilecek bir teknenin çok fazla denge problemi yoktur. Mini denizaltının ise sualtında adeta boşlukta asılı kalan bir uçak gibi ideal dengesi olması gerekmektedir. Tanklara basılan fazla hava veya çok ağır bir gövde dengeyi kolaylıkla bozar. Deneme çalışmaları sonunda ilaveler ve eksiltmeler yapılarak ideal ölçülere kavuşulur. Motorların gücünü gösterebilmesi için ideal hafiflik ve denge sağlanmış olmalıdır. Ağır basan bir yapı veya hafif gelen denge sebebiyle araç asla düz olarak sualtında yol alamayacaktır.



Çizim-1. Bir Cep Denizaltısı'nın çizimi

PROFESSIONAL DIVERS TRAINING

Jean Claude Le Péchon

JCLP Hyperbarie Paris, France

Abstract-After reviewing who can be considered as a "professional diver", the motivation leading to the specific training requirements for the professional divers are explained. The example of the situation in France and the French regulation are presented. Recommendations to help in formulating the best adapted rules of training to cover safety and skills training of the professional divers are proposed.

INTRODUCTION

From the very ancient time all persons concerned with underwater activities tried to dive. History of diving technology shows a series of trials to reach the bottom of the sea or lakes to perform various tasks like military actions, collection of animals and sea weeds, or exploring and recovering lost objects eventually treasures. Diving in those times was always oriented to carry out tasks or missions, it has always been considered as professional activities.

Very recently (1946), when *Mr. Gagnan* and *Captain Cousteau* developed the first efficient SCUBA, it was also for professionals. Almost during the same period of time, western civilisation evolved in discovering leisure, and started to devote more and more time and money to recreational activities. Recreational diving grew from the 50's small circles to a world wide leisure trade and business.

It is only from this recent time that it became necessary to split divers training between "professional divers" and "recreational divers".

In 1952, *André Galerne* formed in *France* the first commercial diving company devoted to underwater works. Previously most divers were self employed, and he established the first divers training centre in Normandie 100 km west of *Paris* on the river side about 150 km from the sea.

We shall first define the limits between those two categories then find out what can be various objectives of professional divers training, and evaluate the influences of regulations on the organisation, content and certifications of the professional divers using the example of French regulation.

WHO IS A PROFESSIONAL DIVER ?

A professional diver is a person who, during her professional occupation goes underwater to perform her task. This task may be self decided and organized, that person is self employed, or it may be assigned by an employer. In the first hypothesis freedom of enterprise would require that the person takes its own decisions concerning his capabilities to perform the task and which means should be made available to return safely the "normal" life. In the second hypothesis the organiser of the activity should make sure that the exposed person is capable to produce the expected performance and he also must make sure that the assignment will not result in any damage for the diver.

A professional diver may not be a so call "commercial diver" working for a commercial diving company involved in underwater construction, demolition, expertise ... or offshore oil exploration and production.

The various categories of professional divers are extremely diverse: Commercial divers, scientists (biologists, oceanographers, archaeologists ...), underwater video and film professionals, recreational diving instructors, civil security / police / customs divers, fishermen, fish farmers and military divers.

MOTIVATIONS FOR TRAINING DIVERS

Why Training ?: There are two major incentives to carry out training. Diving requires the operation of equipment which may be sophisticated and stressful, some experience should be gained before a person can dive in good enough conditions to perform the assigned task, in addition several dangers are associated with life in immersion and under pressure. Any failure to operate according proper procedures may lead to accidents which are sometimes serious enough to kill the diver or leave him handicapped for years. Any diver should be informed about the dangers and the procedures recommended to swim back safely to the surface ...

The social acceptability of accidents is evolving with the level of development and safety consciousness of the countries. Nowadays, in the EEC it is considered unacceptable not to take all needed precautions to warranty a very low level of risks. Risk evaluation should be carried out and for each unavoidable danger, emergency plans should be prepared in advance in order that even in case of accident no damage will result to the personnel.

Under the influence of quality requirements and reliability of work performed underwater, the skills of the diver to achieve the task has become more and more stringent. Any diver must be a skilful professional of the tasks he is given to perform underwater.

Safety: The incentive to train divers to safety procedures is directly related to the social acceptability of accidents. It therefore depends of the absolute number of accidents (more than to the ratio of accidents versus total number of exposures) and of the information released by the media on these accidents. For long times, diving accidents have been considered as an unavoidable risk associated with this occupation. Then physiologists and engineers have elaborated safe diving equipment, tools and diving procedures. Nowadays safe diving is possible through out the world, however enforcement of those techniques is far from universal even if the basic SCUBA has reached almost every diving area. Poor evaluation of the problems and economics are very often the major reasons preventing the introduction of safe diving practices. Diving accidents are still accepted as a fate in many areas of the world.

Diving regulations are the legal translation of the social non acceptance of diving accidents and fatalities. Enforcing safety regulation appears as a costly business for a country because the cost of diving operations will increase, the controls need to make sure the law is properly adhered to, is also costly. In addition the savings resulting for reduction of accident incidence or from the social consequences associated with each accident cannot be easily measured in economic units and be compared to the cost of safety.

In most countries, when diving regulations are published, a large part is devoted to training. Training requirements cover most of the time safety procedures (accident prevention and emergencies management), diving gear practices and safe operation of underwater tools.

Skills: In the opposite, the incentive to train divers to the task they are assigned to, is more economical. Whoever employs a diver wants him to perform efficiently and economically the task. Employers of divers are working for clients who put pressure on them to reduce costs and produce work of quality. Competition requires divers to be efficient underwater. This can be obtained by training and experience. Skill divers remain on the market.

There is no need to enforce by law the details of the training of the divers to know-how and what they should be able to do underwater. There has been a long unresolved discussion : "is it better to train professionals to dive or to teach professional skills to divers".

The answer is probably linked to the type of skills in question: a subsea welder should first be a qualified welder, many divers will never be good diving instructors whatever training they will go through. Civil engineering construction divers may become offshore divers as soon as they familiarise with the diving equipment involved.

REGULATIONS, ORGANISATION AND CERTIFICATIONS : French Example.

International situation: Since the early 70's many countries have published either their first diving regulation or update the existing ones *UK, Norway, USA, France, Germany, Brazil, India.....* In *France* the first modern rule was published in 1974, before the offshore oil exploration and production boom, it has been revised in 1990 (precisely when the offshore diving activities were finished for French companies ...!).

All these regulations have incorporated the requirement of certifications for the divers and surface personnel involved. Various means to obtain the corresponding certificates are offered. Training objectives, approved diving schools, international equivalences etc.

The details for each country would be long and boring to be presented, I shall describe the French regulation as a possible solution.

Divers certification in France: Several principles are given in the décret date 28 Mars 1990 :

The décret is not meant for divers but for any person exposed to an hyperbaric environment whether dry or with immersion. Therefore compressed air workers and hyperbaric medicine personnel are concerned as well as any person exposed to diving during her professional occupation as explained above.

Training is necessary for all and is recorded in a single document called *Certificat d'Aptitude à l'Hyperbarie (CAH)*. The training intends to cover only the safety aspects of the profession and not the skills needed to perform work under pressure, as far as the tools involved are not specifically dangerous when used under pressure.

There are four different "Mentions" attached to training certificates depending of the type of professional activities carried out under pressure, and there are three Classes of training according to the maximum pressure to which a professional may be exposed (Table I).

A French training certificate (CAH) specifies The "Mention" -A, B, C or D-, and the Classe. Classe 3 corresponds to high pressures (more than 6 bars(g)), Classe 2 is necessary for the pressure range from 4 to 6 bars -or 40 to 60 metres for divers- and Classe 1 is up to 4 bars.

Mention A divers are those diving for the industry and most of the time working for diving companies. mention B divers are divers with an occupation which may require that they dive (fishermen, diving instructors, scientific divers, and media divers). Most of them dive SCUBA and the training is focused on SCUBA diving.

These certificates are delivered by the *Institute National de Plongée Professionnelle (INPP)* at *Marseilles*, after a specific training program has been carried out and controlled. Training organisations are either INPP itself (exclusive for Mention A), or *Ministry of Labour* approved diving schools (Mention B).

TABLE I
TRAINING CERTIFICATES (CAH)

PRESSURE (bar)		0 à 1,2 bar	0 à 4 bars	4 à 6 bars	> 6 bars
ACTIVITIES		<i>Sous-Classe I A</i>	<i>Classe I, II or III</i>	<i>Classe II or III</i>	<i>Classe III</i>
WITH IMMERSION	INDUSTRIAL DIVERS	NA	A	A	A
	OTHER DIVERS	B* or A	B* or A	B or A	B or A
WITHOUT IMMERSION	MEDICAL PERSONNEL	NA	C* or A, B	C* or A, B	C or A, B
	COMPRESSED GAS WORKERS	D* or A, B	D* or A, B	D or A, B	D or A, B

NA = Non applicable
 * = Authorized Employer
 A, B, C, D = Corresponding necessary Mention(s)

An arrêté published January 28 th, 1991, describes the training objectives to be reached for each type of certification (Mention and Classe), and defines the criteria for divers training centres or diving schools approval. Today there are 5 training centres approved in *France* for divers Mention B classe 1 or 2.

For professional diving instructors there are *National Certifications* under the *Ministère de la Jeunesse et des Sports*, those diplomas lead to a direct equivalence to CAH mention B classe 2.

Several foreign diving certificates are considered for equivalences. French certificates (CAH) are delivered by INPP upon request by holders of those foreign certificates.

The French system is operational but still not perfect, there are still some controversies concerning the definition of activities relevant to Mention B and/or Mention A. Foreign equivalences and in particular those from EEC countries have not been evaluated extensively, controls of approved training centres is still in dispute. Enforcement in the field of the legal requirements of certification is efficient in civil engineering diving but very weak for most activities related to Mention B. Many improvements are pending, administrative inertia is the more limiting factor.

Training objectives: The training objectives are safety oriented. Divers willing to qualify for Mention A activities (commercial diving) attend courses for each range of depth (Classes 1 to 3). The training covers the various methods from SCUBA air and Nitrox diving (mention B) to surface supplied diving with air, Nitrox or helium containing mixes (mention A). Open bell, closed bell bounce dives, and saturation diving are included in the deep dive scenarios for Classe 3 divers.

Several items of the training are common to all classes : Physics and gases theory, general physiology, principles of decompression, main symptoms and basis of the treatment, recompression chamber operation, first aid including resuscitation, diver rescuing practices.

Recreational diving certificates eventually held by the candidate for professional diver training are taken into consideration to define the extent of the course for Mention A or B. No recreational diving certificate can be equivalent to any professional certification except for instructors holding the State Degree of Sport Instructor option "diving" (*Brevet d'Etat d'Enseignement Sportif -BEES- option Plongée Subaquatique*) which is equivalent for Mention B classe 2. For example a recreational diver holding level 4 (CMAS reference) needs only about one week to reach the objectives for Mention B classe 1 and about 7 weeks for Mention A classe 2.

For the Mention A certification, the operation of the various tools (burning, welding, pull along, lifting bags, inspections devices, high pressure jetting ...) are demonstrated and some experience is gained during training, however newly certified divers are not experts in underwater works, they know how to use the tools and what are the safety rules applicable. Further experience will be gained in the field.

INPP proposes specific training sessions for NDT certifications, burning or construction dives, this is not included in the legal requirements but requested by some employers before assignment to those tasks. Diving instructors recreational or in professional training centres must hold a national diploma BEES with 3 degrees.

The validity of the certificate is ten years, after which those still in activity will receive a renewal by producing their personal log-book. Those not active will have to attend a refreshment course. This is not yet working since this organisation started in 1991.

Surface personnel: Diving management and supervision are among the most important factors for safe (and efficient) dives. The French regulation specifies that each person under pressure should be permanently under close supervision by a competent person designated in writing by the employer. The employer should only assign to that duty either a qualified diver or a person holding a certificate of diving supervisor training (delivered by INPP). Training objectives for surface personnel need also a clear definition.

This issue becomes acute when recreational diving is concerned. The diving instructor is in charge of the safety of the operations, however he is most of the time underwater with the pupils. Surface supervision is often neglected, in particular when dives are carried out from inflatables or small boats. Instructor's safety and safety of the recreational divers under his control are not covered in France by the same rules !

CONCLUSIONS & RECOMMENDATIONS

When a country is facing unacceptable rate of diving accidents or is calling in foreign divers because of lack of competence of its natives, particularly in the offshore oil production programs, the introduction of divers certification and minimum training standards may be one leg of a governmental policy to reduce accident occurrences, control the lost of currency in importing diving services and create employment opportunities.

This should be carefully designed to cover the evaluated needs. Training agencies must receive clear divers training standards and instructions. Those standards should consider the possibilities of equivalences for foreign certifications which should be reciprocal. Training standards and corresponding qualifications should be closely adapted to the type of activities carried out underwater in order to be accepted by those concerned (costs of tuition, technical background, duration of training). The enforcement of these training obligations should be associated with the relevant increase of services prices invoiced to the clients. This is possible only if all suppliers of diving services are facing the same obligation of training.

An interim organisation must be implemented to take care of those already acting as professional divers without recognised qualification.

Any training action should also be part of an extensive program to enforce diving safety rules which should cover all aspects of safety : Diving gear, equipment (inclusive of recompression chamber), diving procedures and adapted decompression tables, fitness to dive policy, on site documentation, contingency plans, emergency medical hyperbaric services, duties and responsibilities of the actors (clients, employers, diving supervisors, and divers), law enforcement bodies qualified to understand diving problems and regulations.... however these topics would justify an other presentation.

REFERENCES

Travaux en milieu hyperbare. Mesures particulières de prévention. Brochure 1636, Journal Officiel de la République Française, 26 rue Desaix 75727 - Paris cedex 15

PROFESYONEL DALGIÇ EĞİTİMİ

Jean Claude Le Péchon

JCLP Hyperbarie Paris, Fransa

Özetçe.- Bu yazıda kimlerin "profesyonel dalgıç" olarak kabul edilebileceğini gözden geçirdikten sonra, profesyonel dalgıçların özel eğitim gereksinimlerini oluşturan motivasyona açıklık getirilecektir. Fransa'daki durum ve Fransız yönetmelikleri örnek olarak takdim edilecektir. Profesyonel dalgıçların yeteneklerini geliştirmelerini ve güvenliklerini kapsayan en iyi eğitim kurallarını oluşturmaya yönelik kuralları oluşturmaya yardım edecek tavsiyelerde bulunulacaktır.

1. GİRİŞ

İlk çağlardan beri sualtı etkinlikleri ile ilgili olan her insan dalmaya çalışmıştır. Dalış teknolojisi tarihçesinden de görebiliriz ki askeri aktiviteler, çeşitli hayvan ve deniz yosunlarının koleksiyonu veya define gibi çeşitli kaybolmuş şeylerin bulunması içinö insanoğlu deniz veya göllerin dibine ulaşmaya çalışmıştır. O zamanlar dalma bir görev veya vazifeyi yerine getirmeye yönelik, profesyonel aktivite kategorisinde yer almaktaydı.

Yakın zamanlarda (1946), *Mr. Gagnan ve Kaptan Cousteau* ilk SCUBA'yı geliştirdiklerinde sadece profesyonel kullanım amaçlanmıştır. Aynı dönemde, batı medeniyetleri boş zaman kavramını geliştirmeye ve eğlence aktivitelerine daha fazla zaman ve para adamaya başlamıştır. Böylece, 50'lerin küçük çaplı eğlence amaçlı dalışları dünya çapında bir boş zaman meşguliyeti haline geldi.

Bu dönemin başlangıcıyla birlikte, dalgıç eğitimini profesyonel dalgıçlar ve eğlence amaçlı dalgıçlar olarak ikiye ayırmak da mecburi hale gelmiştir.

André Galerne, 1952 yılında Fransa'da ilk ticari amaçlı dalış şirketini kurmuştur. O zamana kadar çoğunluğu kendi kendinin patronu olan dalgıçları şirketinin bünyesi altında toplamış, ilk dalış eğitim merkezini de Paris'e 100 km, denize ise 150 km uzaklıkta olan bir nehir kıyısında açmıştır.

Bu makalede, ilk olarak bu iki kategori arasındaki sınırlar tanımlanacak, profesyonel dalgıç eğitiminin olası amaçları araştırılacak ve Fransız örneği esas alınarak yönetmeliklerin organizasyon, esaslar ve sertifikalar üzerindeki etkileri incelenecektir.

2. PROFESYONEL DALGIÇ KİMDİR?

Profesyonel mesleğini sualtında icra etmekle görevli kişiler profesyonel dalgıç kategorisine girer. Bu görevler, kişi kendi kendinin patronu olduğu takdirde kişisel organize edilmiş olabileceği gibi diğer durumlarda bir işveren tarafından tahsis edilmiş de olabilir. İlk durumda serbest girişimcilik, kişinin söz konusu olan görev için yeterliliği hakkında kendi kararının vermesini gerektirir. Bu yeterlilik, görevin tamamlanmasını ve "normal" hayata güvenli bir biçimde dönüşü kapsar. İkinci durumda ise, aktiviteyi düzenleyen kişi söz konusu dalgıçların kendilerinden beklenen performansı gösterebileceğini ve tahsis edilmiş görevin herhangi bir hayati tehlike yaratmayacağını garantilemelidir.

Profesyonel dalgıç her zaman için bir sualtı inşaatı, uzmanlığı veya kıyasal petrol araştırma ve üretimiyle ilgili bir ticari dalış kuruluşunda görevli "ticari dalgıç" demek değildir.

Profesyonel dalgıçlığın alt kategorileri oldukça farklıdır: ticari dalgıçlar, bilim adamları (biolog, okyanus bilimci, arkeolog vd) profesyonel sualtı video ve film yapımcıları, eğlence-amaçlı dalış hocaları, sivil güvenlik/polis/gümrük dalgıçları, balıkçılar, balık çiftlikleri ve askeri dalgıçlar.

3. DALGIÇ EĞİTİMİ İÇİN MOTİVASYON

3-1- Neden Eğitim?

Eğitim vermenin iki ana maksadı vardı. Dalmak, gelişmiş ve zaman zaman stres yaratıcı malzemelerin kullanımını gerektirdiği için, kişinin tahsis edilmiş görevi yerine getirebilecek yeterliliğe sahip olması ancak tecrübe ile gerçekleşir. Buna ek olarak, dalış esnasında ve basınç altında iken hayati önem taşıyan tehlikelerle karşılaşmak olasıdır. Herhangi bir durumda prosedür uygulamadaki başarısızlık dalgıcın uzun süreli sakatlığına, hatta ölümüne yol açabilecek ciddiyette kazalarla sonuçlanabilir. Her dalgıç olası tehlikeler ve yüzeye güvenli çıkış için gerekli olan yöntemler hakkında bilgilendirilmelidir.

Kazaların toplum tarafından kabullenilmesi ülkelerin gelişim düzeyleri ve güven bilinçleri ile doğru orantılı bir biçimde artmaktadır. Günümüzde, AET üyeleri ülkeleri risk düzeyini minimuma indirmeyi amaçlayan gerekli önemlerin alınmamasını kabul edilemez bir işlem olarak görmektedir. Herhangi bir olası kazanın dahi ilgili personelin hayatı tehlikeye atmaması için kaza analizinin ve tehlike anındaki acil durum planlarının önceden yapılması gerekmektedir. Kalite konusundaki gereklilikler ve sualtında gerçekleştirilmesi gereken görevin güvenilirliği göz önüne alındığında dalgıcın sahip olması gereken hüneler daha da zorlu bir hale gelmektedir. Her dalgıcın üstlendiği spesifik sualtı görevi konusunda maharetli bir profesyonel olması gerekmektedir.

3-2- Güvenlik

Dalgıçları güvenlik çerçevesi içerisinde eğitmek direkt olarak kazaların toplumsal kabul oranıyla bağlantılıdır. Bu oran kazaların kesin sayısı ve bu kazalar hakkında medyada çıkan haberlere bağlıdır. Uzun bir süre, dalış kazaları dalgıçlık mesleğinin önlenemez bir parçası olarak kabul edilmiştir. Zaman içerisinde, fizyolog ve mühendislerin güvenilir dalış malzeme ve teknikleri geliştirmesiyle, günümüzde güvenli dalış dünya çapında geçerli kılınmıştır. Fakat, bu tekniklerin uygulanması, SCUBA hemen hemen her dalış bölgesinde yaygın kullanıma sahip olmasına rağmen, evrensel olmaktan çok uzaktır. Güvenli dalış tekniklerinin pratiğe geçirilmemesinin ana sebepleri karşılaşılabilecek problemlerin yeterince önemsenmemesi ve ekonomik zorluklardır. Bugün bile dünyanın birçok yerinde dalış kazaları kader olarak kabul edilmektedir.

Dalış talimatları, dalış kazalarının ve bu sebepli ölümlerin toplum tarafından kabul edilememesinin yasal dökümanlarıdır. Dalış için gerekli olan malzemelerin sayıca artması ve yasal yükümlülüklerin uygulanması maddi olanaklar gerektirdiği için güvenlik talimatlarının uygulanması birçok ülke tarafından pahalı kabul edilmektedir. Halbuki, kazaların ve kazaların sosyal sonuçlarının azalmasıyla yapılacak tasarruf ne maddiyatla ölçülebilmekte ne de güvenlik için yapılacak harçamalara karşılaştırabilecek düzeyde olmaktadır.

Birçok ülkede, yayınlanan dalış talimatlarının önemli bir kısmı eğitime ayrılmıştır. Eğitimin gerektirdikleri, güvenlik yöntemlerini (kaza engellenmesi ve acil durum kontrolü), dalış donanımının pratik uygulamasını ve sualtı aletlerinin güvenli kullanımını kapsar.

3-3- Beceri

Güvenlik konusuna zıt olarak, dalgıçları kendilerine tahsis edilen görev doğrultusunda eğitmek ekonomik nedenlere dayanmaktadır. Bir işveren tahsis ettiği işin dalgıç tarafından en verimli ve en ekonomik şekilde yerine getirilmesini ister. Ayrıca dalgıçlara işveren kişiler de kendi müşterileri için çalışmaktadır ki bu müşteriler onları sürekli olarak masraflarının kısılması ve iş kalitesinin artırılması konusunda baskı altında tutmaktadır. Rekabet dalgıçları sualtında daha verimli olmaya iter, ve bu da alıştırma ve eğitim sonunda ortaya çıkar. Sonuçta, sadece kabiliyetli dalgıçlar piyasada kalmayı başarabilir.

Dalgıçların sualtında neyi nasıl yapabilecekleri konusunda aldıkları eğitiminin detaylarını yasal yürütmelik bünyesinde toplamak gerekli değildir. Uzun süredir çözümlenememiş bir tartışma bizi profesyonelleri dalış için eğitmeliyiz yoksa dalgıçlara gerekli olan profesyonel kabiliyetleri mi öğretmeliyiz ikilemi ile başbaşa bırakır. Cevap söz konusu iş için gerekli olan kabiliyetler ile bağlantılıdır: bir sualtı kaynakçısı öncelikle kaynakçılıkta usta olmalıdır, birçok dalgıç nasıl bir eğitim alırlarsa alsın iyi birer dalış hocası olmayabilirler. İnşaat mühendisliği ile ilgili çalışan dalgıçlar gerekli ekipmana alışır alışmaz off-shore dalgıçlığı yapabilirler.

4. YÖNETMELİKLER, ORGANİZASYONLAR VE SERTİFİKALAR: FRANSA

4-1- Uluslararası durum

78'li yıllardan itibaren birçok ülke ya kendi dalış yönetmeliklerini hazırlamış ya da şu *anda İngiltere, Norveç, Amerika, Fransa, Brezilya, Almanya, Hindistan'da vd.* uygulanan yönetmelikleri kendilerine uygulamıştır. *Fransa'da* ilk modern kurallar 1974'te (petrol araştırma patlaması olmadan önce) basılmıştır ve 1990'da yenilenmiştir (kesin olarak petrol platformu dalışları Fransız şirketleri için bittiği zaman!)

Bütün bu yönetmelikler bünyeleri altında söz konusu olan dalgıçların ve yüzey personelinin sahip olması gereken sertifikaların gerekliliklerini toplamaktadır. Uygun olan sertifikalara hak kazanmak için çeşitli yollar önerilmektedir. Eğitim amaçları, onaylanmış dalış okulları, uluslararası denk kuruluşlar vd.

Her ülke için gerekli olan detayların sunulması çok uzun ve sıcıkı olacağı için, bu makede Fransız yönetmeliği bir çözüm olarak anlatılacaktır.

4-2- Fransa'daki Dalgıç Sertifikaları

28 Mart 1990 tarihli talimatnamede birçok prensipten bahsedilmiştir:

Bu talimatname sadece dalgıçlar için değil sualtı veya suüstünde hiperbarik ortam koşullarına tabi tutulmuş her insan için geçerlidir. Bu yüzden, banıçlı hava ile çalışan işçiler ve hiperbarik tıp personeli de yukarı da tanımlanmış olan profesyonel dalgıç kadar talimatname kapsamına girer.

Eğitim herkes için gereklidir ve Hiperbarik Durum Sertifikası (*Certificat d'Aptitude à l'Hyperbarie-CAH*) isimli tek bir döküman altında toplanmıştır. Eğitim, basınç altında özel bir tehlike teşkil etmedikçe söz konusu iş için gerekli olan yetenekleri değil, mesleğin sadece güvenlikle ilgili olan yönünü kapsamayı amaçlar.

Basınç altında yapılan değişik tipteki işlere bağlı olarak sertifikalara eklenmiş dört adet "ifade" vardır. Buna ek olarak kişinin tabi tutulacağı maksimum basınç miktarına göre ayrılmış üç adet eğitim sınıfı bulunmaktadır. (Tablo-1)

TABLO I
EĞİTİM SERTİFİKALARI (CAH)

BASINÇ (bar)		0 ila 1,2 bar	0 ila 4 bar	4 ila 6 bar	> 6 bar
ETKİNLİK		<i>Sous-Classe I A</i>	<i>Classe I, II veya III</i>	<i>Classe II veya III</i>	<i>Classe III</i>
DALIŞ	ENDÜSTRİ DALGIÇLARI	NA	A	A	A
	OTHER DIVERS	B* or A	B* or A	B or A	B or A
SALT BASINÇ	TIBBİ PERSONEL	NA	C* or A, B	C* or A, B	C or A, B
	BASINÇLI GAZ İŞÇİLERİ	D* or A, B	D* or A, B	D or A, B	D or A, B

NA = Uygulanamaz
* = Yetkili İşçi
A, B, C, D = İlgili derece(ler)

Fransız eğitim sertifikası (CAH) "ifade"leri A,B,C veya D, sınıfları da 1,2,3 ile belirlemiştir. Sınıf 3 6 bardan fazla yüksek basınca, Sınıf 2, 4-6 bar arası basınca (dalgıçlar için 40-60 m), Sınıf 1 ise 4 bara kadar basınca tekabül eder.

A grubu dalgıçlar endüstriyel amaçlı çoğunlukla dalış şirketleri için çalışan, B grubu dalgıçlar meslekleri gereği dalmaları gereken (balıkçılar, dalış hocaları, bilim adamları, medya dalgıçları) kişilerdir. Bunların çoğu SCUBA dalışı yaparlar ve eğitimde SCUBA üzerine yoğunlaşmıştır.

Bu sertifikalar gerekli olan eğitim tamamlanıp, kontrol edildikten sonra *Marsilya'daki Ulusal Profesyonel Dalış Enstitüsü (Institut National de Plangée Professionnelle - INPP)* tarafından verilir. Eğitim ya INPP (özellikle A grubu için), ya da Çalışma Bakanlığı tarafından onaylanmış dalış okullarınca (grup B) uygulanır.

28 Ocak 1991 de yayımlanan bir yönetmelikle her sertifika için sahip olması gereken eğitim ve dalış eğitim merkezleri için gerekli kriterler belirtilmiştir. Günümüzde, Fransa'da grup B, sınıf 1 veya 2 dalgıçları için 5 adet onaylanmış dalış merkezi vardır.

Profesyonel dalış eğitmenleri için *Gençlik ve Spor Bakanlığı'nca* verilen Ulusal Sertifikalar vardır ki bunlar CAH klasmanında B grubu - Sınıf 2'ye tekabül eder. Bu sertifikalara denk olarak birçok yabancı dalış sertifikaları da kabul edilmektedir. Bu sertifikalara sahip dalgıçların isteği doğrultusundan INPP tarafından Fransız sertifikası CAH de verilmektedir.

Fransız sistemi etkili olmasına rağmen grup B ve/veya grup A ile ilgili aktiviteleri konu alan bir takım anlaşmazlıklar olduğu için kusursuz değildir. Özellikle AET na üye ülkelere ait denk sertifikalar hala tam olarak incelenmemekte, onaylanmış dalış merkezlerinin kontrolü tartışılmaktadır. Yasal yürütmeliklerin uygulanması inşaat mühendisliği dalışlarında tutarlı olunmasına rağmen, grup B ile ilgili aktivitelerde çok verimsizdir. İdari engeller nedeniyle bu konudaki gelişmeler henüz bir karara bağlanmamıştır.

4-3- Eğitimin Amaçları

Eğitim esas olarak güvenliği amaçlar, A-grubu aktiviteleri için uzmanlaşmak isteyen dalgıçlar (ticari dalış) her derinlik için özel kurslara katılırlar (sınıf 1-sınıf 3). Tabii tutuldukları eğitim SCUBA hava ve Nitrox dalışlarından (grup B) yüzey destekli hava, Nitrox veya helium içeren karışımların kullandığı dalışlara (grup A) kadar uzanır. Açık çan, kapalı çan satürasyonsuz dalışlar, ve satürasyon dalışları Sınıf-3 dalgıçları için hazırlanan derin dalış programının birer parçasıdır.

Eğitimin bir çok esası her sınıf için geçerlidir: Fizik ve gaz teorileri, genel fizyoloji, dekomprasyon esasları, ana semptomlar ve tedavi esasları, basınç odası kullanımı, "hayata döndürme"yi de kapsayan ilk yardım, kurtarma pratikleri.

Profesyonel dalgıçların eğitimi sırasında grup A veya B kursunun yoğunluğu adayın sahip olduğu eğlence amaçlı dalış sertifikası da göz önünde bulundurularak saptanır. Grup B- sınıf 2'ye denk olan "dalış" seçenekleri saptanır. State Degree of Sport Instructor'a sahip olan eğitmenlerin sertifikaların dışında ki hiçbir eğlence amaçlı dalış sertifikası profesyonel dalış sertifikasına tekabül edemez. CMAS referans alındığında, 4. Seviyedeki bir balıkadam grup B- sınıf 1 eğitim seviyesine ulaşması için bir, grup A-sınıf 2 eğitim seviyesine ulaşması için 7 hafta daha eğitim almalıdır.

A grubu sertifikası için çeşitli aletlerin kullanımı uygulamalı olarak öğretilmektedir. Fakat, buna rağmen sertifikasını yeni almış bir dalgıç sualtında çalışma konusunda uzman sayılmaz. Aletlerin nasıl kullanılacağı ve güvenlik kurallarının nasıl uygulanacağı konusundaki bilgileri alan çalışmasıyla pekiştirilmelidir.

INPP, NDT sertifikaları için, yakma ve inşaat dalışlarını da içeren özel eğitim toplantıları önermektedir. Bu eğitim yasal yürütülmekte dahil edilmesine rağmen işverenler tarafından görev tahsisinden önce ön koşul olarak aranmaktadır. Eğlence amaçlı veya profesyonel dalış eğitmenleri BEES'ye ait 3 yıldız bröveye sahip olmak zorundadırlar.

Sertifikaların geçerlilik süresi on yıldır. Bu sürenin bitiminde hala çalışmakta olan dalgıçlar özel dalış kayıt defterleri vasıtasıyla sertifikalarını yeniletebilirler. Aktif olmaya dalgıçlar ise bir hatırlatma kursuna devam etmek zorundadırlar. Fakat, bu sistem organizasyonun 1991'de kuruluşundan beri çalışmamaktadır.

4-4- Yüzey Personeli.

Dalış idaresi ve denetlenmesi güvenli ve verimli dalışlar için gerekli iki önemli faktördür. Fransız yönetmeliği basınca tabii tutulan kişinin işverenin yazılı talimatnamesi ile atanmış yeterli bir diğer kişi tarafından sürekli, yakın denetim altında tutulması gerektiğini belirtir. İşveren tarafından görevlendirilmiş kişi ya kaliteye bir dalgıç ya da dalış denetmen eğitimi (INPP tarafından) sertifikası almış bir kişi olmalıdır. Aynı zamanda yüzey personeli eğitimi esasları da kesin olarak tanımlanmalıdır.

Bu konu özellikle eğlence amaçlı dalışlar söz konusu olduğunda hasasiyet kazanır. Dalış eğitmeni çalışmanın güvenliğinden sorumludur, ama çoğunlukla öğrencileri ile birlikte sualtında bulunmak zorundadır. Dalışlar özellikle Zadiac veya küçük teknelerden yapıldığında yüzey denetimi ihmal edilir Fransa'da Eğitmenin ve sorumluluğu altındaki balıkadamların güvenliği için değişik kurallar konmuştur.

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bir ülke kabul edilemeyecek kadar çok dalış kazasıyla karşılaşılıyor veya özellikle kıyıötesi petrol üretim programlarında kendi dalgıçlarının yetersizliği nedeniyle yabancı dalgıçlar kullanmak zorunda kalıyorsa, hükümetin kaza oranını azaltmak, dalgıç ithalinden kaynaklanan para kaybını kapatmak ve meslek olanakları sağlamak için uygulayacağı ana politika dalış sertifikaları ve eğitimleri için gerekir standartları uygulamaya geçirmek olmalıdır.

Bu politika, ihtiyaçları karşılayabilmek için dikkatlice dizayn edilmelidir. Eğitim merkezleri bu standartlar ve talimatlar konusunda açık bir şekilde bilgilendirilmelidir, Bu standartlar karşılıklı olan yabancı sertifikalara denk olacak şekilde hazırlanmalıdır. İlgililer tarafından kabul görebilmesi için eğitim standartları ve gerekli olan kabiliyetler suyun altında yürütülecek olan aktivitelere göre ayarlanmalıdır. Eğitim kurallarının

uygulanması müşteriye ait olan servislerin artırılması ile birlikte yürütülmelidir. Bu da dalış servisi sağlayanların aynı eğitim zorunluluklarına tabi tutulmasıyla gerçekleşir.

Aynı zamanda, onaylanmamış brövelere sahip profesyonel dalgıçlarla ilgilenmekle görevli geçici bir organizasyon kurulmalıdır.

Tüm eğitim faaliyetleri güvenliğin her durumunu ele alan, dalış güvenliği ile ilgili kuralları uygulamayı amaçlayan daha geniş bir programın parçası olmalıdır: dalış ekipmanı, dalış teknikleri ve adepte edilmiş dekomprasyon tabloları, dalış için gerekli fiziksel yeterlilik, dalış sırasındaki tutanaklar, beklenmedik olayların planlamsaı, acil durum tıbbi hiberbarik hizmetler vd. kişilerin görev ve sorumlulukları (müşteriler, işverenler, dalış denetmenleri, dalgıçlar vd), dalış problemleri ve kurallarını anlayabilecek kapasiteleri ve kurallarını anlayabilecek kapasitedeki kanun uygulayıcı kişiler vd fakat tüm bu ek başlıklar başka bir makalenin yazılmasını gerekli kılmaktadır.

KAYNAKLAR

Travaux en milieu hyperbare. Mesures particulières de prévention. Brochure 1636, Journal Officiel de la République Française, 26 rue Desaix 75727 - Paris cedex 15

BİLİMSEL DALIŞ EĞİTİMİ

S. Murat Egi¹, Baki Yokeş²

¹Boğaziçi Üniversitesi Biyo-Medikal Müh. Enst., 80815, Bebek, İstanbul

²Boğaziçi Üniversitesi Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü

GİRİŞ

Sualtında araştırma yapmak amacıyla dalış gerçekleştirmek sözkonusu olduğunda ilk karşılaşılan zorluk kişi başına günde sualtında kalabilecek zamanın kısıtlılığıdır. Dekompresyon hastalığı, hipotermi, oksijen zehirlenmesi gibi sağlık problemleri dip zamanını sınırlar. Bu durumda iki çözüm sözkonusu olabilir:

1.Satürasyon dalışları: Araştırmanın odağı olan bölgeye kurulacak bir habitat, bilimadamlarına sınırsız dip zamanı sağlayabilir. Aynı şekilde, deniz seviyesinde basınç odasında yaşayan araştırmacıların, personel transafer kapsülü ile sözkonusu derinliğe inip tekrar basınç odasına dönerek burada haftalarca kalmaları mümkündür. Yüksek teknoloji, altyapı ve yatırım gerektiren bu tip dalışların maliyetinin yanısıra, kapalı ortamda yapılan çalışmalardaki psikolojik sorunlar da çalışmaların verimini düşürür.

2.Rekreasyonel dalıcılarla işbirliği: Sualtında araştırmacı başına düşen dip zamanı az olduğundan, toplam çalışma zamanı ancak dalgıç sayısı artırılarak büyür. Öte yandan sualtı arkeolojisi, deniz biyolojisi gibi, zaten konu anabasılığı dahi özelleşmiş olan bilim dallarında aynı bölgede, aynı amaçlar için dalarak çalışacak konumda olan bilimadamlarının biraraya gelmesi çok da olası değildir. Bu durumda geriye kalan çare rekreasyonel dalıcılarla işbirliği yapmaktır. Bu işbirliği sırasında rekreasyonel dalıcı, araştırmanın niteliğine göre değişen, çoğu kez informal, bir öneğitim alır.

HEDEF KİTLE

Bilimsel dalış eğitiminde iki farklı eğilimi birbirinden ayırmakta fayda vardır:

1.Rekreasyonel dalıcıların bilimsel dalış eğitimi: Sualtı araştırmalarında rekreasyonel dalıcıların yardımları o denli yaygındır ki, bilimsel araştırma gezilerinin bir kısmına ancak üzerine para vererek katılınabilmektedir. Bu noktaya kadar araştırmacı ve gönüllüler arasında ikili ilişkiler ve "bilime katkı" ortak amacıyla süregelen ilişkilere 3. bir taraf eklenir: Dalış eğitim kuruluşları. Rekreasyonel dalıcılardaki bilimsel araştırmalara katılma isteği, kimi kar amacı güden eğitim kuruluşlarınca pazarlanabilirliği olan özel dalış türüdür (*Speciality course, uzmanlık kursu*). Bu anlamda gece dalışı, kuru elbise dalışı, derin dalış gibi özel dalış türlerine benzer.

2.Bilimadamlarına dalış eğitimi: Kar amacı gütmeyen kuruluşlar için ise bu tip bir eğitimi vermek kuruluş amaçlarına uygun bir amaca hizmet etmenin prestijini getirecektir. Bu kuruluşların bir kısmının eğitim programları ve etkinlikleri sadece bilimsel araştırmalara katılmak isteyen rekreasyonel dalıcılara hizmet verme değil, bilimadamlarına dalışla ilgili bilgi ve beceriler kazandırma amaçlıdır.

Bunun yanısıra, bazı durumlarda, bilimadamına dalış becerileri kazandırılması gerekmektedir. Bu eğitimin standartlaşmış balıkadam eğitiminden farklı olup olmaması gerektiği ise tartışma konusudur. Genellikle bilimadamının eğitmeden beklentileri rekreasyonel dalıcının beklentilerinden daha farklıdır. Özellikle güvenlik ve kalite temini kaygılarından ötürü dünya çapında standartlaşmış eğitim kuruluşları, bilimadamının beklentileri doğrultusunda, eğitim programlarının dışına çıkamamanın sıkıntısını taşır.

DÜNYADA BİLİMSEL DALIŞ EĞİTİMİ

PADI (Professional Association of Diving Instructors), NAUI (National Association of Underwater Instructors) gibi rekreasyonel dalış eğitime yönelmiş kuruluşların uzmanlık kursları dahilinde verdikleri kurslar daha çok yukarıda ilk bahsi geçen talebe, yani rekreasyonel dalıcıya bilimsel dalış eğitimi kazandırmaya yöneliktir. Bu amaç dahilinde *PADI'nin Research Diver (Araştırma Dalgıçı)* ve *Underwater Naturalist (Sualtı Doğasever)* adlı genel bir bilimsel formasyon kazandırmaya yönelik uzmanlık kursları vardır. *NAUI* ise daha konuları daha özelleştirerek *Coral Reef Ecology (Mercan Resiflerinin Ekolojisi)*, *Kelp Forest Ecology (Kelp Ormanı Ekolojisi)* ve *Underwater Archeology (Sualtı Arkeolojisi)* gibi uzmanlık kursları açmaktadır. Her iki kuruluş da, çeşitli üniversitelerde temel dalıcı eğitimi konulu kredili dersler açarak bilimsel dalış eğitimine dolaylı yoldan katkıda bulunmaktadır.

Öte yandan AAUS (*American Academy of Underwater Science*), sualtı ile ilgili bilimsel dalış etkinlikleri konusunda özelleşmiş bir kuruluştur. Yıllık toplantılarla sualtında gerçekleştirilen bilimsel çalışmalarını bir araya getiren, farklı alanlarda çalışan bilimadamlarını kaynaştıran genel amaçlı toplantıların yanı sıra, dalış bilgisayarları ya da güvenli çıkış hızı gibi rekreasyonel dalıcılara hizmet edecek bilimsel toplantıları da organize etmektedir [1,2]. Eğitim konusunda da çalışmaları olan kuruluşun, dalış eğitimi programlarının yürütülmesi ve sertifikalandırma standartları konusunda bir de yayını vardır [3]. Bu yayında bilimsel dalışlar sırasında uyulması gereken minimum güvenlik standartları yer alır. Bu örneklerden de anlaşılacağı üzere bu kuruluşun hedef kitlesi daha çok bilimadamlarıdır. Ancak yaptığı araştırmalarla ve düzenlediği toplantılarla rekreasyonel dalıcılığı desteklemektedir.

Dünya Sualtı Konfederasyonu, CMAS (Confédération Mondiale des Activités Subaquatiques) ise her iki paragrafta yer alan eğitim stratejisini de içerir: CMAS'ın hem dalan bilimadamları için sertifikalandırma sistemi (*Brevets for Diving Scientists*), hem de dalıcılar için bilimsel bröve sistemi (*Scientific Brevets for Divers*) vardır [4]. Bu bağlamda yukarıda anlatılan her iki farklı bilimsel dalış eğitimi stratejisini de kapsamaktadır. Bunun yanı sıra CMAS'ın sualtı araştırmaları yapanların faydalanabileceği başvuru kaynağı niteliğinde bir kitabı vardır [5].

ULUSAL KONUM VE ZORUNLULUKLAR

Bilimsel dalış eğitimi için yukarıda adı geçen ve dünyada yaygın olan eğitim sistemleri benimsenebilir. Ancak, üniversitelerdeki bilimsel dalış eğitimi sözkonusu olduğunda, katı standartlara bağlı bir eğitim sisteminin bilimsel anlayışla çelişebileceği durumlar olduğu görülecektir. Bu nedenle, üniversitelerde ayrıca bilimsel dalış eğitimi kursu açılması yerine, temel dalış eğitiminden başlayarak, tüm dalış eğitim programına yayılan, genişletilmiş bir dalıcı eğitim programı benimsemek daha verimli olacaktır. Halihazırda *Sualtı, Cankurtarma, Sukayağı ve Paletli Yüzme Federasyonu'nun* benimsediği CMAS programının sadece temel eğitim standartlarını belirleyip, kuruluş ve ülke ihtiyaçlarına göre genişletilebilir olması, üniversitelerdeki bu tip bir eğitim stratejisine cevap verecektir.

Ülkemizde bilimsel araştırmalara her geçen gün daha az kaynak ayrıldığı gözönüne alındığında, sualtında bilimsel araştırma yapacak bilimadamlarının varolan kaynakları etkin kullanabilmek için çok daha dikkatli olmaları gerektiği görülür. Bu nedenle, yurdumuzda kısıtlı imkanlarla gerçekleştirilen sualtı çalışmalarında, gönüllü rekreasyonel dalıcılarla işbirliği yapılması daha da önem kazanır. Öte yandan aynı şey, farklı bilim dalları arasındaki ilişkiler açısından da geçerlidir. Özellikle yüksek ekipman maliyeti gerektiren çalışmalarda bir kaç kuruluşun bir araya gelerek çalışması hem ekonomik verimlilik sağlayacak, hem de bu tür bir işbirliği araştırmacıların bilimsel perspektiflerini geliştirecektir. Bu tip bir işbirliğinin en iyi başlangıcı da bu alanda faaliyet gösteren kurum ve kuruluşların bir araya gelerek birbirini tanıma imkanı bulacağı toplantılar düzenlemektir. *Boğaziçi Üniversitesi Sualtı Sporları (BÜSAS)* ve *Boğaziçi Üniversitesi Biyo-Medikal Mühendisliği Enstitüsü'nü* ortak çalışmaya sevkeden ve ulusal nitelikte bir *Sualtı Bilim ve Teknolojisi Toplantısı* düzenlemeye yönlendiren neden de budur.

KAYNAKLAR

[1] AAUS Dive Computer Workshop. Derleyenler: Lang and Hamilton. USC SEA Grant Program, Los Angeles, CA, 1989

[2] AAUS Biomechanics of Safe Ascents Workshop, Derleyenler: Lang ve Egstrom. 1989

[3] Standards for Scientific Diving Certification and Operation of Scientific Diving Programs. 3. revizyon, AAUS, 1996

[4] CMAS Scientific Brevets, CMAS yayınları

[5] Scientific Diving: A General Code of Practice, Derleyenler: NC Flemming ve MD Max., 1990

TÜRKİYE'DE SPORTİF DALIŞ EĞİTİMİ

Harun Sevinç

Sualtı Sporları, Cankurtarma, Sukayağı ve Paletli Yüzme Federasyonu Başkanlığı, Ulus, Ankara

Sualtı sporları, Cankurtarma, Sukayağı, Paletli Yüzme Federasyonu (SCSPF) 8 Ocak 1980 yılında kurulmuştur. SCSPF'nin hedefi sualtı sporlarını geliştirmek, sporcu, hakem, antrenör, balıkadam ve eğitimcilerin dünya klasmanlarına göre en iyi derecelere gelmelerini sağlamak, üyesi bulunduğu Dünya Sualtı Konfederasyonu (Confédération Mondiale des Activités Subaquatiques, CMAS) ve ILS tarafından organize edilecek faaliyetlerin ülkemizde yapılmasını sağlamaktır.

Federasyon 1990 yılı 15 Ağustos tarihinde yayınlanan Aletli Dalış Yönetmeliğine göre hızla gelişen bir Federasyon konumundadır.

Federasyonda 44 Spor Kulübü, 100'e yakın Dalış Merkezi ile Scuba (Aletli Dalış), Sukayağı, Paletli Yüzme, Cankurtarma, İlyardım, Sualtı Ragbisi, Navigasyon, Görüntü Avcılığı branşlarında faaliyet göstermekte olup, Sicil lisansa kayıtlı 513 sporcusu ve 229 hakemi ile 60 antrenörü bulunmaktadır.

Çift taraflı kart sistemine 1994 yılından itibaren CMAS ile yapmış olduğu kontratla geçmiş olup, onbinlerle ifade edilen balıkadam ve eğitimci balıkadam kayıtlarda mevcuttur. Bunlar dünyanın bütün ülkelerinden isimlerdir. 5-6 yıl öncesi sayıları 4-5'i geçmeyen Dalış Merkezlerinin sayısı 100'e ulaşmıştır.

1980 yılında kurulan Federasyonda bugün gerek sporcu gerek eğitimci ve balıkadam sayısı hızla artmış ve bu kişilere Uluslararası geçerliliği olan çift taraflı (CMAS/ Federasyon) bröve verilmektedir. Verilen bröve sayısı 10.000'i aşmıştır.

1 Yıldız Balıkadam	: 6100	Bir Yıldız Eğitimci	: 455
2 Yıldız Balıkadam	: 1406	İki Yıldız Eğitimci	: 326
3 Yıldız Balıkadam	: 820	Üç Yıldız Eğitimci	: 118
Bronz Cankurtarman Sporcu	: 1400	Bronz Cankurtarman Eğitimci	: 130
Gümüş Cankurtarman Sporcu	: 175	Gümüş Cankurtarman Eğitimci	: 50
Altın Cankurtarman Sporcu	: 50	Altın Cankurtarman Eğitimci	: 30

Kurulduğundan bu yana 6 Federasyon Başkanı görev almıştır. 20 Aralık 1993 tarihinden itibaren görevi sürdüren Federasyon Başkanı ise Harun Sevinç'tir ve seçimle göreve gelen ilk başkandır. Diğer Başkanlar:

- 1) Taylan UYGUR (1980-1984)
- 2) Akengin AKBULUT (1984-1987)
- 3) Tunay GÜRSEL (1987-1990)
- 4) Harun SEVİNÇ (1990)
- 5) Atilla BAYKAL (1990-1992)
- 6) Mehmet İZLİ (1993)
- 7) Harun SEVİNÇ (1993-)

Eğitim kitapçıkları ve yeni yönetmelik taslak halindedir. Dünya standartlarında eğitim materyalleri hizmete sunulmuştur. Henüz dünya standartlarına ulaşılabilinmemiştir. Maddi imkansızlıklar, malzeme ve tesis yetersizliği, sporcuların kendilerini geliştirebilecek kamp ve antreman ve imkanlarının kısıtlı olması başarı grafiğini olumsuz yönde etkilemektedir. Sporculara da iyi imkanlar sunulduğunda başarının artacağı şüphesizdir.

Öteyandan Federasyon olarak dünyada yeni sayılabilecek olan Sualtı Ragbisi ve Mono Palet Yüzme branşlarını Ülkemizde de yaygın ve popüler hale getirmek için SCSPF büyük gayret içerisindedir.

İ.Ü. TEKNİK BİLİMLER MESLEK YÜKSEK OKULU SUALTI TEKNOLOJİSİ PROGRAMI

R. Halidun Ergünt

İstanbul Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, Sualtı Teknolojisi Programı

Sualtı ülkemizde en az bilinen, tanınan, gelişmemiş fakat mutlak surette geliştirilmesi gereken bir alandır. Ülkemizde sualtı konusu, deniz endüstrisi arasında adeta sıkışmış, sessiz ve kontrolsüz gelişen bir sektör görünümündedir. Ülkemizde denizcilik ve deniz ticaretinin bile istenilen ve özenilen seviyede olmadığı düşünülürse, sualtı sektörünün tarihindeki geriliğin nedenleri kolay anlaşılır. Bu sektörün daha çok askeri amaçlı olarak bilinmesi, tıpkı uzay sanayiinde olduğu gibi yüksek teknoloji gerektirmesi ve yatırımların pahalı olması da ayrı bir etken olarak değerlendirilir. Bununla birlikte dünya ülkelerine bakıldığında gerek eleman gerek teknoloji açısından hiç denizi olmayan *İsviçre*'den dahi geri olduğumuz görülür. Kesin bilinmemekle beraber ülkemizde 8000 kişinin daldığı tahmin edilmektedir. Oysa *İngiltere*'de 150.000, *İsviçre*'de yaklaşık 20.000 dalgıcı vardır. Ülkemizdeki sayı 8353 km.lik kıyı şeridi olan bir ülke için çok düşüktür.

Bu nedenle 1991 yılında Sualtı Sanayi Sektörü'ne teknik ara eleman yetiştirmek amacıyla *Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu* bünyesinde kurulan iki yıllık yüksek okul düzeyindeki *Sualtı Teknolojisi Programı* 1993 yılında ilk mezunlarını vermiştir.

Sualtı Teknolojisi Programı'nda teorik ve uygulamalı dersler ile öğrencilere 1. Sınıf Dalgıç düzeyinde bilgi ve beceri kazandırılmaktadır.

Altıncı yıl eğitim ve öğretimini sürdüren programımızda sualtı ile ilgili olarak; Dalış Sağlığı - Hiperbarik Dalış Sistemleri - Dalış Fiziği - Temel Dalgıçlık - Scuba Dalgıçlığı - Kurtarma Dalgıçlığı - Sanayi Dalgıçlığı - Karışım Gaz Dalgıçlığı - Dalış Sistemleri - Sualtı Malzeme Bilgisi - Sualtı Patlayıcıları ve Sinsi Cisimler - Sualtı Arkeolojisi - Sualtı Turizmi - Sualtı Film ve Fotoğrafçılığı - Sualtı İnşaatları ve Kontrolörlüğü - Deniz Biyolojisi ve Dalgıçlar için Oşinografi derslerinin okutulması ile öğrencilerimize profesyonel dalgıçlık bilgi ve becerileri kazandırılmaktadır.

Program, 1996 yılından itibaren uygulanacak sualtı eğitimlerinde yurt dışından alınan modern, teknoloji ürünü yüzeyden hava beslemeli dalış başlıkları (MK-1 ve MK-17) ile özenilen ve hedeflenen eğitim düzeyine ulaşacaktır.

Bundan başka mezun olan öğrencilerimizden turizm alanında çalışmak isteyenlere *Türkiye Sualtı Sporları, Can Kurtarma, Sukayağı ve Paletli Yüzme Federasyonu*'na *Üç Yıldız Dalgıcı* belge ve brövesi verilmektedir.

Birinci yıl öğrenimini tamamlayan öğrenciler yaz aylarında bir ay süre ile çeşitli dalış kurum ve kuruluşlarında staj programlarını tamamlamaktadırlar.

İki sınıf öğrencileri de yapılan program dahilinde ve her yıl değişik bir bölge olmak üzere, bölgeleri tanınmak, dalış turizminin işleyiş özelliklerini görmek ve dalışlar yapmak üzere öğretim elemanları ile birlikte dalış merkezlerinin misafiri olmaktadır.

Yukarıda açıklanan bilgiler ışığında *Sualtı Teknolojisi Programı*'nı bitiren öğrencilere sektörün tamamlayıcısı, yenileyicisi görevi düşmektedir.

SUALTI TEKNOLOJİSİ PROGRAMINA GİRİŞ ŞARTLARI

- 1- Son üç yılda yapılan bir ÖSS Sınavını kazanmış olmak.
- 2- Bünyesinde Sualtı Hekimliği bulunan tam teşekküllü Devlet Hastanesi'nden "Sualtı Olur" raporu almak.
- 3- Özel Yetenek Seçme Sınavında Adaylarda Aranacak Vasıflar;
 - a. İyi derecede yüzme bilmek (300 metreyi serbest stilde 10 dakikada yüzebilmek).
 - b. Nefes ile 5 metreye dalıp dipten 10 metre gidebilmek.
 - c. Maske elde iken serbest dalış yaparak maskeyi yüze takma ve suyunu tahliye edip yüze gelme.
 - d. Sadece ayakları kullanarak (elleri kullanmadan) yüzeyde 2 dakika durma.
 - e. Sadece elleri kullanarak (paletsiz) yüzeyde iki dakika durma.
 - f. Maske su ile dolu olarak yüzeyde takılı durumda ağızdan nefes alıp verme ve bir defada 20'ye kadar yüksek sesle sayı sayma.

- g. Karada yapılacak testlerde;
- (1) 2 dakika içerisinde 10 tane şınav yapma.
 - (2) 2 dakika içerisinde 20 tane mekik yapma.
 - (3) Aralıksız 5 adet barfiks çekme.
 - (4) 2 dakika içerisinde 25 adet takım savurması yapma.

4. Okulca yapılacak mülakatı kazanmak.

PUANLAMA

Yukarıda açıklanan deniz ve kara testlerindeki değerler minimum değerler olup, toplam 500 puandır. Ancak okulun kontenjanı doğrultusunda, kazananlar arasında yapılacak sıralama en yüksek puandan aşağı doğru yapılacağından 500 puan almasına rağmen kontenjana giremeyen adaylar başarısız sayılacaklardır. Bu nedenle yukarıda açıklanan ve istenen minimum miktar ve en kısa sürede hareketleri yapmak adayın avantajına olacaktır. Toplam puanı 500'ün altında olan adaylar ise sıralamaya alınmayıp, başarısız sayılırlar.

Özel Yetenek Testlerinde başarılı oldukları açıklanan öğrencilerden kesin kayıt yaptıracak olanlar öğrenime başladıklarında kendilerinden aşağıda istenilen malzemeleri almaları gerekmektedir:

- a. Komple Balıkadam elbisesi
- b. Palet
- c. Maske
- d. Şnorkel
- e. B.C. (Denge yeleği)
- f. Kurşun ağırlık ve kemeri

Adres: İ.Ü. TEknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu Sualtı Teknolojisi Programı
İ.Ü. Avcılar Kampüsü Avcılar-İSTANBUL
TEL:(212) 591 38 75

ASKERİ DALGIÇLIK EĞİTİMİ

Cengiz Erenoğlu, Osman Karaer

Deniz Kuvvetleri Kurtarma ve Sualtı KomutanlığıÇubuklu, İstanbul

TARİHÇE

Türk Donanması'nda yüzeyden beslemeli hava dalış sistemleri ile dalgıçlık görevlerinin hangi tarihten itibaren icra edildiği tam olarak saptanamamış olmasına rağmen XIX. yüzyıl ikinci yarısında ve özellikle Sultan II. Abdülhamit zamanında (1876-1908) Kasımpaşa-İstanbul' da bir dalgıç bölüğü bulunduğu, Beşiktaş Deniz Müzesi arşivlerinde mevcut fotoğraflar ile osmanlıca yazılı talimatların tetkikinden anlaşılmaktadır. Ayrıca Evliya Çelebi'nin 1611-1678 tarihlerindeki Seyahatnamesi'nde Gelibolu'da dalgıçlar bulunduğu ve deniz dibine dalışlar yaptıklarından bahsedilmektedir.

Cumhuriyetin kurulmasından sonra aynı yıllarda, *Deniz Kuvvetlerimiz'deki ilk dalış birliği Azapkapı'da Yzb. Ahmet Bey komutasında kurulmuş olup 1 subay ve 10 er'den oluşan bu dalış birliği 1 filika, İngiliz SIEBE GORMAN dalgıç elbisesi ve iki kişinin elle çalıştırdığı hava makinasından oluşan teçhizatları ile muhtelif görevler yapmışlardır (Resim 1). Daha sonraları 1927 senesinde hava makinası ve dalgıç takımlarının mevcudu artırılmış, kadroya ufak bir motorlu tekne ilave edilmiş ve personel mevcudu da 2 subay, 1 astsubay, 20 er'e çıkartılmıştır.*

1949 senesinde birliğin adı "*Dalgıç Okulu ve Kıtası Komutanlığı*" olarak değiştirilmiş, *Çanakkale ve Gölçük'te dalgıç kıtaları kurulmuştur. Yine aynı sene içerisinde Donanmamız'ın ilk kurtarma gemisi olan TCG. KURTARAN Deniz Kuvvetleri Komutanlığı'na katılarak göreve başlamıştır. TCG. KURTARAN halen hizmette olup görevine başarı ile devam etmektedir. 1950 senesinde zamanın yeni dalgıç takımlarından olan Amerikan MK-V derinsu dalış takımı ve hava makinalarının yerine bugünkü modern kompresörler alınmış, personel bu konuda ileri ülkelere kursa gönderilerek güncel tekniklerin kazanılması sağlanmıştır.*

Deniz Kuvvetleri Komutanlığı bünyesinde kurbağaadam yetiştirilmesi amacıyla ilk olarak 1954 senesinde 1 subay ve 4 astsubay kurs görmek üzere Malta'ya gönderilmiş, dönüşlerinde de subay, astsubay ve erlere kurbağaadam kursları açılmaya başlanmıştır. 1957 senesinde halen bulunduğu Çubuklu'daki binasına taşınan birlik "Kurtarma ve Sualtı Komutanlığı" adını almıştır. Türkiye' de sualtı çalışmalarının öncülüğünü yapmış olan Kurtarma ve Sualtı Komutanlığı ülkemize yine ilk olarak Atmosferik Dalış Elbisesi'ni (ADS) 1960' lı yıllarda getirmiş ve muhtelif görevlerde kullanmıştır. Bahse konu Atmosferik Dalış Elbisesi halen Komutanlığımız girişinde eski bir dalış takımı olarak sergilenmektedir.

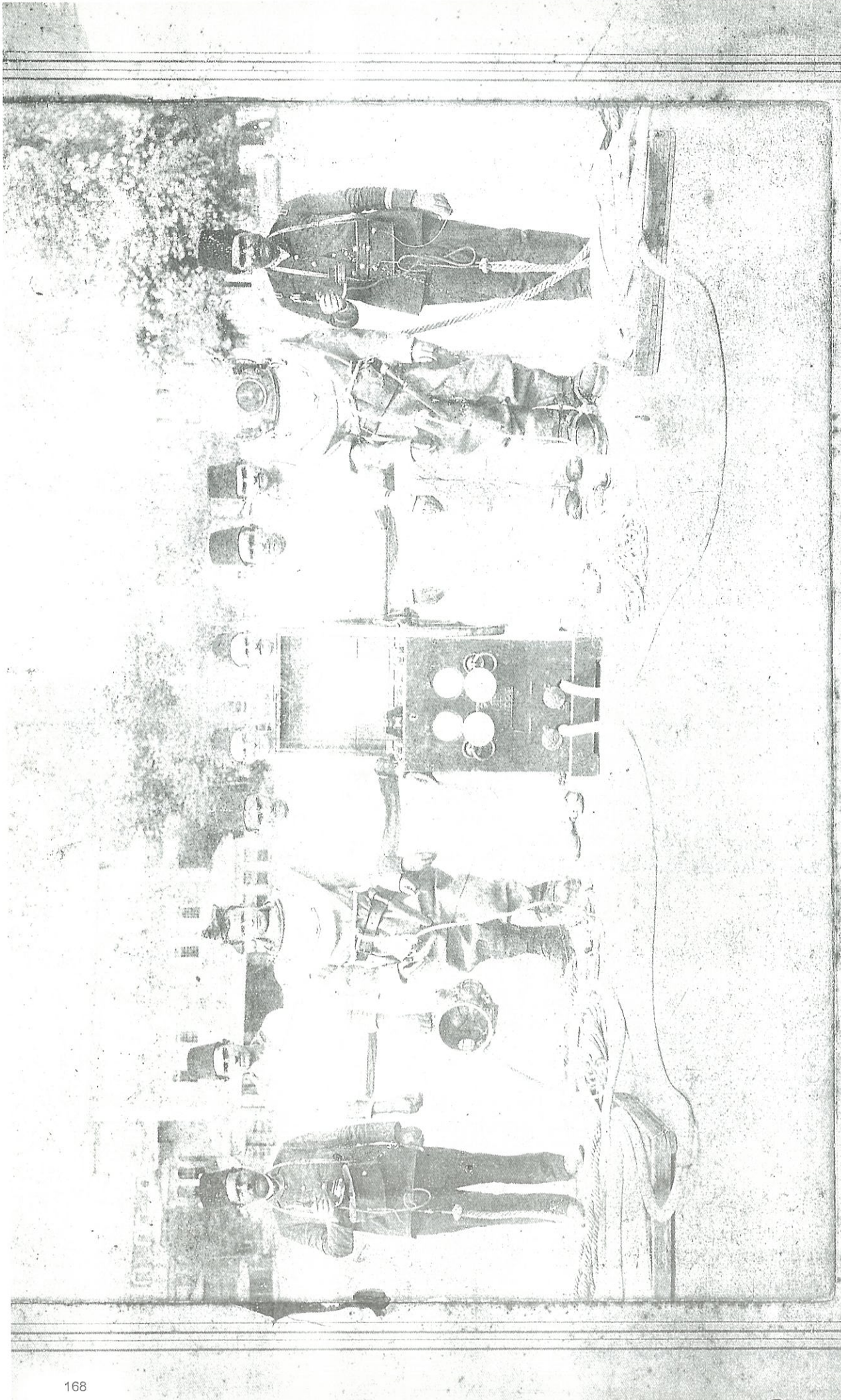
Kurtarma ve Sualtı Komutanlığı 1960'lı yıllardan günümüze kadar geçen 35 seneyi aşkın süre zarfında birçok yeni teçhizat, cihaz ve gemilerle donatılmış, başta Amerika Birleşik Devletleri olmak üzere gelişmiş ülkelerdeki muhtelif kurslarda personel yetiştirerek günümüz teknoloji ve bilgisine sahip, görev alanı çok genişlemiş, Türk Deniz Kuvvetleri'nin vazgeçilmez bir parçası olarak her türlü harp ve sulh görevlerine her zaman hazır, daima daha ileriye, daha iyiyi hedeflemiş nadide bir askeri birliktir.

GÖREVLER

Kurtarma ve Sualtı Komutanlığı'nın görevlerine kısaca ve ana başlıklar altında şu şekilde sayabiliriz;

- 1- Batmış gemi ve araçları çıkarmak,
- 2- Batmış durumdaki denizaltı gemisinden personel kurtarmak,
- 3- Karaya oturmuş gemileri kurtarmak ve yüzdürmek,
- 4- Donanma gemilerinin her türlü sualtı işlerini yapmak,
- 5- Okyanus ve kısa mesafe yedekleme görevlerini icra etmek,
- 6- Denizlerimizdeki her türlü şamandıra işlerini yapmak,
- 7- SAS timlerince kıyılarımıza vuran şüpheli cisim ve sualtı patlayıcı maddelerini zararsız hale getirmek,
- 8- SAT - SAS - Dalgıç ve Kurbağaadam personel yetiştirme;

محمد زکریا خان و سلطان طایف مدوکی



محمد زکریا خان و سلطان

SUALTICI PERSONELİN EĞİTİMİ

Kurtarma ve Sualtı Komutanlığı kendisine verilen yukarıda bahsetmiş olduğumuz muhtelif görevleri yapmak üzere esas olarak üç ihtisas dalında personel yetiştirmektedir. Bunlar *I. Sınıf Dalgıç*, *Sualtı Taarruz (SAT)* ve *Sualtı Savunma (SAS)* personeli olup sadece subay ve astsubaylardan oluşmaktadır. *Özel İhtisas* kursları 36 hafta, *Kurbağaadam* ve *II. Sınıf Dalgıç* kursları ise 8 haftalık dönemler halinde verilmektedir. Kurslar genel olarak nazari eğitimler %30 - 40, ameli eğitimler ise %60 - 70 oranlarında olacak şekilde planlanmaktadır. Personel eğitimi devamlı olarak dış ülkelerden alınan kurslarla güncel tutulmakta, teknolojik gelişmeler günü gününe takip edilmektedir. Şimdi kısaca özel ihtisas kurslarının içeriğine değinelim.

I. SINIF DALGIÇ ÖZEL İHTİSASI

Kurtarma ve Sualtı Komutanlığı bünyesinde görev yapan *I. Sınıf Dalgıç* özel ihtisaslı personel 36 hafta süren bir kurs döneminde yetiştirilmektedir. Kurs boyunca çeşitli nazari ve ameli eğitimler verilerek personelin en zor şartlarda dalış yapabilecek seviyeye ulaşması hedeflenmektedir. Kursta SCUBA dalış eğitiminin yanı sıra, yüzeyden ikmali dalış sistemleri ile hava ve karışım gaz dalışları (HeO_2) yapılmaktadır. Kurs süresince SCUBA ile 130 ft, yüzeyden beslemeli hava techizatı ile 240 ft ve karışım gaz ile 300 ft derinliğe dalışlar yapılmaktadır.

Kurs boyunca kursiyerler alıştırma tankı, eğitim havuzu, ileri dalış eğitim simülatörü (*IGLOO*) ve kurtarma gemileri olmak üzere çeşitli platformlarda eğitim görmektedirler.

Dalış eğitimleri sırasında; gece dalışı, alçak görüş şartlarında dalış, sualtı pusula yüzmesi, basit sualtı işleri, sualtında hidrolik el aletleri kullanma, sualtı kesme/kaynak, sualtı perçin tabancası kullanma, air-lift kullanma, yüzdürme balonu ve ponton kullanma, sualtı tahribi gibi birçok değişik konu kurs müfredatında yer almaktadır. Takip edilen müfredat; *Amerika Birleşik Devletleri Panama City-Florida*'da bulunan dalgıç okulunda verilen bir kaç kursun müfredatını kapsamakta olup, öğretmen personelimizin *Amerika Birleşik Devletleri*'ndeki bu okulda eğitimlerine devam edilmekte, bu suretle bilgi akışı güncel olarak takip edilmektedir.

I. Sınıf Dalgıç özel ihtisas kursunda muhtelif dalış eğitimlerinin yanı sıra, *kurtarma* ve *persun* eğitimi de verilmektedir. Batmış bir denizaltıdan personelin kurtarılması, karaya oturmuş bir geminin kurtarılması ve yüzdürülmesi, batmış durumdaki teknelerin yüzdürülmesi, yedekleme, şamandıra atma/toplama gibi konular bu amaçla kursta yer alan bazı eğitim konularıdır. Bu eğitimler için özel tip techizat ve gemilerimiz mevcut olup, eğitimler nazari ve ameli olarak uygulanmaktadır.

Kullanılan dalış techizatları hakkında kısaca bilgi vermek gerekirse; herkesin bildiği gibi açık devre SCUBA cihazı olarak muhtelif markalar artık *Türkiye* pazarına özellikle son yıllarda büyük miktarda girmiş bulunmaktadır. Komutanlığımız'da genellikle *Amerikan* patentli SCUBA cihazları (*U.S. DIVERS*) kullanılmakta olup, zaman zaman avrupa kökenli cihazlarda denlenmektedir.

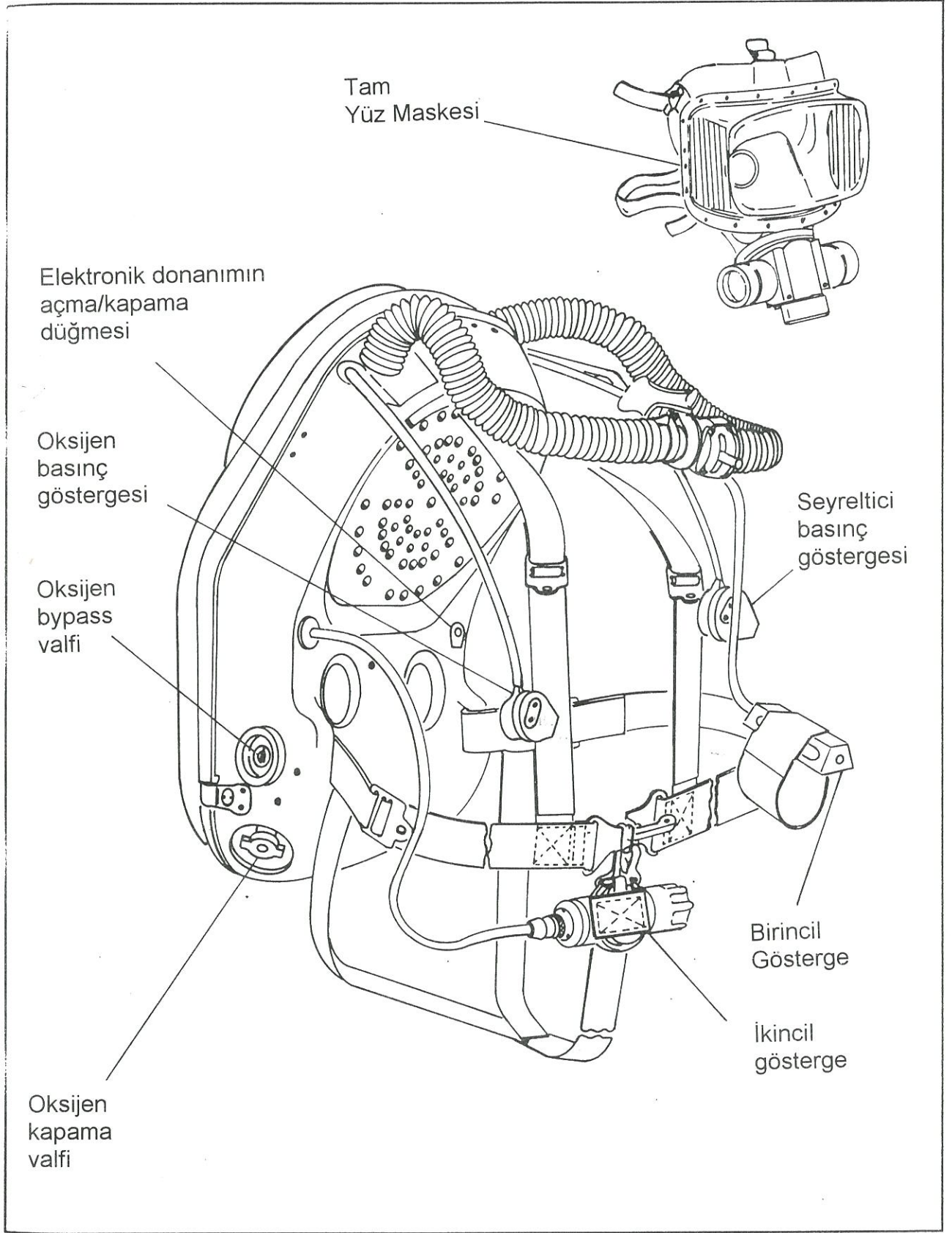
Yüzeyden beslemeli dalış sistemi olarak, oldukça eski bir derinsu dalış takımı olan *MK-V Mod O* (hava) ve *MK-V Mod I* (HeO_2) takımı halen kullanılmaktadır. Bunun yanı sıra günümüz hafif dalış takımlarından *MK-1* ve *MK-17 Kirby Morgan* dalış takımları, hem hava hemde karışım gaz dalışlarında kullanılan takımlardır. Ayrıca uzun süreli sığ su dalışlarında kullanılmak üzere *Jack Brown* dalış takımı mevcuttur.

I. Sınıf Dalgıç personel dalış kaza ve hastalıkları, tedavi yöntemleri konusunda da güncel olarak eğitilmektedir. Kursiyer personel, dalgıç hastalıklarının teşhisi ve mevcut tedavi tablolarının uygulanması konusunda gerekli bilgi ve beceriyi kurs sonunda kazanmış olmaktadır.

Bunun yanısıra ayrı bir kurs olarak *Tabip Dalgıç* intibak kursları açılarak *Deniz Kuvvetleri*'nde görevli doktorlara dalgıçlık ve dalış hastalıklarını tedavi etme vasfı kazandırılmaktadır. Bağlımız birliklerde tabip olarak görev yapan bu subaylar daha sonra *Sualtı Hekimliği Ana Bilim Dalı*'nda uzmanlaşarak, sualtı hekimliği konusunda *Komutanlığımız*'in ihtiyacı olan muhtelif görev ve danışmanlık hususlarında vazife almaktadırlar.

SAT ÖZEL İHTİSASI

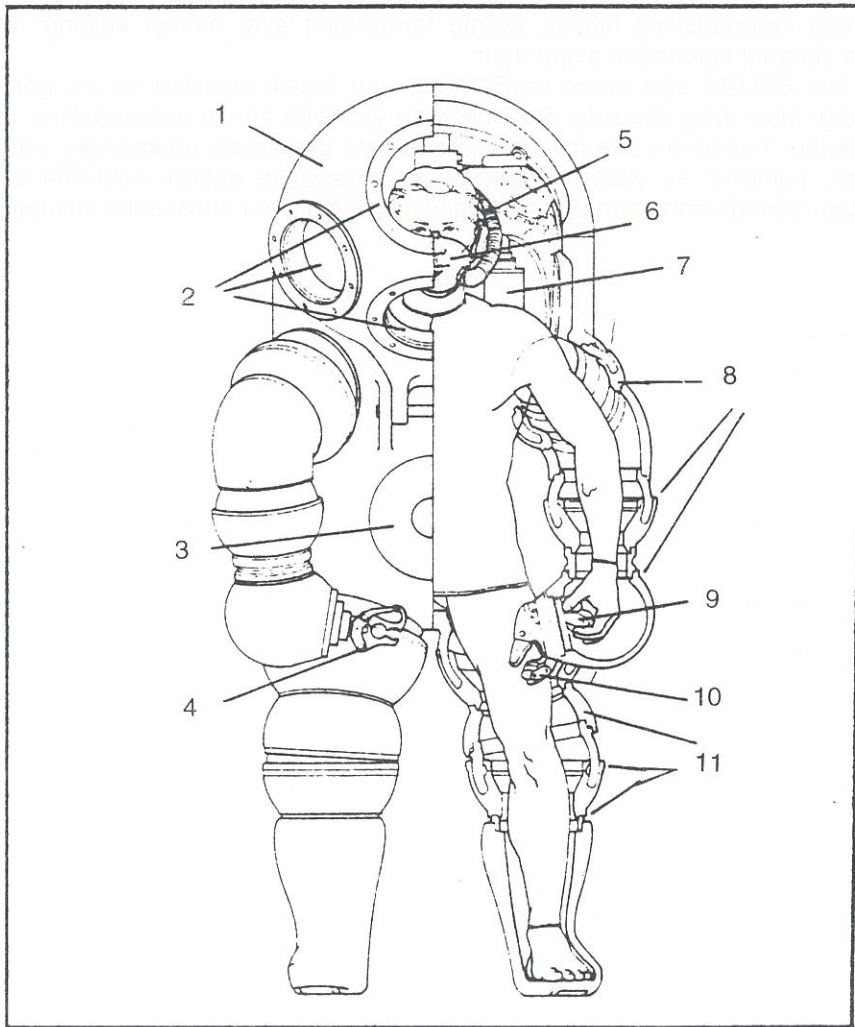
Türk Deniz Kuvvetleri bünyesinde savaş hareket taktikleri içerisinde kullanılması amacıyla oluşturulan SAT timleri, ülke çıkarlarına uygun olarak özellikle deniz ve denizle ilgili görevlere yönelik eğitimler icra etmektedir. *Kurtarma ve Sualtı Komutanlığı* bağlı *SAT Grup Komutanlığı* personeli 36 haftalık yoğun bir kurs dönemi sonunda yetişmektedir.



Şekil-1. MK15 Mod 0 Kapalı devre karışım gazı sualtı soluma aygıtı

Bu görev/eğitimler kapsamında düşmanın üs/liman, kıyı tesisleri ile liman/demir yerindeki gemilere sinsi tarruz, baskın ve sabotaj hareketi yapan SAT timleri bu görev/eğitimlerde intikal için aktif olarak denizaltı, helikopter, paraşüt ve süratli botlar kullanmaktadır. Bu görev/eğitimler sırasında dalış/sualtı cihazları SAT timlerinin ayrılmaz parçalarıdır.

SAT timleri düşman liman/üs kıyı tesisleri ve gemilerine su altından taarruz edebilmek için kapalı devre dalış cihazları ile karanlık sularda (gece) pusula yardımıyla sığ su dalışı yaparak, 2-2,5 saat süren sualtı hücum yüzmeleri yapmaktadır. Tahrip, yakın dövüş ve her türlü hafif silahın etkin kullanımı konusunda yetiştirilen SAT personeli psikolojik baskı, uykusuzluk gibi insan üzerinde görev icrasını olumsuz etkileyecek testlerden başarı ile geçmek zorundadır. Yüksek bir fizik kondüsyona sahip bir SAT personeli en ağır koşullarda 40 km. koşabilmekte, saatlerce tam teçhizatlı yürüyebilmekte, durmadan 7 mil yüzebilmekte, 20 m. serbest (Tüpsüz) dalış ve çıkış yapabilmektedir. Sualtında açık devre dalış cihazı kullanarak sıfır dekompresyon limitleri içerisinde 130 feet'e kadar nokta dalış ve arama dalışları yapabilen SAT timleri sinsi taarruz görevlerinde "LAR-5" kapalı devre SCUBA cihazı kullanmaktadır. Bu cihazda solunum ortamı olarak saf oksijen kullanılmakta olup, dalış süresinin fazla oluşu ve dışarıya kabarcık çıkarmaması en önemli avantajlarıdır. LAR-5 dalış cihazı ile normal çalışma limitleri dahilinde sığ su dalışlarında 240 dakikaya kadar kalınabilmektedir. Maksimum çalışma limiti 50 feet'te 10 dakikadır.



Şekil 2. ADS. (Atmospheric Diving Suit).

1. Magnezyum alaşımı gövde, 2. Pleksiglas lumbozlar, 3. Balast,
4. Özel amaçlı manipülatör, 5. Solunma hortumu, 6. Ağız ve burunu kaplayan solunum maskesi, 7. CO₂ kanister, 8. Sıvı takviyeli, hareketli eklemler,
9. Manipülatör el löyyesi, 10. Manipülatör, 11. Sıvı takviyeli, hareketli eklemler

SAS ÖZEL İHTİSASI

Kurtarma ve Sualtı Komutanlığı bağlısı SAS personelinin yetişmesi de 36 hafta süren bir kurs dönemi sonunda olmaktadır. Bu kurs süresince personelin fiziki olarak yeterli kondüsyon seviyesine ulaşmasını müteakip açık devre SCUBA ve yarı kapalı devre SCUBA ile dalış, patlayıcı maddeler, teröristlerce hazırlanmış patlayıcı düzenekleri zararsız hale getirme, deniz ve kara ordonansları ve zararsız hale getirme, atış ve çeşitli silah konularında eğitim görülerek bu konularda personelin uzmanlaşması sağlanmaktadır.

SAS personeli sualtı ordonanslarını zararsız hale getirme işlemleri süresince, manyetik ve akustik etki ile faaliyete geçen mayınlara karşı düşük manyetik özellikli ve kabarcık gürültüsünü sünger vasıtası ile absorbe eden *FGT-1/D* yarı kapalı devre dalış cihazını, normal demirli mayınlara karşı ise açık devre scuba cihazını kullanırlar.

FGT-1/D yarı kapalı devre dalış cihazı NATO standardizasyon anlaşmalarına uygun olarak sualtında manyetik ve akustik mayınlar ve bileşenlerinin etkisi ile faaliyete geçen mayınları zararsız hale getir-medede kullanılmak üzere dizayn edilmiştir.

FGT-1/D yarı kapalı devre dalış cihazı, dalış öncesinde planlanan dalış derinliği ve dipte kalınacak özel sıfır dekomprasyonlu dip zamanına göre %60, %40 veya %32,5 'luk oksijen/nitrojen karışımlarından birinin tüplere doldurulması vasıtasıyla kullanılır. Bu cihazda dalgıcın soluduğu hava suya verilmeyerek, cihazın kanisteri içinde bulunan kimyasal madde (*soda lime*) içerisinden geçirilir ve dalgıcın verdiği hava bu kanisterden geçerken karbondioksit tutulur. Dalgıç temizlenen aynı havayı kullanır. Basınç fazlası gaz cihazın suya açılan süngerli kısmından dışarı atılır.

SAS personeli için SCUBA açık devre ve *FGT-1/D* yarı kapalı cihazları su altı görevlerini icra etmek maksadıyla kullandığı birer dalış cihazıdır. Bu cihazların yanı sıra anılan ordonansların yerinin belirlenmesi maksadıyla el sonarları, belirlenen ordonansın zararsız hale getirilmesi maksadıyla yedekte çekilen çeşitli sualtı el alet setleri, kaldırılıp su yüzeyine getirilmesi maksadıyla değişik kaldırma kapasitelerine sahip balonlar, ordonansları yerinde imha etmek maksadıyla çeşitli patlayıcı düzenekler kullanılır.

MARMARA ADASI BATIKLARI

Nergis Günsenin

İstanbul Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, Sualtı Teknolojisi Programı, İstanbul

Özetçe-1991 yılında, *Tekirdağ* ili, *Gaziköy-Hoşköy* yerleşimlerinde başlatılan arkeolojik araştırmalar sonucu, *Marmara Adası* çevresinde, *Bizans Devri*'ne tarihlenen 10 adet batık saptanmıştır. Bu bildirinin amacı, bir batık araştırmasının nasıl olması gerektiğini ele alıp, başlangıç ve sonuca giderken uygulanan bilimsel yöntemlerin açıklanıp tartışılmasına yönelik olacaktır.

I. GİRİŞ

Araştırma, *Bizans Devri*'nde en fazla kullanılmış olan bir amphora tipinin (*Günsenin I*) üretim merkezinin bulunmasıyla başlamıştır. Ticari amaca, -özellikle deniz ticaretine yönelik-, bir *konteyner*'in doğum yeri, devri içindeki ticaret yollarını aydınlatması açısından büyük önem taşımaktadır.

II. YÖNTEM

1991-92 ve 93 yıllarında, sözü geçen amphora üretim merkezlerinde arkeolojik ve jeofizik (manyetik) yüzey araştırmaları ve bir kurtarma kazısı yapılmıştır.

Yöredeki, amphora/şarap üretiminin yoğunluğu ve *tip I* amphorasının dağılım haritası göz önüne alınarak, devrin deniz ticareti tekrar yaşatılmaya başlanmıştır. Şarap yüklü gemilerin, daha çok kuzey yönünde ilerlediği, -tarihi ve arkeolojik bulgulara dayanarak-, tezinden yola çıkarak, araştırmaya 1993 yılından itibaren, *Marmara Adaları*'ı çevresinde devam edilmektedir [1-8].

III. BULGULAR

1991-1995 yılları arasında gerek karada, gerekse denizde elde edilen sonuçlar:

- *Gaziköy-Hoşköy* (antik çağdaki adıyla *Ganos-Hora*) *Orta Çağ*'ın önemli bir şarap/amphora üretim merkezidir.
- Yapılan kil analizleri sonucu INA'nın (*Institute of Nautical Archaeology*) 1977-79 yılları arasında kazdığı, "*Serçe Limanı*" batığının kargo amphoraları da *Ganos*'da üretilmiştir (*Inductively-Coupled Plasma Emission Spectroscopy*, ICP-AES, endüktif olarak eşlenmiş plazma emisyon spektrometresi).
- *Ganos* antik limanın yeri saptanmıştır.
- *Marmara Adası* çevresinde araştırması yapılan 10 batıktan 7 tanesi *Ganos* amphoraları yüklüdür. Batıktan birinin özelliği, taşıdığı 20.000 (yirmi bin)'in üzerindeki amphora ile, günümüze kadar literatüre geçmiş (antik ve orta çağ) en fazla yükü taşıyan gemi olmasıdır (*muriophoros*). Diğer iki batık, kiremit ve künk (yine ilk defa saptanmıştır) batıklarıdır. Bir diğeri, deniz ticaretinde kullanılan "son devir amphoraları" (*Günsenin IV*) yüklü batıktır.
- *Marmara Adası*'nda, iki amphora üretim merkezi daha saptanmıştır. Amphoralar *Ganos* üretimi taklitleri olup, kullanılan kil de *Ganos*'dan adaya getirilmektedir (ICP-AES sonuçlarına göre).

IV. TARTIŞMA VE SONUÇ

Koloni şehirleri üzerine araştırma yaparken, bu yerleşimler özellikle de ticarete yönelikse, çalışmalarımızı denizde de sürdürmeliyiz. *Ganos* bunun güzel bir örneğidir.

Önümüzdeki araştırma sezonlarındaki amacımız, *Gaziköy/Ganos - Marmara Adası/Prokonnessos-Istanbul/Konstantinoupolis*, arasındaki seramik endüstrisi ve deniz ticaretini aydınlatmaya yönelik çalışmaların devamı olacaktır. En büyük amacımız ise, M.S. 13. yy. tarihlenen ve tarihin son amphoralarını taşıyan batığın kazısına başlamak olacaktır. Bu yüzyıla ait bir batık şimdiye kadar kazılmadı ve dolayısıyla devrin gemi yapım teknolojisi hakkında bilgi sahibi değiliz.

Bir özet halinde sunmaya çalıştığım sistemli çalışmalar sonucundan da anlaşılacağı üzere, önemli olan "batık bulmak değil, o batığın tarihini yazabilmektir".

KAYNAKLAR

- [1] Günsenin N. "1991 Yılı Tekirdağ ili, Hoşköy-Gaziköy Amphora Atölyeleri Yüzey Araştırması " X. Araştırma Sonuçları Toplantısı, Sayfa 85-102, Ankara, 1992
- [2] Günsenin N. "Centre de Production d'Amphores á l'Époque Byzantine Anatolia Antiqua II " Ganos. Sayfa 193-201, Paris, 1992
- [3] Günsenin N. "Marmara'daki Amphora Dağı". Hürriyet Grubu Atlas Dergisi. Sayfa 112- 122, Aralık, 1993
- [4] Akif M. "Tekirdağ ili, Hoşköy-Gaziköy Amphora Fırınları Kurtarma Kazısı-1992". IV. Müze Kurtarma Kazıları Semineri. Sayfa 497-512, Ankara, 1994
- [5] Günsenin N. "1993 Tekirdağ - Balıkesir illeri Yüzey Araştırması (Hoşköy-Gaziköy Jeofizik (manyetik), Marmara Adaları Sualtı)" X. Arkeometri Sonuçları Toplantısı. Sayfa 201-220, Ankara, 1995
- [6] Günsenin N. "Résultats des campagnes de 1992 et 1993 Anatolia Antiqua III. ". Ganos. Sayfa 165-178, Paris, 1995
- [7] Günsenin N. "1994 Yılı Marmara Adaları Sualtı Araştırması". XIII. Araştırma Sonuçları Toplantısı. Sayfa 357-373, Ankara, 1996
- [8] Günsenin N. "Récentes découvertes sur l'île de Marmara (Proconnèse) à l'époque byzantine: épaves et lieux de chargement". Archéonautica. Paris, 1996 (baskıda)

GEÇ RHODOS AMPHORALARININ BATI ANADOLU'DAKİ DAĞILIM VE ÜRETİM PROBLEMLERİ

Ahmet Kaan Şenol

Ege Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi, Arkeoloji ve Sanat Tarihi Bölümü, K.Arkeoloji Anabilim Dalı, Bornova, İzmir

Özetçe - Antik çağda kent devletleri arasındaki ekonomik ilişkilerin ortaya çıkarılmasında önemli rol oynayan şarap ticareti, gerek batıklarda yapılan yüzey araştırmaları ve kazılar, gerek de karada sürdürülen çalışmalarla her yönüyle incelenmektedir. Çoğunlukla, şarabın denizaşırı sevkiyatında kullanılan amphoraların kentlere ve devirlere göre farklılıklar göstermesi, üzerlerinde taşıdıkları mühür ve yazıtların çeşitliliği bu konuları inceleyen amphoroloji bilimini doğurmuştur. Sualtı araştırmalarıyla ortaya çıkarılan batıklardan ele geçen amphoraların tanınması ve kökenlerinin bilinmesi, batan gemilerin rotalarının belirlenmesi ve dönemin ticaretiyle ilgili bilgilerin sağlanması için son derece gereklidir. Amphoraların sualtı arkeolojisindeki yeri, üretim merkezlerinde gerçekleştirilen kazılarla sağlam temellere oturmaktadır. Batık araştırmacılarının kullandıkları tarihlendirmelerin çoğunlukla kara kazılarında elde edilen bulgulara dayandığı da bir gerçektir. Bu çalışmanın amacı, *Geç Rhodos* ya da *Camuladonum 184* olarak adlandırılan amphoraların bugüne kadar ana hatlarıyla belirlenmiş olan *Anadolu* ve *Avrupa* yayılımlarının geliştirilerek köken sorunsalı üzerine yaptığımız araştırmaların sonucunu sunmaktır. Bu çalışmayla, *Geç Rhodos* amphoralarının üretim merkezlerinden biri olan *Hisarönü Seramik Atölyeleri Kazıları* buluntularının ışığında ilk kez bir tipoloji oluşturulmuştur.

I. GİRİŞ

Hellenistik dönemin başlarından itibaren *Rhodoslular*, devletler arasındaki ekonomik ve siyasal ilişkilerin adaletli olarak yürütülebilmesi için deniz yoluyla yapılan ticareti düzenleyen bir çok ilkeyi kabul etmişlerdir. Uzun süre deniz hukukunun temelini oluşturan bu ilkeler, denizde güvenlik ve vergilerin azaltılması gibi can alıcı konuları kapsadığından, *Rhodos* devletini denizin koruyucusu olarak ön plana çıkarmıştır. *Rhodoslular*'ın sürdürdüğü akıllı politika ve sağladıkları itibar nedeniyle adanın ticareti, İ.Ö.III.yy.'ın başlarında antik dünyanın tüm önemli merkezlerine yayılmıştır [1]. Özellikle *Hellenistik* dönemde orduların ihtiyacını karşılamak için büyük miktarda üretilen *Rhodos* şarabı [2] *Romalı* askerler tarafından da sevilmiş ve ucuzluğu nedeniyle İ.S.II.yy.'ın II. yarısına kadar yoğun olarak ihraç edilmiştir [3].

Rhodos şarabı, *Kos* şarabıyla birlikte, pek yüksek olmayan kalitesine rağmen, ucuzluğu ve kendine özgü tadıyla özel şaraplar içinde değerlendirilmiştir [4]. *Kos* şarabıyla karşılaştırıldığında daha kaliteli [5] olan *Rhodos* şarabının, dönemin önemli şarapları olan *Lesbos* ve *Khios* şarabına göre daha düşük kaliteli olduğu bilinmektedir. *Rhodoslu Timarkhidas*'ın belirttiğine göre, tedavi edici özelliğe sahip olması ve içinde az miktarda deniz suyu bulunması *Rhodos* şarabının ucuzluğunun ana nedenidir [6]. Likörüksü tadıyla *tethalassomenoi* ya da *vina salsa* adıyla anılan *Rhodos* şarabının yanında [7] antik yazar *Athenaeus* adanın ünlü kuru üzümünden yapılan daha kaliteli bir tür tatlı şaraptan (*glukos oinos*) bahsetmektedir [8]. *Pompeî*'den ele geçen bir *Geç Rhodos* amphorası üzerindeki *Passum Rhodium* yazısı, yazarı doğrular niteliktedir [9]. Ancak, bu kaliteli sayılabilecek tatlı şarabın *Rhodos*'un büyük miktarlarda ihraç ettiği ucuz şarap olduğunu iddia etmek güçtür [10].

Rhodos şarabının yanında diğer tip şarapların da *Rhodos* amphoralarında taşınmış olabileceği öne sürüldüyse de [11], *Geç Rhodos* amphoralarında şarabın dışında meyve ve reçine de taşındığı kesin olarak bilinmektedir. *Dramont D* batığından ele geçen *Geç Rhodos* amphoralarının yapılan analizler sonucunda incir taşıdıkları belirlenmiştir [12]. *Athenaeus* [13], *Rhodos*'dan yapılan incir ihracatını doğrularken, bu incirin güzel düşler görmeye neden olduğundan bahsetmektedir. Meyvelerin denizaşırı sevkiyatında da önemli rol oynayan amphoralarda [14], reçine gibi teknelerin ihtiyacı olan maddelerin de taşındıkları bilinmekteyse de, bu amphoralarda taşınan birinci derecedeki ihraç malı şaraptır.

Hellenistik dönemde antik dünyanın birçok merkezinde yoğun olarak bulunan *Rhodos* amphoraları [15], *Roma* döneminde de *Ege*'den *Libya*, *İtalya*, *Fransa*, *Almanya* ve *İngiltere*'ye kadar birçok merkezde görülmektedir [16]. Özellikle İ.S.I.yy.'dan itibaren *Geç Rhodos* amphoralarının batı yayılımı dikkat çekicidir. *İtalya*'dan *Fransa*'nın *Akdeniz* kıyılarına ve *Rhone Vadisi* yoluyla *Ren Nehri* boyunca *İngiltere*'ye doğru bir hat üzerinde yoğun olarak ele geçmeleri [17], İ.S.44-53 yılları arasındaki siyasi olaylarla ilintili gözükmemektedir [18]. İmparator *Claudius*'un İ.S.44 yılında bazı *Roma* vatandaşlarının öldürülmesi ve *Roma*'ya katışı ittifak kurulması nedeniyle *Rhodos*'u cezalandırması sonucunda, buradan yapılan mecburi şarap sevkiyatı, *Geç Rhodos* amphoralarının bu popülaritesinin nedeni olarak değerlendirilebilir [19].

Kulplarının üst bölümünde bulunan boynuz formlu çıkıntılarını, ince uzun gövdesi ve sivri dibiyle ayırdedici özelliklere sahip olan *Geç Rhodos* amphoraları, literatürde buluntu yerlerine ve bunları sınıflandıranlara göre farklı isimlerle anılsalar da (*Ostia LXV*; *Camulodunum 184*; *Callender 7*; *Peacock-Williams class 9*; *Augst class 6*; *Haltern Type 67*; *Hofheim Type 74*; *Oberaden 79*), gerek köken, gerek de taşıdıkları şarap nedeniyle *Geç Rhodos* amphoraları adıyla tanımlanmaları gerekmektedir [20]. Bu amphoraların, *Rhodos*'un

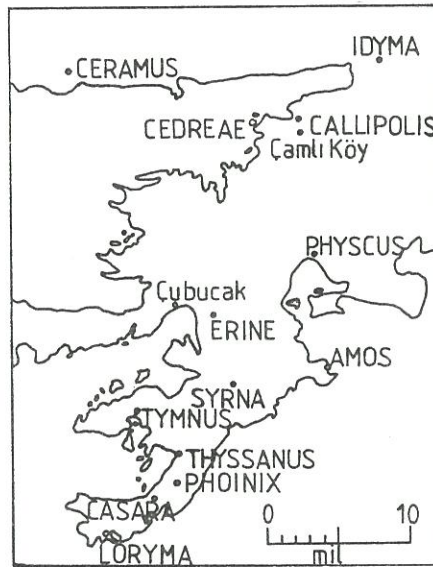
kanonik tipli amphoralarından gelişmiş olmalarının yanında [21] kökenlerinin de, *Rhodos* ve egemenliğindeki bölgeler olduğunun kesin olarak belirlenmesi, yukarıdaki yargıyı doğrulamaktadır.

Hellenistik dönem *Rhodos* amphoralarının kapasiteleri, ölçüm çalışmaları sayesinde, en iyi bilinen gruplardan biridir [22]. İ.Ö.1.yy.'dan itibaren *Rhodos* amphoralarının kapasitelerindeki düşüş, *Geç Rhodos* amphoralarının *Hellenistik* dönemdeki prototiplerinin ancak %50 kapasitesine ulaşabilmeleriyle son bulmuştur [23]. İngiltere'de *Sheepen*'da, İ.S. 50 yıllarına tarihlenen bir *Geç Rhodos* amphorasının kapasitesi 13.6 lt., *Bodrum Sualtı Arkeoloji Müzesi*'ndeki diğer bir *Geç Rhodos* amphorasının kapasitesi 14.5 lt. [24], *Caesarea*'da denizde bulunmuş ve İ.S.II.yy.'ın başlarına tarihlenen bir diğeri'nin kapasitesi ise c.20 lt. olduğu bilinmektedir [25]. Bu amphoralarda, *Dressel 2-4* formunda da olduğu üzere, taklitlerinin bol olması standardı etkilemiştir [26]. *Rhodos*'un *Hellenistik* dönemdeki şarap ihracatındaki yoğunluğu, *Roma* döneminde de değişmemiş, kapasitelerinin azalmasına rağmen, antik dünyanın birçok önemli merkezine de dağılarak, doğu şarapları içinde kendine önemli bir yer edinmiştir.

II. YÖNTEM

Geç Rhodos amphoralarının üretim yerleriyle ilgili tartışmalar ve öneriler yapılan kil analizleri doğrultusunda *Rhodos* adası ve *Rhodos Peraia*'sında (karşyakası) yoğunlaşmaktadır. *Peacock*'ın analizleri sonucu 6 farklı grup saptanmış ve büyük çoğunluğunun yukarıda sözü geçen bölgelerde üretildiği kabul edilmiştir [27]. *Williams*, bu amphoraların kil kompozisyonları içinde, 7 farklı grubun bulunduğunu belirtmektedir. Bu analizler, *Geç Rhodos* amphoralarının, tipolojik özelliklerinin de gösterdiği üzere, batıdaki merkezlerde taklitlerinin yapıldığını ortaya koyması açısından önemlidir [28]. Ancak, bugüne kadar batıda bu amphoraların üretildiği bir merkez ortaya çıkarılmamıştır.

A.Desbat ve *M.Picon*'un *Vienne*, *Lyon* ve *Rhodos* adasından gelen örnekler üzerine yaptıkları mineralojik analizler, *Geç Rhodos* amphoralarının kil kompozisyonları içinde bulunan elementlerin, *Rhodos* adasının karşısında bulunan *Anadolu* kıyılarındaki kil örnekleriyle uyum içinde olduklarını göstermektedir [29]. Bu amphoraların sadece *Rhodos* adasından değil, *Rhodos* egemenliğindeki bölgelerde de üretilmiş olduklarına ait görüşler, yapılan yüzey araştırmaları ve kazılarla kanıtlanmıştır. *Rhodos Peraia*sı olarak adlandırılan bölgenin kuzeyinde bulunan *Kallipolis*'de (*Gelibolu*), (bkz. harita 1), *Bean* ve *Cook* tarafından yapılan yüzey araştırmalarıyla, atölyelere ait kalıntıların bulunduğu bilinmektedir [30].



Harita-1

Bu bölgede *Empereur*'ün yaptığı araştırmalar sonucunda, *Bean*'in söz ettiği atölyelerin atık seramik çöplükleri bilim dünyasına tanıtılmıştır [31]. *Kallipolis* civarında gerçekleştirdiğimiz yüzey araştırmalarında bugün *Çamlıköy* olarak adlandırılan mevkiide, *Geç Rhodos* amphoralarına ait *Empereur*'ün tanıttığı atölye atıklarından çok daha büyük boyutlu bir üretimin kanıtları olan seramik çöplükleri belirlenmiştir [32].

Geç Rhodos amphora üretiminin *Peraia*'da yoğunlaştığını gösteren bu buluntuların dışında, 1990 yılında başlayan ve *E.Doğter*'in bilimsel sorumluluğunda yürütülen *Hisarönü* antik seramik atölyeleri kazısı da, erken *Hellenistik* dönem kronolojisinin oluşturulmasında önemli katkılarda bulunmasının yanında, *Geç Rhodos*

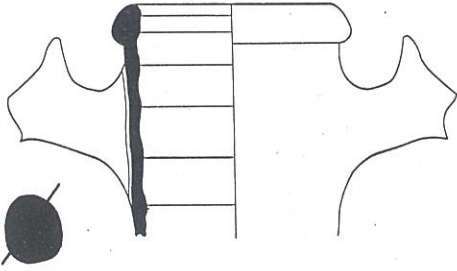
amphoralarının *Rhodos Peraiası*'ndaki dağılımlarının ve tipolojilerinin oluşturulması açısından çok büyük yarar sağlamıştır [33]. Bu kazılardan ele geçen *Geç Rhodos* amphoralarına ait 4015 adet ağız, kulp ve dip parçası incelenmiş ve aşağıda anlatılacağı üzere bir tipoloji oluşturulmuştur.

III. BULGULAR

Yuvarlatılmış dışa dönük ağız kenarının haricinde, kulpların üst bölümündeki boynuz şeklinde üçgen çıkıntıları, dibe doğru daralan uzun, konik gövdeleri ve basit sivri dipleriyle ayırdedici özelliklere sahip olan *Geç Rhodos* amphoralarının, tam olarak ele geçemedikleri durumlarda, *Dressel 2-4*, *Dressel 6* ve *Dressel 48* amphoralarıyla karıştırıldıkları görülmektedir [34]. Sadece ağız bölümü ele geçen örneklerde *Dressel 2-4* ile *Geç Rhodos* amphoralarının belirlenmesindeki güçlükler [35] kil analizlerini zorunlu kılmaktadır. Ancak çok farklı merkezlerde üretilen *Geç Rhodos* amphoralarının 7 farklı kil kompozisyonu içerdiği bilindiğinden, bu grupların, diğer amphora tipleriyle benzerlikler içermesi doğaldır. Bundan dolayı, üretim merkezlerinde oluşturulan tipolojilerle yapılacak olan petrolojik analizler en kesin sonucu verecektir.

1990 ve 1993-95 yılları arasında yürütülen *Hisarönü* kazılarında, yüzey toprağının 20 cm. altında, *Geç Rhodos* amphoralarına ait seramik çöplükleri ortaya çıkarılmıştır. Kronolojik bir gelişim göstermeyen 40-50 cm. kalınlığındaki bu tabakalardan ele geçen *Geç Rhodos* amphoraları, tipolojik olarak 6 gruba ayrılmıştır. Kil kompozisyonu açısından homojen özelliklere sahip olan bu gruba ait örnekler ve tiplerin sayısal dağılım grafiği aşağıda sunulmaktadır.

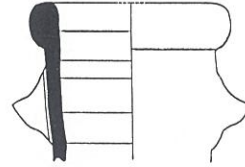
Tip 1: *Hisarönü* kazılarında ağız parçaları arasında yapılan tipolojik sınıflandırmaya göre, en yoğun ağız tipini oluşturan bu gruba ait amphoraların dışa taşkın dudak kenarları bazı örneklerde aşağı sarkık olarak görülmektedir. 9.5-11 cm ağız çapına sahip olan Tip 1 amphoralarının *Dressel 2-4* amphoralarının ağız kenarlarıyla olan benzerlikleri dikkat çekicidir [36]. Diğer gruplarda da görüldüğü üzere, kil kompozisyonları içinde beyaz, kireçtaşı parçacıklar yoğunudur [37].



Şekil-1

1.Env.No.HÖ.95.Z3-Z4.Yüzey 1.8; ağız çapı: 11 cm.; hamur rengi: 2.5YR 6/8 açık kırmızı; ölçek 1:4.

2.Env.No.HÖ.95.Z4.1.5.10; ağız çapı: 10 cm.; hamur rengi: 5YR 7/6 kırmızımsı pembe; amorf; ölçek 1:4.



Şekil-2

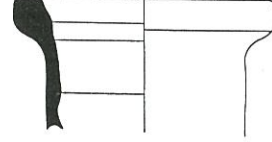
Benzerleri: Lyon'da (Becker C. et al., "Le dépôt d'amphores augustéennes de la rue de la Favorite à Lyon". Figlina 7, Sayfa 72, Şekil 8, 1986; Dangréaux B., Desbat A. loc. cit. Şekil 3, No.1, Sayfa 120), Vienne'de (Desbat A., Picon M. loc. cit., Şekil 7, No.1, Sayfa 646); Cochester Sheepen'da (Sealey PR. op. cit., Şekil 6, No.56, Şekil 7, Nos.63, 65, Sayfa 52-53); Gloucester-Kingsholm'de (Peacock DPS., op. cit., Şekil 3, No.14, Sayfa 276); Dobruca'da (Opait A. "Consideratii preliminare asupra amforelor romane și rormano-bizantine din Dobrogea". PEUCE VIII 1977-1978, Pl.V, No.4, Sayfa 299); Alba Pompeia'da (Filippi, F. loc. cit., 84, No.42); İspanya'da (Palol P. Baetulo les amfores Monografies Badalonines Num.8, Ct 9709, Şekil 53, Sayfa 123, 1985) ele geçmiştir.

Tip 2: Ağız kenarının üst bölümünün düzlüğüyle diğerlerinden ayrılan Tip 2 grubu amphoraları, 11-12.5 cm ağız çapına sahiptir. Yoğunluk açısından Tip 1'den sonra gelen bu gruba ait amphoraların kulplarındaki boynuz formu üçgen tutamakların oldukça gelişmiş olmasına rağmen, kulpların gövdeyle yaptıkları kavis belirgin değildir (bkz.Şekil-3). İ.S.I.yy.'ın II.yarisında görülen kulp kavsinin artması özelliğinin [38], bu amphoralarla başladığı görülmektedir. *Hisarönü* kazılarında bu amphoralar, tipolojik özellikleri dikkate

alınarak İ.S.I.yy.'ın ortalarına tarihlenmektedir. Kil özellikleri açısından diğer gruplarla uyum içinde olan ikinci tipteki amphoralar orta sertlikte, iyi pişmiş, 2.5YR 6/8 açık kırmızı renkte kile sahiptir.



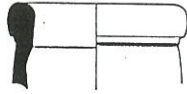
Şekil-3
3.Env.No.HÖ.94.Z3.1.3.35; ağız çapı: 11 cm.; hamur rengi: 2.5YR 6/8 açık kırmızı.
4.Env.No.HÖ.94.Z3.13.38; ağız çapı: 12 cm.; hamur rengi: 2.5YR 6/8 açık kırmızı; ölçek 1:4.



Şekil-4

Benzerleri: Alba Pompeia'da (Filippi F. loc. cit. No.44, Sayfa 84); Hodd Hill'de (Richmond A. Hodd Hill Vol.I, Şekil 65, London 1968); Bozburun Kameriye Ada'da (Rosloff JP. "INA's 1980 Turkish underwater survey". The International Journal of Nautical Archaeology and Underwater Exploration, 10.4, Şekil 15, Sayfa 284,1981) bulunmuştur.

Tip 3: Bu grubun içinde yer alan *Geç Rhodos* amphoraları, ağız kenarlarının hemen altında amphoranın kapatılmasında kullanılan sicimin rahatlıkla girebileceği ince bir kniğe sahiptir. Bu özellikleriyle form olarak çok benzedikleri Tip 1'den ayrılırlar. Ağız çapları 9-12 cm arasında değişmekte olup, kil kompozisyonu açısından diğer gruplarla uyum içindedirler.



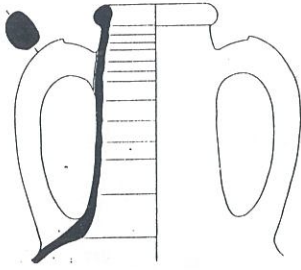
Şekil-5
5.Env.No.HÖ.95.Z4.1.2.110; ağız çapı: 9 cm.; hamur rengi: 2.5YR 6/8 açık kırmızı; ölçek 1:4.
6.Env.No.HÖ.94.Z.Yüzey.2.6 ; ağız çapı: 10.5 cm.; hamur rengi: 2.5YR 6/8 açık kırmızı.



Şekil-6

Benzerleri: Tip 1 grubuyla benzerlikleri nedeniyle, bu grubun paralelleri için bkz. Tip 1

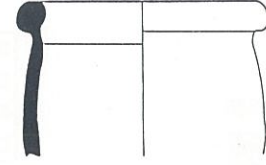
Tip 4:Tanım: Tip 4 grubu *Geç Rhodos* amphoralarında dışa taşkın ağız kenarının iç bölümde de bombe yaptığı görülmektedir. *Hisarönü* kazılarında yoğunluk sıralamasında üçüncü olan bu tip amphoraların ele geçen örneklerinde, kulpun üst bölümündeki çıkıntının gelişimini tamamladığı izlenmektedir. Şekil 7'deki örnekte görülen amphoranın kulpları, *Geç Rhodos* amphoraları için karakteristik bir form olmaktan uzak olup, çömlekçinin değişiklik anlayışı içinde değerlendirilmesi gerekmektedir. Amphoraların boyunlarının iç bölümlerinde yer alan yivler tüm *Geç Rhodos* tiplerinin genel özellikleri arasındadır.



Şekil-7

7.Env.No.HÖ.94.Z3.1.1; ağız çapı: 10.5 cm.; hamur rengi: 2.5YR 6/8 açık kırmızı; ölçek 1:8.

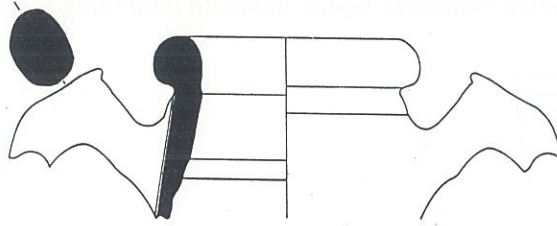
8.Env.No.HÖ.94.Z3.1.3.37; ağız çapı: 11.5 cm.; hamur rengi: 2.5YR 6/8 açık kırmızı; ölçek 1:4.



Şekil-8

Benzerleri: Lyon'da (Dangréaux B., Desbat A. loc. cit., Şekil 3, No.2-3, Sayfa 120); Cochester Sheepen'da (Sealey PR. op. cit. Şekil 6, No.50, Sayfa 52); Gloucester-Kingsholm'de (Peacock DPS. op.cit. Şekil 3, Nos.1, 11, Sayfa 276); Alba Pompeia'da (Filippi F. loc. cit., No.44, Sayfa 84) ele geçmiştir.

Tip 5: Cidar kalınlığı nedeniyle Tip 1'den ayrılan bu gruba ait amphoralarda, dışa taşkın yuvarlatılmış ağız kenarı, boynun iç kesiminde, ağız kenarının hemen altında bir knik ve boynunda, kulpların altından itibaren giderek incelen çeper kalınlığı ayırdedici özelliklerdendir. Ağız çapları 10-12 cm. arasında değişmektedir.

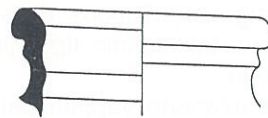


Şekil-9

9.Env.No.HÖ.94.Z3.1.2.43; ağız çapı: 11.5 cm.; hamur rengi: 2.5YR 6/8 açık kırmızı; ölçek 1:4.

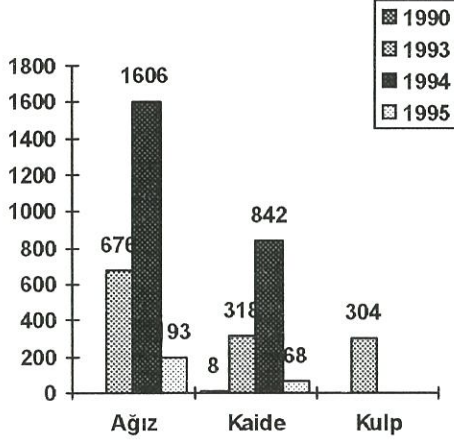
Benzerleri: Fos Limanı'nda (Liou B., Sciallano M. "Le traffic du port de Fos dans l'antiquite: essai d'evolution a partir des amphores". *S.F.C.A.G. Actes du Congrès de Lezoux*, Şekil 6-7, No.4, Sayfa 163, 1989); Ostia'da (Panella C. "Oriente ed occidente: Considerazioni su alcune anfore 'Egee' di età imperiale a Ostia", *BCH Suppl.*XIII, Şekil.6, Sayfa 614, 1986) bulunmaktadır.

Tip 6: *Hisarönü* kazılarında en az örnekle temsil edilen bu gruba ait amphoralar, dışa taşkın yuvarlatılmış ağız kenarlarının altında, boynun üst bölümünde bulunan kalın knikle diğer amphoralardan ayrılmaktadırlar. Kil kompozisyonu açısından diğer gruplarla aynı özelliklere sahip olan bu amphoralar, *Dressel 7-11* amphoraları ile ilişkilendirilen bazı alt gruplarla form olarak benzerlikler gösterebilir de [³⁹], bunlar, *Geç Rhodos* amphoralarının bu güne kadar sadece *Hisarönü* atölyelerinde görülen bir varyasyonu olarak değerlendirilmelidirler. Şekil 10'daki örnekte görülen beyaz astar, bu grubun genel özelliklerinden değildir.

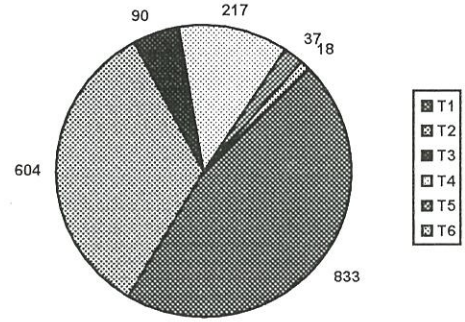


Şekil-10

10.Env.No.HÖ.94.Z3.1.3.39; ağız çapı: 12 cm.; hamur rengi: 2.5YR 6/8 açık kırmızı; astar:beyaz; ölçek 1:4.



Grafik 1. Hisarönü kazılarında ele geçen G.Rhodos amphoralarının dağılımı (1990,1993-1995)



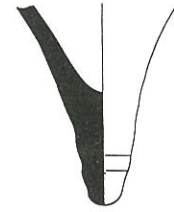
Grafik 2. Ağız tiplerine göre G.Rhodos amphoralarının Hisarönü kazılarındaki dağılımları

Hisarönü kazılarında bulunan Geç Rhodos amphoralarının sayısının belirlenmesi, bu amphoralara ait ele geçen diplerin sayılmasıyla gerçekleştirilebilmiştir. Bu güne kadar 1236 adet Geç Rhodos amphorası dibi ortaya çıkarılmıştır. Bu amphoralarda iki farklı boyutta dip dikkati çekmektedir. Genellikle özensiz olarak üretilen diplerin, tipolojik gelişimini saptamak henüz mümkün görünmemektedir.



Şekil-11

11.Env.No.HÖ.95.Z4.1.5.25; hamur rengi: 5YR 7/6 kırmızımsı pembe-2.5YR 6/8 açık kırmızı; ölçek 1:4.
12.Env.No.HÖ.90.A.6.17.7; hamur rengi: 2.5YR 6/8 açık kırmızı; ölçek 1:4.



Şekil-12

IV. TARTIŞMA VE SONUÇ

Geç Rhodos amphoralarının kökenleri konusunda yıllardır sürdürülen çalışmalar, bunların üretim yerlerinin Ege Bölgesi'ndeki merkezlerde, özellikle Rhodos ve Rhodos Peraiası'nda olduğunu ortaya çıkarmıştır. Kazılar ve yüzey araştırmaları sonucu, bu amphoralara ait, Rhodos Peraiası'nda üç, (Kallipolis'de iki, Hisarönü-Çubucak mevkiinde bir), Karpathos'da iki [40] ve Rhodos'da bir [41] atölye ortaya çıkarılmıştır.

Geç Rhodos amphoralarının batıdaki merkezlerde taklit edildiği düşünülse de [42], batıda bir atölye henüz ortaya çıkarılamamıştır. Peacock tarafından önerilen 6 farklı kil grubunun ilk ikisi, Rhodos kökenini doğrulamaktadır. Diğer gruplar ise köken belirlemede yetersiz kalmaktadır. Williams'ın belirttiği 7. grubun kompozisyonunda bulunan granit katkısı, bu grubun Rhodos ve Rhodos Peraiası dışında bir merkezde üretilmediğini kanıtlamaktadır [43]. Peacock'ın 4.grubu, volkanik kökenli malzeme içeren Nisyros adasıyla bağlantı kurmaya neden olsa da, bu adada henüz bir atölye ortaya çıkarılamamıştır [44]. Peacock, 6.grubun ise, içerdiği elementler göz önüne alındığında, Rhodos etkisi dışında bir merkezde üretilmiş olduğunu savunmaktadır [45]. Rhodos amphoralarının taklitlerinin tipolojik özellikleri dikkate alındığında, Peacock'ın bu görüşünün doğruluk payı yüksek olmalıdır.

Rhodos Peraiası'ndan alınan örnekler üzerinde yapılan petrografik analizler, bölgede üretilen seramik hamurunun kompozisyonunda olivin, piroksen, enstatit, krom gibi mineraller, çört, kireçtaşı ve serpantin gibi kayaç kırıntılarının bulunduğunu göstermektedir. Laubenheimer, Doğu Akdeniz özelliği olan krom katkısının Geç Rhodos amphoralarında 1000 ppm civarında olduğunu belirtmiştir [46]. Bu özellik Rhodos'un

yanında *Kos*, *Knidos* ve *Rhodos Peraia*s'ında da görülmektedir [¹⁷]. *Peacock*'ın çalışmasında, 1. ve 2. grupların hamurlarında boşluklar bırakarak çözülen beyaz kireçtaşı parçacıkları, *Hisarönü* kazılarında ele geçen *Geç Rhodos* amphoralarında da oldukça belirgindir. *Hisarönü* amphoralarının kil kompozisyonlarında kuvars, krom ve biotit mineralleri dikkat çekici oranlardadır. Bu bulgular, ince kesit çalışmalarının devam etmesine rağmen, *Peraia*'daki kil kompozisyonunu diğer merkezlerdeki buluntularla karşılaştırmak için ilk sonuçları oluşturmaktadır. *Geç Rhodos* amphoralarının batıdaki taktitlerine ilişkin problemler ise, bu amphoraların atölyelerinin ortaya çıkarılmasıyla çözüme ulaşacaktır.

KAYNAKLAR VE DİPNOTLAR

- [¹] C.A.H., Vol.VIII, Rome and the Mediterranean 218-133, Sayfa 624, Cambridge 1978
- [²] Grace V, Petropoulakou MS. "Les timbres amphoriques Grecs". Exploration Archéologique de Délos, Delos XXVII, l'Ilot de la maison des comédiens, Sayfa 300, Paris 1970; Grace V. Amphoras and the ancient wine trade. Picture Book No:6, Sayfa 12, Princeton 1979 ; Rostovtzeff M. The social and economic history of the hellenistic world. Sayfa 677, Oxford 1953
- [³] Panella C. "Oriente ed occidente: Considerazioni su alcune anfore 'Egee' di età imperiale a Ostia". BCH Suppl.XIII, Sayfa 615-616, 1986
- [⁴] Tchernia A. Le vin de l'Italie Romaine, essai d'histoire économique d'après les amphores. Sayfa 72, Rome 1986
- [⁵] Broughton TRS. "Roman Asia", (ed.) T.Frank, An economic survey of ancient Rome. 4, Sayfa 610, Baltimore; Labrousse N. "Amphoras rhodiennes trouvées à Toulouse et Vieille-Toulouse". Revue Archéologique de Narbonnaise 4, Sayfa 43, 1971
- [⁶] Athenaeus Deipnosophistae I. 31, 143
- [⁷] Dioskorides V. 19, 1
- [⁸] Virgilius Georgic. 2.101.2
- [⁹] Mauiri A. C.I.L. 4, No.33, No.9327, Sayfa 485-6, 1933
- [¹⁰] Sealey PR. Amphoras from the 1970, Excavations at Colchester Sheepen. BAR British Series 142, Sayfa 57, 1985
- [¹¹] Fraser PM. Ptolemaic Alexandria. Sayfa 165-168, Oxford 1972
- [¹²] Joncheray JP. "Contribution à l'étude de l'épave Dramont D (campagnes 1970-1971)". Cahiers d'Archéologie Subaquatique 2, Sayfa 26-27
- [¹³] Deipnosophistae 1.27.6; 3.74.6; 3.75.5; 3.80.3
- [¹⁴] Plinius N.H. 15.8.34; 15,21.82
- [¹⁵] Grace V. Petropoulakou MS. loc. cit., Sayfa 300
- [¹⁶] Peacock DPS., Williams DF. Amphorae and the Roman economy, Sayfa 103, İngiltere 1986
- [¹⁷] Hesnard A. "Imitations et raisonnement archéologique: a propos des amphores de Rhodes et de Cos". BCH Suppl.XIII, Sayfa 73, 1986
- [¹⁸] Tacitus Ann XII, 58; Cassius Dio LX, 24
- [¹⁹] Peacock DPS. "Roman amphorae: Typology, fabric and origins". Méthodes Classiques et Méthodes Formelles dans l'Etude des Colloque de Rome, Şekil 4, Sayfa 269-270, 27-29 Mayıs 1974
- [²⁰] Ostia LXV. Berti F.Carandini et alii, Ostia II, Le Terme del Nuotatore. Scavo dell'ambiente I, Stud.Misc., 16 Rome 1970; Camulodunum 184: Hawkes CFC. Hull MR. Camulodunum. Oxford 1947; Callender 7: Callender MH. Roman amphorae with the index of stamps. Oxford 1965; Peacock-Williams class 9: Peacock DPS., Williams, DF. op. cit.; Augst class 6: Martin-Kilcher S. Die römischen amphoren aus Augst und Kaiseraugst. Ein Beitrag zur römischen handels- und Kulturgeschichte 1, Die südspanischen Ölamphoren, Gruppe 1, Forschungen in Augst 7,Römermuseum, Augst 1987; Haltern Type 67: Loeschcke S. Keramische funde in Haltern. Mitteilungen der Altertumskommission für Westfalen 5, Bonn; Hofheim Type 74: Ritteling E. Das frühromische lager bei Hofheim im Taunus. Annalen des Veriens für Nassauische Altertumskunde und Geschichtsforschung XI, 1913; Oberaden 79: Albrecht C. Das römerlager in Oberaden. Veröffentlichungen aus dem städtischen Museum für Vor- und Frühgeschichte, Dortmund 1938.
- [²¹] Filippi F. "Anfore vinarie di Alba Pompeia (fine I sec. A.C.-I sec. D.C.)". Vigne e Vini Nel Piemonte Antico, Sayfa 81 1994.
- [²²] Wallace Matheson PM., Wallace MB. "Some rhodian amphora capacities". Hesperia 51, 1982

-
- [²³] Sealey PR. op. cit., Sayfa 55
- [²⁴] Alpözen O. et alii, Bodrum sualtı arkeoloji müzesi ticari amphoraları. Sayfa 95, Bodrum 1995
- [²⁵] Zemer A. Storage jars in ancient sea trade. No:38, Sayfa 49, Haifa 1977
- [²⁶] Empereur JY., Tuna N. "Hiérotélés potier Rhodien de la Péree". BCH CXII, Sayfa 291, 1989
- [²⁷] Peacock DPS. loc. cit.
- [²⁸] Tchernia A. "Recherches archéologiques sous-marines". Gallia 27, Sayfa 470, 1967; Panella C. "Annotazioni in margine alle stratigrafie delle terme ostiensi del nuotatore". Coll. Ecole Frana de Rome 10, Sayfa 73, not.24, 1972; Baldacci P. "Le principali correnti del commercio di anfore romane nella Cisalpina". I problemi della ceramica romana di Ravenna della Valle padana e dell'alto Adriatico, Sayfa 103-131, Bologna 1970
- [²⁹] Desbat A., Picon M. "Les importations d'amphores de Méditerranée Orientale à Lyon (fin du I^{er} siècle avant J-C et I^{er} siècle après)". BCH Suppl.XIII, Sayfa 648, 1986
- [³⁰] Bean GE., Cook JM., "The Carian coast III". BSA 52, Sayfa 66, 1957; Bean GE. Turkey beyond the Meander², Sayfa 130, 1980.
- [³¹] Empereur JY., Picon M., "A la recherche des fours d'amphores", BCH Suppl. XIII, Sayfa 116, 1986
- [³²] Doğer E., Şenol AK. "Rhodos Peraiası'nda iki yeni amphora atölyesi". Arkeoloji Dergisi IV, İzmir 1996 (Basımda)
- [³³] Hisarönü Körfezi, Çubucak mevkiinde yeralan seramik atölyeleri 1981 yılında Tuna tarafından keşfedilmiş ve bu bölgede Empereur'la yaptıkları yüzey araştırmalarıyla atölyeler tanıtılmıştır. Bkz. Empereur JY., Tuna N. loc. cit.; Bu atölyeleri ortaya çıkarılmasında kullanılan keşif yöntemleri için bkz., Hess A., Doğer E. "Atelier d'amphores Rhodiennes et constructions en pierre a Hisarönü (Turquie): un cas original de prospection electro-magnetique". Revue d'Archéométrie 17, Sayfa 5-10, 1993; Hesse A. "Datça yarımadası , Reşadiye ve Hisarönü seramik atölyelerinde jeofizik araştırmalar yöntemiyle keşfedilen fırınlar ve diğer arkeolojik yapılanmalar" Arkeometri Sonuçları Toplantısı VII, Sayfa 131- 144, Çanakkale, 27-31 Mayıs 1991; Doğer E. et alii, "Hisarönü-Çubucak kazıları (önrapor)". (ed.) H. Malay, Arkeoloji Dergisi III, Sayfa 185- 193, İzmir 1994
- [³⁴] Sealey PR. op. cit., Sayfa 51
- [³⁵] Peacock DPS., Williams DF. op. cit., Sayfa 102
- [³⁶] Sealey PR. op. cit., Sayfa 51
- [³⁷] Dangréaux B., Desbat A. "Les amphores du dépotoir Flavian du Bas-De-Loyasse à Lyon". Gallia 45, Sayfa 119, 1987-1988 ; Peacock DPS., Williams DF. op. cit., Sayfa 103.
- [³⁸] Bertrand E. "Les amphores d'un vide sanitaire du I^{er} siècle à Lyon (Saint-Just)". S.F.E.C.A.G. Actes du Congrès de Tournai, Sayfa 270, 28- 31 Mai 1992
- [³⁹] Palol P. loc. cit., CT 8917. Şekil 37.2, Sayfa 75
- [⁴⁰] Empereur JY. Tuna N., loc. cit., Sayfa 290
- [⁴¹] Empereur JY. Picon M., loc. cit., Şekil 1, Sayfa 226
- [⁴²] Hayes JW. "The villa Dionysos excavation, Knossos: the pottery". ABSA 78, Sayfa 151, Şekil 21-25, Sayfa 152, Şekil 24, A66, 1978; Carandini A., Panella C., Le terme del nuotatore scavo degli ambienti III, VI, VII, Ostia III, Stud.Misc. 23, Rome 1977
- [⁴³] Sealey PR. op. cit., Sayfa 56
- [⁴⁴] Peacock DPS. loc. cit., Sayfa 268
- [⁴⁵] ibid., Sayfa 269
- [⁴⁶] Laubenheimer F. op. cit., Sayfa 120
- [⁴⁷] Desbat A., Picon M., loc. cit., Sayfa 640

SUALTI BATIK GEMİ ARAŞTIRMA VE KAZI YÖNTEMLERİ

Yaşar Yıldız

Bodrum Müzesi, Bodrum, Muğla

Özetçe-Batık gemi araştırmalarının amacı, ülkemiz kıyılarında bulunan batıkların bir envanterinin çıkarılmasıdır. Bulunan batıkların devirleri, derinlikleri, sualtında netür bir zeminde buldukları ve gelecekte kazı yapmaya uygun olup olmadıkları saptamaktadır. Araştırmada bilgi kaynakları, araştırma yöntemleri ve kullanılan araç ve gereçlerden bahsedilmektedir. Sualtı batık gemi kazılarının nasıl yapıldığı, kullanılan yöntemler ile kazı araçlarının nasıl kullanıldığının yanı sıra su üstüne çıkarılan eserlerin atmosferde karşılaştığı sorunlar ve konservasyon çalışmasının nasıl yapıldığı verilecektir.

GİRİŞ

Ülkemizde batık gemi araştırmaları 1959 yılında tesadüfen başlamıştır. *Bodrum*'da sünger dalgıçlarının yaşamını konu alan bir yazı dizisi hazırlamak için gelen gazeteci *Peter Throckmorton*'un ilgisini süngercilerin evlerinde soğuk su tutmak için kullandıkları iki kulplu kaplar çeker. O yıllarda henüz herkesin evinde buzdolabının olmaması süngercileri bu yola itmiştir. Süngercilerin denizden çıkardıkları amforalar antik devir deniz taşımacılığında önemli yeri olan, içinde her türlü ticari malzemenin taşındığı taşıma kaplarıdır. Bu kaplar içinde akla gelebilecek her türlü ticari malzemeyi taşıyan, devrinin şartlarında inşa edilen gemiler günümüz dev tanker ve yük gemilerinin işlevini görmekteydi.

Batık gemi araştırmalarında ilk akla gelen bilgi kaynağı *Ege ve Akdeniz*'de altı ay boyunca dalış yapan sünger avcılarıdır. *Bodrum*'da süngercilerin yoğun olduğu civar köylerde kış aylarında batık gemiler hakkında bilgiler verilmektedir. Bu bilgiler görsel olarak slayt ve film gösterimiyle desteklenmektedir. İlgi alanımıza giren batıkların sualtında ne durumda buldukları ve buluntu grupları hakkında bilgiler verilmektedir. Bu tür bir çalışma yapmamıza neden olarak süngercilerde batık gemi kavramının yanlış algılanması ve bize daha çok yakın geçmişte batmış modern gemi enkazı göstermelerinden kaynaklanmaktadır. Hatta uçak enkazı gösterenler bile olmuştur.

İlgi alanımıza giren batık gemilere rastlayan dalgıçlar, görülebilen buluntu gurubunu, derinliği, kıyıya olan mesafeyi araştırma heyetine bildirmeleri halinde yaz aylarında bu bilgiler değerlendirilmektedir. Bu bilgiler ışığında batığı bulmamız halinde bilgiyi veren kişiler ödüllendirilmektedir. Bu durumda araştırma öncesi elimize değişik bölgelere ait batık raporları bulunmaktadır.

Bu çalışmayla birlikte kendi buluşumuz olan "Mantık Dalışı" adını verdiğimiz başka bir sistemle de araştırma yapmaktayız. Gemiler için tehlikeli olabilecek sığıklar ile rüzgarın yön değiştirdiği burun noktalarının çevresinde batık gemi olabilir düşüncesiyle, *Seyir ve Hidrografi Dairesi*'nin hazırladığı deniz dibi derinliklerini gösteren haritalar üzerinde yaptığımız çalışmaları "Mantık dalışı" olarak adlandırmaktayız.

Bu alanlarda araştırılmadık alan bırakmamak için şamandıra kullanılmaktadır. İlk dalışı yapan gurup dalış bitiminde araştırmanın son noktasına bir şamandıra bırakarak çıkmaktadır. İkinci gurup bu şamandıra ipinden inerek çalışmayı sürdürmektedir. Her dalış sonunda aynı işlem tekrarlandığı için araştırılmamış alan bırakılmayarak, eğer batık var ise, bulamama ihtimali en aza indirilmektedir.

Batık gemi araştırmalarını dalış hastalıklarını tedavi için kullanılan basınç odasının da bulunduğu, dalış için gerekli her türlü donanıma sahip tekne ile yapmak en ideal olanıdır. Dalışlar en az iki kişiden oluşan gruplarla, günde iki dalış şeklinde planlanmaktadır.

Gemilerin batması için pek çok neden vardır. Başını sudan çıkarmayan sığıklar, kötü yüklenmiş yük, aniden çıkan fırtınalar, dikkatsiz gemicilerin ihmali, korsanların saldırısı ve burun noktalarda rüzgarın yön değiştirmesi sonucu teknenin kayalara çarpması, bunlardan sadece bazılarını oluşturmaktadır. İlgi alanımıza giren batıklar ticari teknelerdir. Sualtında uzun yıllar kalmanın doğal sonucu olarak teknenin kendisi dağılmıştır. Yükünü oluşturan amforalar, küpler veya bakır külçeler yığın halinde deniz tabanında görülebilmektedir. Batık gemiler battığı devrin bir kesitini zaman kapsülü gibi saklayan önemli bir buluntu gurubunu oluşturmaktadır. Arkeolojide çözümlenmeyen pek çok sorun batık gemiler sayesinde gün ışığına çıkmaktadır.

Başını sudan çıkarmayan sığıkların ülkemizde en ünlüsü *Bodrum-Turgutreis* açıklarında *Yassıada*'nın 150 metre açığındaki sığıktır. Bu sığığın 55 metre derinliğe kadar çevresinde yaptığımız araştırmada 12 batık geminin varlığını tesbit ettik. Bu antik gemilere birkaç yıl önce batan *Lübnan* bandralı bir yük gemisi de eklenmiştir. Bu kaza tıpkı antik devirde olduğu gibi gemicilerin ihmali sonucudur. Antik devirde kaptanlar sığığın varlığından habersizken günümüzde sığığın yeri gösterilmesine rağmen, ihmal kurbanı olarak sığığa çarpan gemi kurtarılmamıştır. Günümüzde gemilerde bulunan sonar, echosounder, radar ve pusula gibi teknik cihazlar ne yazık ki antik gemilerde henüz kullanılmıyordu. Tüm bunlara ilaveten gece seyri için

gerekli deniz fenerlerinin de olmadığından geceyi bir limanda geçirmeleri gerekti. *Ege ve Akdeniz*'in batısı günlük seyir yaptıktan sonra korunaklı doğal limanlara sahip ideal denizlerdir. Zengin kıyı kent limanlarının yanı sıra doğal limanlarda sıkça görülür. Bu antik limanlara örnek olarak *Halikarnassos, Myndos, Knidos, İasos, Efesos ve Phokai* limanları sayılabilir.

Batık gemi araştırmalarında çoğunlukla amfora yığınları en belirgin şekilde karşımıza çıkmaktadır. Bu amforalar batık gemilerin en iyi belirleyicileridir. Antik devirde 1000-2000 amfora yüklü geminin batması sonucu deniz dibine gömülen geminin ahşap bölümü zaman içinde dağılmakta, amforalar yığın şeklinde günümüze ulaşmaktadır. 1960 yıllarından önce tarihi eserlerin satıldığı devirlerde bilhassa batılı turistlerin sahip olmak istediği bu kaplar ne yazık ki eski süngercilerin geçim kaynağı olarak ticari bir malzeme durumdaydı. 2863 sayılı yasa bu tür ticareti önledi ise de çok az da olsa illegal olarak hala devam etmektedir.

Bulduğumuz her batıktan tarihlendirme yapmak amacı ile bazı örnekler alınmaktadır. Çıkarılan amforaların içindeki kumlar titizlikle elenerek taşıdıkları organik malzemeler araştırılmaktadır. 1981 yılında Knidos yakınlarında bulunduğumuz M.Ö.5. yüzyıl *Sakız* amforalarından ikisinin içinden çok sayıda zeytin çekirdeği bulunmuştur. Bu da gösteriyor ki antik devirlerde *Sakız Adası* ile *Anadolu* kıyılarında zeytin ve zeytinyağı ticareti yapılmaktaydı.

Batık gemi araştırmalarında diğer bir belirleyici de gemilerin en önemli aksamı olan çapalardır. Çapa ve çoğunlukla kurşun ve taştan yapılan çipo parçalarına sıkça rastlanmaktadır. Kurşun çipolar dalıcılar tarafından ne yazık ki dalış kemeri yapılmak amacıyla eritilerek kullanıldığından ancak kum ve çamur içinde kalanlara sahip olabilmekteyiz.

Deniz tabanında görülebilen amforaların alınması halinde kum ve çamur altında geminin kendisini veya diğer buluntularını bulmak oldukça zorlaşmaktadır. Bu nedenle sualtı dalış turizmine açılan denizlerimizde müzeye götürmek için bile olsa herhangi bir kültür varlığı çıkarılmamalıdır.

Ülkemiz kıyılarında bilhassa *Güney Ege ve Batı Akdeniz*'de yapılan araştırmalarda yüz civarında batık geminin yeri tesbit edilmiştir. Araştırmalar *George R. Bass* başkanlığında *Texas AM* Üniversitesine bağlı *INA (Institute of Nautical Archaeology)* adına yapılmaktadır. Yakın zaman öncesinde ODTÜ SAT-BAG klyka bölgesinde bir yüzey araştırması yapmıştır. Aynı gurup 1853 *Osmanlı-Rus Sinop Deniz savaşı* batıkları, 1770 *Osmanlı Rus Çeşme* deniz savaşı batıklarını incelemiştir.

Sualtı Arkeoloji Enstitüsü tarafından 1960'lı yıllarda *Bodrum-Yalıkavak* yakınlarında *Bronz Zenci Çocuk* heykelinin çıktığı alan ile *Marmaris* yakınların *Bronz Demeter* heykelinin çıktığı alan ile *Arap Adası* civarında derin sularda iki kişilik Denizaltı, tek kişilik kapsül, sualtı televizyon vericisi ve sonar gibi teknik cihazlar kullanıldı.

Bodrum Sualtı Arkeoloji Müzesi ülkemizin tek sualtı müzesi olması nedeniyle müzeye yapılan ihbarlar değerlendirilmektedir. 1982 yılında *Adana-Karataş* açıklarında görülen heykel ihbarını değerlendirmek üzere bölgeye üç kişilik bir ekiple gidildi. *Karataş* açıklarında (yaklaşık bir mil) 5 metre derinde sırtüstü yatar durumdaki heykelin ihbarda belirtildiği gibi mermerden yapılmadığı bronzdan yapıldığı ilk dalışta anlaşıldı. Sadece ayak bilekleri eksik, sol kolu omuzdan inen elbiseyi tutmakta, sol eli omuz altından kırık heykelin mevcut yüksekliği 1.82 cm. Muhtemelen Romalı bir Senatör heykelidir. Heykelin sırtı kayaya kaynamış olduğundan serbest hale getirmek için keski ve çekiş ile bir haftalık bir çalışma sonunda suüstüne çıkarılabildi. Çevrede çok sayıda *Roma* devrine tarihlenen amfora parçalarına rastlandı. Bu da geminin ve diğer yükünün *Akdeniz*'in azgın dalgalarına dayanamayıp tahrir olduğu, heykelin küçük hasarlarına rağmen günümüze ulaştığı anlaşılmıştır. Konservasyonu tamamlayan heykel *Adana* müzesinde sergilenmektedir.

Antalya yakınlarında *Lara Plajı*'nda *Bizans* sikkeleri çıktığının ihbarı üzerine 1988 yılında yerinde yapılan dalışlarda 1093 adet Bizans sikkesi 2.5 metre gibi çok sığ sudan çıkarıldı. Bu derinliklerde bile hala kültür varlığına sahip olmamız *Anadolu*'nun zenginliğinin uzantısını denizlerde de devam ettiğinin bir göstergesidir.

Ülkemizin üç tarafı dört deniz ile çevrili olmasına rağmen, *Karadeniz, Doğu Akdeniz, Kuzey Ege ve Marmara Denizi*'nin büyük bölümü hala araştırılmamış, genç sualtı arkeologlarını beklemektedir. Bugün Avrupa müzelerinde bronz heykellerin önemli bir bölümü tesadüfen denizden çıkmıştır. Bu buluş arkeolojinin sualtında da çalışma yapmasına zemin hazırlamıştır.

BATIK GEMİ KAZILARI

Dünyada ilk bilimsel sualtı batık gemi kazısı 1960 yılında *Gelidonya Batığı* kazısıyla ülkemizde yapılmıştır. Bu tarihten önce diğer *Akdeniz* ülkelerinde sualtı kazılarının yapıldığı bilinmekteydi. Ancak bunlar profesyonel dalgıçlar tarafından yapılan kurtarma kazısı niteliğindedir. Müzeler ve özel koleksiyonlara eser kazandırılmak amacıyla yapılmıştı. İlk olarak *Gelidonya Batığı*'nda arkeologlar tarafından plan çalışması, fotoğraf çekimi ve envanter çalışması yapılmıştır.

Sualtı batık gemi kazıları kara kazılarına kısmen benzer yöntemlerle yapılmaktadır. Sualtı kazılarında işçi çalıştırılmayıp bizzat arkeologlar çalışmaktadır. Önceden yeri belirlenen ve kazı yapmaya uygun derinlikteki batığın üzerine bir dalış platformu kurulması gerekmektedir. Eğer bu hava şartlarına göre mümkün değilse kıyıda bir platform yapılır. Vurgun ve hava embolisi gibi dalış hastalıklarını tedavi amacıyla kullanılan basınç odası, dalış için gerekli alçak ve yüksek basınç kompresörleri ile dalış malzemelerinin bu platformda bulunması gerekmektedir. Ayrıca kazıdan çıkan eserleri ilk müdahaleyi yapmak amacıyla bir konservasyon laboratuvarı gerekmektedir. Kazı ekibinin yemek ve geceleme ihtiyacı duruma göre kıyıda veya büyükçe bir tekne ile karşılanabilir. Kazı ekibinde basınç odasını kullanabilen bir doktor bulunmasında yarar vardır. Batık eğer düz bir zeminde bulunuyorsa kazı yapmak için üzerine 2x2 metrelik (4 metrekare) profil demirden oluşan bir kareleme sistemi oluşturulur. Meydana gelen kareleme sistemine harf ve sayı bileşiminden oluşan bir kodlama verilerek her uzmanının çalıştığı kare belirlenir. Örneğin K7, M5 karesi gibi, burada alfabenin ortası ve sayıların 5 den başlaması esas alır çünkü batığın bir yöne doğru uzama ihtimali üzerine hem harf hemde sayı olarak genişlemesi mümkündür. Her karenin sorumlusu kazı ve çizim çalışmalarını kendisi yapar. Batığa inen dalgıçlar kırılğan eserlere ve ahşaplara zarar vermemek için paletlerini çıkararak çalışırlar. Kareleme sistemini adeta iskele gibi kullanarak üzerinde yürürler. Kare içinde bulunan eserlerin ve ahşap elemanların çizimi için en az üç köşeden ölçü alınması gerekmektedir. Ölçü şerit metre ile ve yatay şekilde alınmakta hata payını en aza indirmek için şakül kullanılmaktadır. Her karenin fotoğrafı stero fotoğrafmetri ile çekilmekte batığın rölövesi çıkarılırken fotoğrafla desteklenmektedir. Her karenin planı birleştirildiğinde batığın planı çıkmaktadır.

Batığın üzerinde biriken kalın kum veya çamur tabakası emici denilen bir sistemle temizlenmektedir. Ancak hassas eserler ve ahşapların temizliği elle yapılır. Emici tekne veya dalış platformundan alçak basınç kompresörünün verdiği havayı bir hortum vasıtasıyla batığa indirilen havanın kaldırma gücüyle çalışan ve 12 metrelik PVC sulama borularından yapılan bir kazma aletidir. PVC borunun bir ucu batık üzerinde diğer ucu batığın dışında gelecek şekilde 15 derecelik bir açı ile monte edilir. Emiş gücü yüksek fakat iyi kontrol edilmezse eserlere zarar vereceğinden daha çok kaba kumların temizlenmesi için kullanılır. Batığın üzerindeki ucun içinden geçirilen hava diğer uçtan dışarı çıkarken havanın kaldırma gücüyle kum zemine belirli mesafede yaklaştırıldığında kumları emerek diğer uçtan dışarı atmaktadır. Elin sağa ve sola sallanması ile eserlerin temizlenmesi daha sağlıklıdır. Batığın en yakın noktası yarım küre pleksiglas telefon konularak batıkla dalış platformu arasında haberleşme sağlanmaktadır. İçi hava dolu yarım kürenin içine acil durumlarda girilerek hava teneffüs edilebilir. Her zaman hazır durumdaki yedek tüp acil durumlar için kullanılmaktadır.

Marmaris-Serçe Limanı cam batığında ve *Yassıada* batıklarında kullanılan bu kareleme sistemi uygulanmıştır. Ancak son 11 yıldır kazısı devam eden *Uluburun* batığının deniz tabanının bulunmuş durumu engebeli ve kayalık altında olması nedeniyle kareleme sistemi uygulanmadı. Bunu yerine batık üzerinde belirli yerler oluşturulan noktalar yardımıyla rölöve çalışması yapılabilirdi. Burada çalışan uzmanların kareleri yerine bölgeleri oluşturdu. Her buluntu en az üç noktadan ölçü alınmak suretiyle plana işlendi. Dünyanın en eski batığı aynı zamanda 45-60 metrede normal hava ile çalışmak için oldukça derin bir noktadaydı. Ana yükü Bakır külçe olan batıkta bulunan eserler *Mısır, Miken, Kıbrıs, Afrika, Doğu Akdeniz* ve *Anadolu*'dan olmak üzere bir kültür mozayığı oluşturmaktaydı. Bu batık kazısı sayesinde cam'ın tarihçesinde değişiklik yapıldı. Dünyanın en eski kitapçığı bulundu. Paranın henüz keşfedilmediği devirde *Mısır*'daki yazılı tabletlerde olduğu gibi malzemelerin değişimi ilk ticaretin nasıl yapıldığını görme fırsatını bulduk. Bir tablette yazılı bulunan, *Mısır* firavunun "Eğer bana 600 talent bakır gönderirsen, sana abanoz kütükleri göndereceğim" sözüne karşılık bu gemide hem bakır külçe hemde abanoz ağacı kütükleri bulduk. O devirlerde muhtemelen ticaret kral ve firavunların himayesinde yapılmaktaydı. Batığın yeri *Bodrumlu* süngerci *Mehmet Çakır* tarafından gösterilmişti.

Sualtıdan gün ışığına çıkarılan bilhassa pişmiş toprak eserlerin zamanla dağılması söz konusudur. Batık araştırmaları sırasında eski süngercilerin "denizden çıkan, güverteye koyduğumuz amforaların belirli bir zaman sonra dağıldığını gördük" şeklindeki sözlerini sıkça duyduk. Oysa ki eğer iyi fırınlanmamış pişmiş toprak eserler uzun yıllar kaldıkları tuzlu su içinde bünyelerine nüfuz eden tuz ile birlikte soğuk ortamdan *Akdeniz*'in kızgın güneşine çıktığında, şok olmakta, kurumaya başlayan bedenden tuzlar dışarı çıkarak eserlerin pul pul döküldüğü gözlenmektedir. Bunu önlemek için çıkan eserler öncelikle tatlı su havuzlarına konulmaktadır. Eğer tatlı su havuzu yoksa tuzlu su içinde ıslak bir ortamda tutulmalıdır. Tatlı su havuzlarındaki sular zamanla değiştirilerek, eserlerin tamamen tuzdan arındırılması sağlanmaktadır.

Tuzlu su içinden çıkarılan eserlerin atmosfer ile temas etmemesi gerekmekte. Sualtından çıkan eserlerin konservasyonu kara kazılarından çıkan eserlere göre daha uzun zaman almaktadır. Altın, gümüş ve kurşun gibi metaller deniz suyundan fazla etkilenmemelerine rağmen özellikle demir paslanarak çürür ve yok olur. Demir paslanma sırasında deniz kabukları, kum ve deniz suyundaki kalkerli çevresinde biriktirerek çökelti dediğimiz kalıbı oluşturur. Batıktan çıkarılan çökelti bir zamanlar geminin çapası veya demir bir çivisi olan

materyallerin kalıbını oluştururlar. Bu çökeltilerin röntgeni çekilerek içindeki parçanın şekli belirlenir. Bir ucundan kırılan çözeltinin içi dişçi aleti ile temizlendikten sonra içine sentetik polyester dökülerek yok olmuş demir aksamın gerçek birer kopyasının çıkarılması sağlanır. Geminin ahşap elemanlarının konservasyonu oldukça uzun zaman gerektiren bir çalışmayla yapılır. Öncelikle ahşap bünyesindeki tuzlar temizlenmelidir. Daha sonra ahşabın bünyesine polyetilen glikol emdirilir. Belirli ısı ve nem ortamında tutularak ahşabın uzun yıllar bozulmadan korunması sağlanır. Çam ve benzeri ağaç türleri bu tedaviye cevap vermektedir. Meşe gibi sert ahşaplar bu kimyasal maddeyi bünyesine kabul etmediği için İngiltere'de çıkarılan *Mary Rose*'a ıslak tutacak şekilde su damlatılmaktadır.

Batık gemilerin ahşap bölümü bize gemi yapım teknikleri ve gelişimi göstermektedir. Şimdiye kadar ki kazılarda öğrendiğimiz bilgilere göre, antik devirlerde önce kaplama tahtaları çıkarılarak geminin şekli belirlenmekte sonra da eğrilerle sağlamlaştırılmaya çalışılmaktaydı. *Marmaris Serçe Limanı Batığı*'nın ahşaplarının incelenmesinden sonra geminin M.S. XI yüzyılda günümüz *Bodrum* tersanelerinde uygulanan yapım tekniğine yakın inşa edildiği anlaşıldı. Model sistem ana omurganın üzerine önce eğriler çakılmakta sonra da iç ve dış kaplama ile sarılmakta idi. Bu gemi bilinen en eski örnek olarak *Bodrum Su Altı Arkeoloji Müzesi*'nde sergilenmektedir.

SONUÇ

Batık gemi araştırma ve kazıları belirli bir bilgi birikimine sahip uzmanlarının birlikte çalışması ile yapılmalıdır. Asıl amaç su altından eser çıkarmak değildir. Yıllardır su altında yok olmadan günümüze karad ulaşan eserlerin tasnifi ve belgelenmesinden sonra, gerekli konservasyonları yapılmadığı takdirde yok olacakları bilinerek hareket edilmelidir.

Her işin uzmanının yapmasının en isabetli yol olduğu düşüncesinden hareketle nasıl ki beyin ameliyatını beyin cerrahının yapması ne kadar gerekli ise sualtı kazılarını da sualtı arkeologlarının yapması en akılcı yoldur.

SUALTI SİTELERİNDEN ÇIKARTILAN ARKEOLOJİK KALINTILARA YAPILACAK İLK KORUMA UYGULAMASI VE BU OBJELERİN SİTE ÜZERİNDE KISA SÜRELİ SAKLANMASI

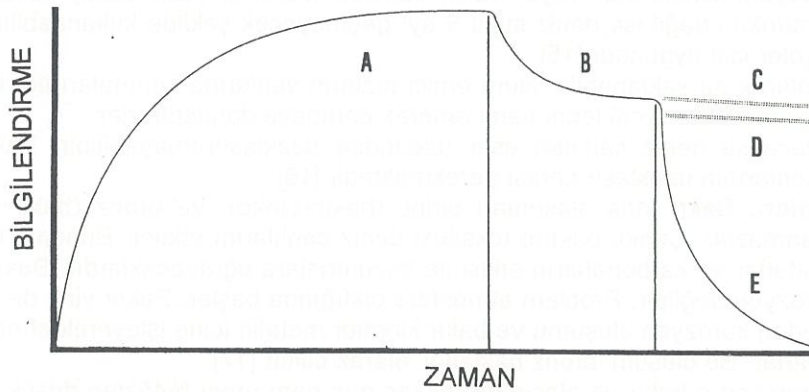
Ufuk Kocabaş

İstanbul Üniversitesi, Edebiyat Fakültesi Taşınabilir Kültür Varlıklarını Koruma Ve Onarım Bölümü, Laleli, İstanbul

Özetçe- Bu araştırmanın amacı arkeolojik sualtı kazılarında çıkarılan inorganik (metaller, taş, keramik, cam) ve organik (ahşap, kemik, boynuz, deri, ip, doğal lifler, tekstil) objelerin site üzerinde kısa süreli saklama koşullarının ne şekilde olması gerektiğini, kazısı yapılmış sitelerde kullanılan konservasyon metodlarının sonuçlarını değerlendirerek, ortaya koymaktır. Sualtı kalıntılarının bozunma nedenlerine kısaca değinilerek 1900'li yıllardan günümüze kadar yapılmış sualtı kazılarından 50'ye yakın araştırmanın konservasyon sonuçları incelenerek günümüzde uygulanan site üzerinde koruma yöntemleri açıklanmıştır. Ayrıca araştırmanın sonunda uygun koruma uygulaması yapılmış sualtı sitelerinden çıkarılan arkeolojik kalıntılarla, kara sitelerinin karşılaştırması yapılarak, sualtı sitelerinde objelerin genel olarak %25 oranında daha iyi korunduğu sonucuna varılmıştır.

I. GİRİŞ

Arkeolojik sualtı kazılarında kalıntıların üzerini örten sediment (tortu) tabakasının kaldırılması, eserin uzun süredir denge içinde bulunduğu ortamın değişmesine, fiziksel, kimyasal ve biyolojik bozunma sürecinin hızlanmasına neden olur [1]. Üzeri açılan obje serbestçe akan su, bol oksijen ve çözünmüş tuzlarla karşılaşır. Objelerin su ortamdan atmosfere transferi ise basınç değişikliği, ısı ve ışık farklılıklarına yol açar. Bu ortam değişikliklerinin arkeolojik kalıntılara zarar vermemesi ve eserin uzun süre saklanabilmesi için uygun konservasyon (koruma) uygulamalarına ihtiyaç vardır [2] (Şekil 1). Bundan dolayı konservasyon her arkeolojik sualtı kazısı için gerekliliktir. Konservasyon düşünülmeden yapılan kazılar ise *vandalizm* yani yıkıcılıktır [3].



Şekil- 1. Konservasyon uygulamaları ile eser üzerindeki bozunma süreçlerinin en aza indirilerek, objenin uzun süre bulunduğu halini koruması amaçlanmaktadır.

- A- Objeye ilişkin bilgi potansiyalinin oluşması
- B - Objelerin gömülmenin ardındaki ilk bozunmadan sonra çevre ile uyum içine girerler
- C - Objenin bilgi potansiyali şayet kazı yapılmaz ise sabit kalır
- D - Başarılı konservasyon uygulanmış kazı
- E- Konservasyon uygulanmamış kazı

Gerekli koruma çalışmalarının yapılabilmesi için tam teşekküllü laboratuvarlara ihtiyaç vardır. Fakat bu tür laboratuvarların kazı alanlarında kurulması, mali güçlükler, kazı alanlarının yerleşim yerlerinden uzak oluşu gibi nedenlerle çoğu zaman mümkün değildir [4]. Bundan dolayı su altından çıkarılan arkeolojik kalıntıların kazı alanlarında kurulan geçici laboratuvarlarda, gömü koşullarına uygun şartlarda saklanmaları gerekmektedir [5]. Ayrıca bu objelerin sayısı göz önünde bulundurularak gerekli depolama ünitelerinin de ayarlanması gerekmektedir. (Örneğin, 1972 yılında 3 aylık çalışma sonunda *Batı Avustralya'da Vergulde Draeck* batığından 9000kg. küçük obje [6], *Ozette* kazısının ilk 8 yılında 48.000 kalıntı [7], *Kronan*'dan 17.000 [8], *Mary Rose* batığından 15.000 obje çıkarılmıştır [9].)

Bir arkeolojik sualtı kazısı için standart konservasyon prosedürü objelerin üzeri açıldıktan sonra *in situ* fotoğraflarının çekilmesi, siteden yüzeye transfer, su ortamdan atmosfere transfer, konservasyon,

restorasyon ve uygun sergileme veya depolama ortamlarının sağlanmasından oluşur [10]. Bu süreçte bir alt başlık olan arkeolojik objelere yapılan ilk uygulama ve kalıntıların site üzerinde kısa süreli saklanması ne şekilde olacağı bu araştırmanın konusunu oluşturmaktadır.

II. YÖNTEM

Objelerin site üzerinde saklanması uygulanacak yöntemi belirlemek için yapılacak ilk iş objelerin yapıldıkları materyallerin cinsinin belirlenmesidir. Genel olarak inorganik ve organik olarak iki ana başlıkta toplanan objeler kendi aralarında da gruplara ayrılırlar:

a- İnorganik maddeler : Metaller, keramik, taş, cam.

b- Organik maddeler : Ahşap, tekstil, kemik, boynuz, deri, ip, doğal lifler [11].

Bu sınıflama yapıldıktan sonra kısa süreli saklamada uygulanacak yöntemlere karar verilebilir.

İnorganik Maddeler:

1- Metaller

a- Demir: Dövme ve dökme (gri, beyaz) olarak ikiye ayırabileceğimiz demir objeler farklı bozunmalara uğrarlar. Gri dökme demirin deniz suyunda korozyona uğraması grafitizasyon olarak bilinir. Bu objelerin yüzey tabakasını demir korozyonları ve grafit oluşturur. Objeler atmosfere çıkartıldıklarında bol oksijen dıştaki grafit tabakasına nüfuz ederek korozyona uğramamış metale ulaşır. Meydana gelen reaksiyon, hem ısı oluşumuna hem de korozyon tabakası ile katı metal arasında çatlama, kırılmalar ve kopmalara neden olur [12]. Dövme demir grafit içermediğinden korozyon tabakası oluşumu üretim metodlarından kaynaklanır. Dökme ve dövme demirin her ikisinde de bulunan tuz kristalleri devam eden korozyonun nedeni olacaktır. Ayrıca deniz suyundaki kloritler tepkimeye girerek objeyi eritecek ve nem emmelerini sağlayacaklardır. Bundan dolayı demir objelerin kurumasına izin verilse bile demir kloritler atmosferden nem emdirmeye devam edecek, oluşan asitler metalle reaksiyona girerek devrederek devam edecektir. Bu oluşum sürecinde demir obje üzerinde 'kuma' olarak isimlendirdiğimiz kahverengi damlacıklar görülecektir [13].

Demir objeler sudan çıkartıldıktan sonra bir an önce ileri bozunmaları önleyecek ortamda depolanmalıdır. Kısa bir süre için (birkaç saat, en çok bir gün) denizsuyu kullanılabilir. Fakat uzun süreli depolamada kimyasal yöntemlerin kullanıldığı ıslak ve kuru yöntemler tavsiye edilir [14].

Depolama %5'lik sodyum bikarbonat veya %2'lik sodyum hidroksit (tatlı suda) kullanarak yapılabilir. Şayet tatlı su bulmak mümkün değil ise deniz suyu 6 ayı geçmeyecek şekilde kullanılabilir. Bu metod hem küçük hemde büyük objeler için uygundur [15].

Küçük objeler kuru olarak da saklanabilir. Nem emici tuzların yanlarına konmaları ile depolanmalıdırlar. Bu nem emici silika jeller mavi olan renklerini nemi emerek pembeye dönüştürürler.

Islak saklama yapılacaksa deniz canlıları eser üzerinden uzaklaştırılmayabilir. Fakat kuru koruma düşünülüyorsa deniz canlılarının uzaklaştırılması gerekmektedir [16].

b- Bakır ve Alaşimleri: Bakır, ana alaşimleri pirinç (bakır+çinko), ve bronz (bakır+kalay) genellikle deniz canlılarıncı kaplanmazlar. Çünkü bakırın toksitesi deniz canlılarını etkiler. Bununla birlikte bu objeler oksidasyon, kloritler, sülfatlar ve karbonatların etkisi ile bozunmalara uğrayacaklardır. Bakır alaşımlarındaki problem sualtındaki korozyon değildir. Problem atmosfere çıktığında başlar. Fakat yine de demir kadar hızlı gelişmez. Benzer devreden korozyon oluşumu ve bakır kloritler metalin içine işleyerek atmosferden nem ve oksijen emilmesini sağlarlar. Bu oluşum 'bronz hastalığı' olarak bilinir [17].

Denizden çıkartıldıktan sonra bakır ve alaşımları birkaç gün nem oranı %45'den düşük ortamda güvenle saklanabilir. Daha uzun zaman için ise:

Büyük ve küçük objeler % 5'lik sodyum seskikarbonatın tatlı su içindeki karışımında saklanmalıdır [18]. Alternatif olarak objeler % 1'lik sodyum benzotriazol (BTA) içinde saklanabilir [19]. Sodyum seskiklorid içinde saklanma düşünülüyorsa deniz kabukluları objenin üzerinden kimyasal veya mekanik yöntemlerle uzaklaştırılmalıdır.

Küçük objelerin tamamen kuru atmosfer şartlarında saklanması bronz hastalığını durduracaktır. Desikant olarak silika jel kullanılması nemin emilmesini sağlayacaktır. Bu tür saklamada nemin %15'in altında olması gerekmektedir.

c- Gümüş ve alaşımları: Gümüş deniz suyunda hızlı bir şekilde korozyona uğramaz. Genellikle tamamen siyah renkli gümüş sülfatla kaplı olarak bulunur. Atmosfere çıkartıldıklarında da bozunmalara meyilli değillerdir. Bundan dolayı tatlı suyla yıkandıktan sonra kuru olarak saklanabilirler. Şayet gümüş içine bakır karıştırılmış ise (Ag+Cu) ve bir bozunma gözleniyor ise %1'lik Benzotriazol içinde saklanmalıdır. Üzerindeki deniz oluşumlarının temizlenmesine, kolayca zarar görebileceğinden, büyük özen gösterilmeli bu işlem laboratuvara bırakılmalıdır.

d- Altın ve alaşımları: Altın deniz suyunda korozyona uğramaz. Gümüş gibi tatlı su ile yıkanmalı ve kuru olarak saklanmalıdır.

e- Kurşun, kalay ve alaşımları: Kurşun ve kalay çabuk oksitlenen metallerdir. Özellikle kalay 13°C sıcaklığın altında gümüş renginde bulunan metalik kalaydan gri renkli ametalik şekle dönüşür. Bu şekilde hacmi genişleyen ametalik kalay en hafif bir temasta çok çabuk ufalanarak toz haline dönüşür. Deniz altında uzun süre kalmış kalay malzemenin genelde son derece bozulmuş olduğu görülmektedir. Buluntu yerinde akıntı gibi fiziksel olay varsa malzeme tamamen bozulup yok olur. Belki bu nedenle çok az sayıda antik kalay malzeme bulunmuştur [20, 21].

Bu metaller ve alaşımları atmosfere çıkartıldıklarında kalıcıdır. Normal atmosfer koşulları bu objelerin bozunmasına neden olmayacaktır. Dikkat edilmesi gereken nokta üzerlerindeki deniz canlılarının X-Radyografi çekilmeden kaldırılmamasıdır.

2- Keramik, cam, taş:

En çok gözlenen fiziksel zarara uğrayarak kırılmalarıdır. Ayrıca keramik objelerdeki genel problem deniz suyunun keramik dokusuna veya sır altına emilmesidir. Bozunmalar az pişmiş keramik üzerinde daha etkilidir. Keramiğin kurummasına izin verilirse tuz kristalizasyonu eser içinde ve sır altında basınca yol açarak parçaların kopmasına, çatlamalara ve kırılmalara neden olabilir.

Cam objelerde iyon değişimi ve silis zincirindeki bölünmelerden dolayı bozunmalara uğrarlar. Eserin atmosfere çıkartılması ile dokusunda bulunan sodyum ve potasyum iyonları atmosfer içindeki karbondioksitle reaksiyona girerek karbonatları oluştururlar. Bunlarda atmosferden nem emilmesini sağlayan oluşumlardır ve camın terlemesine neden olurlar. Bu terleme veya ağlama oluşumu bozunmakta olan camda iyi bilinen olaydır [22, 23]. Camların kurummasına izin verilirse tabaka tabaka kalkarak bozdukları gözlenebilir.

Taş eserlerde gözenekleri içine giren tuzun varlığından zarara uğrayabilirler.

Site üzerinde saklamada bu objelerin kurummasına izin verilmemelidir. Bütün veya kırık olan parçalar ıslak olarak saklanmalıdır. Plastik konteynırlar bu iş için idealdir. Uygun depolama ortamı deniz suyudur. Eğer obje birkaç günden fazla depolanacaksa içine mantar önleyici çözeltiler konulmalıdır. Fakat bu mantar önleyiciler klor içermemelidir. Eğer tatlı su veya saf su mevcut ise tuzdan arındırma prosedürü başlatılabilir. Önemli nokta deniz suyunu emmiş objenin direk tatlı suya konmamasıdır. Osmotik basınç keramik gövdede basınç farklılıklarına yol açarak kırılmalara neden olabilir. İlk yıkama için tatlısu-tuzlusu oranı 1:1 olmalıdır. İki hafta içinde tuzlusu oranı düşürülerek süreç sonunda deiyonize su veya saf su ile yıkanmalıdır. İşlem sonunda pH ölçerlerle tuzun tamamen arındırılıp arındırılmadığı kontrol edilmelidir [24].

Organik maddeler:

Bu başlık altında ahşap, kemik, boynuz, deri, ip, doğal lifler, ve tekstil yer alır. Bu objelerin hepsi için geçerli olan kurumalarına izin verilmemeleridir. Kırılma, çatlama, eğilme, büzülme, bu objelerin kurummasına izin verildiğinde çok iyi bilinen bozunmalardır [25]. Sadece 10 dk.'lık süreyi atmosferde geçirmeleri geri getirilemeyecek şekilde bozunmalarına neden olur [3, 26]. Bundan dolayı sualtından çıkartılan organik objelerin saklanması genel kural ıslak depolamadır. Ayrıca renkli organik materyallerin de güneş ışığında renklerini kaybettikleri gözlemlendiğinden, karanlıkta saklanmalıdır.

Organik materyallerin deniz suyunda saklanması kısa süre için uygundur. Uzun süreli saklamada tatlısu, mantar, ve bakteri önleyici karışımlar kullanılmalıdır.

Bu koruma solüsyonlarının hazırlanmasında % 0.2'lik *Panasit* [18, 27], %1'lik sodyum salisilat tetra hidrat [28], %2 borik asit veya boraks (*Wasa* batığında) kullanılmıştır [18]. Ayrıca %1 'lik *Dowicide*'de kullanılabilir [26, 29]. Fakat *Dowicide* alkaline olduğundan tekstilde kullanılmamalıdır [30].

Ayrıca karbon 14 tarihlemesi yapılacak ahşap, kemik, boynuz gibi organik maddelerin saklanmasında mantar önleyici kimyasal maddeler kullanılmamalıdır.

Küçük objelerin politen konteynırlarda saklanmaları kolaydır. Fakat büyük objelerin örneğin, gemi omurgaları, postalar problem olabilir. Bu tür büyük ahşaplar sualtında üzerleri açıldıktan sonra deniz tabanında uygun şekilde kazı sonuna kadar saklanabilir. Fakat fırtına, ters akıntı gibi olaylar göz önünde bulundurularak önlemleri alınmalıdır. Ayrıca bu tür büyük objelerin saklanmasında bir diğer yol da batık alanına yakın bir yerde zeminin kazılarak polyester kaplanması ile oluşturulan havuzlara yerleştirilmesidir.

Depolamada aşağıda sayılan koşullar sağlanmalıdır.

1. Objeler mantar ve bitki önleyici solüsyonlara konmadan önce üzerlerindeki çamur ve mil tabakalarından arındırılmalıdır.

2. Işık seviyesi mümkün olduğunca düşük tutulmalıdır. Kesinlikle direk güneş ışığına maruz bırakılmamalıdır.

3. Oksijen seviyesi düşük tutulmalıdır. Bu derin tanklar kullanılarak sağlanabilir.

4. Sıcaklık yüksek olmamalıdır ve kesinlikle donma noktasına düşürülmemelidir.
5. Elle müdahale mümkün olduğunca az olmalıdır [31].

III. BULGULAR

Demir objelerin kısa süreli saklanması deniz suyunun 1-2 günden fazla kullanılmasının bozunmalara yol açtığı tespit edilmiştir. Kimyasal maddelerin kullanıldığı koruma metodlarında ise 5 seneye kadar güvenle depolama sağlanabilmektedir.

Bronz objelerde kullanılan kimyasal maddeler 1 senelik saklamada iyi netice vermiştir. Daha uzun süre için uygun değildir.

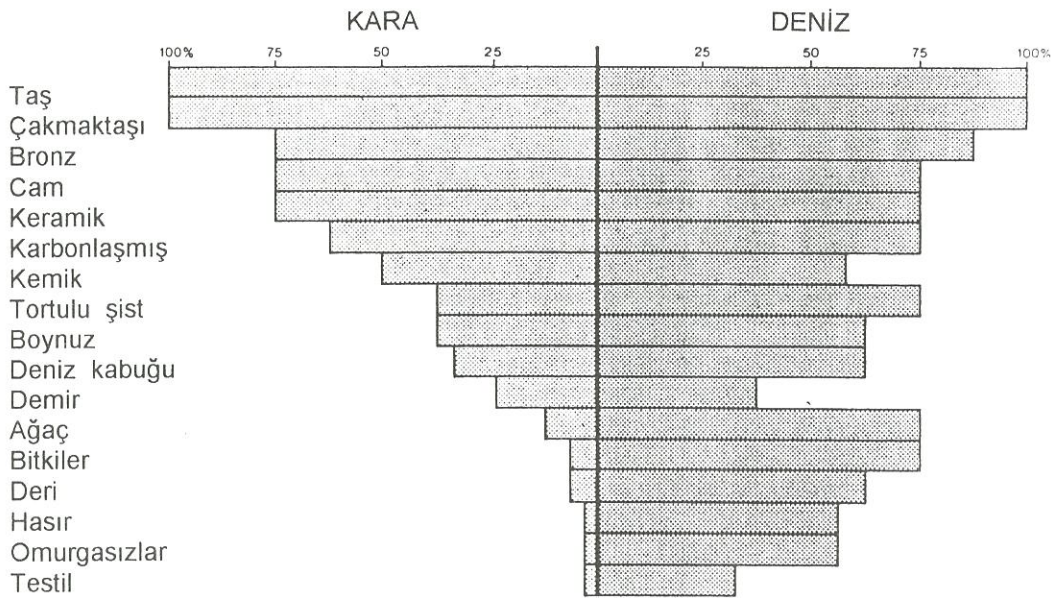
Keramik, cam, taş objelerde birkaç günlük saklamada deniz suyu kullanımı yeterli olurken, bu süre aşıldığında mantar ve bakteri oluşumları gözlenmiştir. Mantar ve bakteri önleyici kimyasal madde kullanımı ile 1 seneye kadar olan saklamada iyi netice alınmıştır.

Organik materyalin kurumasına izin verildiğinde 10 dk.'lık süre içinde çatlama, büzülme, kırılma gibi zararlara uğradığı gözlenmektedir. Öngörülen koruma yöntemleri ile 6 aya kadar saklanması mümkün olmaktadır [32].

IV. TARTIŞMA VE SONUÇ

Sualtıdaki arkeolojik kalıntılar kara sitelerine oranla daha iyi korunmaktadır. Sualtıdaki iyi gömülme ve deniz suyunun alkali yapısı kara sitelerine oranla korunmanın daha iyi olmasını sağlamıştır. Avrupa prehistorik ve historik yerleşmelerindeki değişik çevre koşullarının objeler üzerindeki etkisinin incelenmesi ile oluşturulan tablodan da anlaşılacağı gibi sualtı sitelerinde eserler, genel toplamda (özellikle organik), %25 oranında daha iyi korunmaktadır [33] (Tablo I).

TABLO I
SUALTI VE KARA SİTELERİNDEKİ KORUNMANIN KARŞILAŞTIRILMASI



Bu demektir ki kara sitelerinde karşılaşmadığımız kalıntılarla sualtı sitelerinde karşılaşma imkanımız vardır. Yani arkeolojideki karanlık devirlerin, eksik noktaların aydınlatılmasında sualtı sitelerinin önemi çok büyüktür. Ve fakat iyi korunmuş bu objelerin kazı sonrasında gerekli konservasyon çalışması yapılmadığında 10 dakika gibi kısa sürelerde geri getirilemeyecek şekilde bozdukları gözlenmiştir. Bundan dolayı kazı alanlarında eserlerin uygun şekilde saklanması oluşacak bozunma sürecini en aza indirecektir [34].

Ciddi konservasyon araştırmalarının başladığı 1960'lardan günümüze değin yapılan hatırı sayılır araştırmalarda sualtından çıkarılan arkeolojik kalıntıların bozunma nedenleri ve konservasyon problemleri üzerinde çalışılmıştır. Daha iyi sonuçlara ulaşmak içi konservatrlerin önünde hala uzun bir yol vardır.

KAYNAKLAR

- [1] Jensen V. "Archaeology and Conservation ". Derleyen Throckmorton F. The Sea Remembers, Sayfa 102-105, 1991
- [2] Dean M, Ferrari B, Oxley I, Redknap M, Wartson K. Archaeology Underwater. The NAS Guide to Principles and Practice, Sayfa 222-235, London, 1992
- [3] Pearson C. "On-Site Conservation Requirements for Marine Archaeological Excavations" IJNA. No. 6(1): Sayfa 37-46, 1977
- [4] Pearson C. "Conservation and Maritime Archaeology". IJNA.No. 9(2). Sayfa 147-150, 1980
- [5] Pearson C. "On-Site Conservation Requirements for Marine Archaeological Excavations ". ICOM. Committe for Conservation 4th Triennial Meeting. Sayfa 75/13/2-1, Venice, 1975
- [6] Pearson C. "The Western Australian Museum Conservation Laboratory for Marine Archaeological Material. IJNA. No.3 Sayfa 295-305,1974
- [7] Grosso GH. "Volume processing of waterlogged at a remote archaeological site: modification of tecniques identification of special problems andhopes their solution". Proceeding of the Pacific Northwest Wet Site Wood Conservation Conference. No.1 Sayfa 35-48, Neah Bay, Washington, 1976
- [8] Einarsson L. "Kronan-Underwater Archaeological Investigations of a 17th century man-owar. The nature, aims and development of a maritime cultural projects. IJNA.No. 19(4): Sayfa 279-297, 1990
- [9] Whitlock P. "King Henry VIII's Mary Rose, 1511-1545". Mariners Mirror. No. 67(4): Sayfa 379-382,1981
- [10] Townsend SP. "Standard Conservation Procedures ". Underwater Archaeology a Nascent Discipline. Sayfa 251-255, Paris, 1972
- [11] Wilkins H. An Introduction to Materials. Sayfa 16, 1982
- [12] North NA. " Formation of Coral Concretions on Marine Iron". IJNA. No. 5(3): Sayfa 253-258, 1976
- [13] Deny AJ. Principles and Preservation of Corrosion. Sayfa 356-381, 1981
- [14] North NA. "Investigation into Methods for Conserving Iron Relics Recovered from The Sea". Conservation in Archaeology and the Applied Arts, Proceedings IIC-NKF Congress. Sayfa 173-181, London, 1975
- [15] Barkman L. "Preservation of Large Iron Objects". Paper from First Southern Hemisphere Conference on Maritime Archaeology. Sayfa 127-128, Perth-Wesrern Australia, 1977
- [16] MacLeod ID. "Conservation of Corroded Iron Artefacts-New Methods for On-Site Preservation and Organic Deconcreting". JNA.No.16(1):Sayfa 49-56,1987
- [17] Weisser TS. "The De-alloying of Copper Alloys" Conservation in Archaeology and the Aplied Arts, Proceedings IIC-NKF Congres. Sayfa 207-214, London, 1975
- [18] Leigh D. First Aid for finds. University of Southhampton, 1972
- [19] Robnson WS. First Aid for Marine Finds. Greenwich, 1982
- [20] Bass GF. "Cape Gelidonya: A bronze age shipwreck", Transaction of the American Philosophical Society. Sayfa 82-83, 1967
- [21] Maddin R. "The copper and tin ignots from the Kaş shipwreck", Derleyenler Hauptmann A, Pernika E, Wagner GA. Proceedings of the International Symposium "Old World Archeometallurgy", Heidelberg 1987, Selbsverlag des Deutschen Bergbau-Museums, Bochum, Sayfa 99-104, 1989
- [22] Newton R. Conservation of Glass. Sayfa 135-165, London, 1981
- [23] Newton RG. "Cathedral Chemistry-Conserving the Stained Glasess" Chemistry in Britain No.10(3) :Sayfa 83-91,1974
- [24] Olive J, Pearson C. " The Conservation of Ceramics from Marine Archaeological Sources" Conservation in Archaeology and the Applied Arts, Proceedings IIC-NKF Congres. Sayfa 63-68, London, 1975
- [25] Florian MLE. " The Physichal,Chemical, and Morphological Condition of Marine Archaeological Wood Should Dictate the Conservation Process". Papers from First Southern Hemisphere Conference on Maritime Archaeology. Sayfa 129-144 Perth-Western Australia, 1977

- [26] Spriggs J. "The Recovery and Storage of Materials from Waterlogged Deposits at York" *The Conservator*. No.4 Sayfa 19-24, 1980
- [27] Ambrose WR. "Freeze Drying of Swamp Degradated Wood". *Conservation of Wood and Stone*. No.2: Sayfa 53-57 London, 1970
- [28] Williams M, Barghoorn ES. "Biogeochemical Aspects of the Formation of Marine Carbonats". *Organic Chemistry*. Derleyen Ingerson E. No. 16 Sayfa 596-604, New York, 1959
- [29] Dowman E. *Conservation in Field Archaeology*, London, 1970
- [30] Barkman L. "Conservation of Finds" *Papers from First Southern Hemisphere Conference on Maritime Archaeology*, Sayfa 119-120, Perth-Western Australia, 1977
- [31] Keene S. "An Approach to the Sampling and Storage of Waterlogged Timbers from Excavation" *The Conservator*. No.1 Sayfa 8-11, 1977
- [32] Pearson C. "On-Site Storage and Conservation". *Conservation of Marine Archaeological Objects*. Sayfa 105-116, London, 1987
- [33] Coles JM. "A Wetland Perspective". *Derleyen Purdy BA. Wet Site Archaeology*. Sayfa 1-14, New Jersey, 1988
- [34] Pearson C. "Conservation of Underwater Heritage". *Protection of the Underwater Heritage (UNESCO)* Sayfa 77-133, Paris, 1981

İZMİT KÖRFEZİ'NDE KUVATERNER BOYUNCA GÖZLENEN ORTAMSAL DEĞİŞİMLER

Engin Meriç¹, Niyazi Avşar²

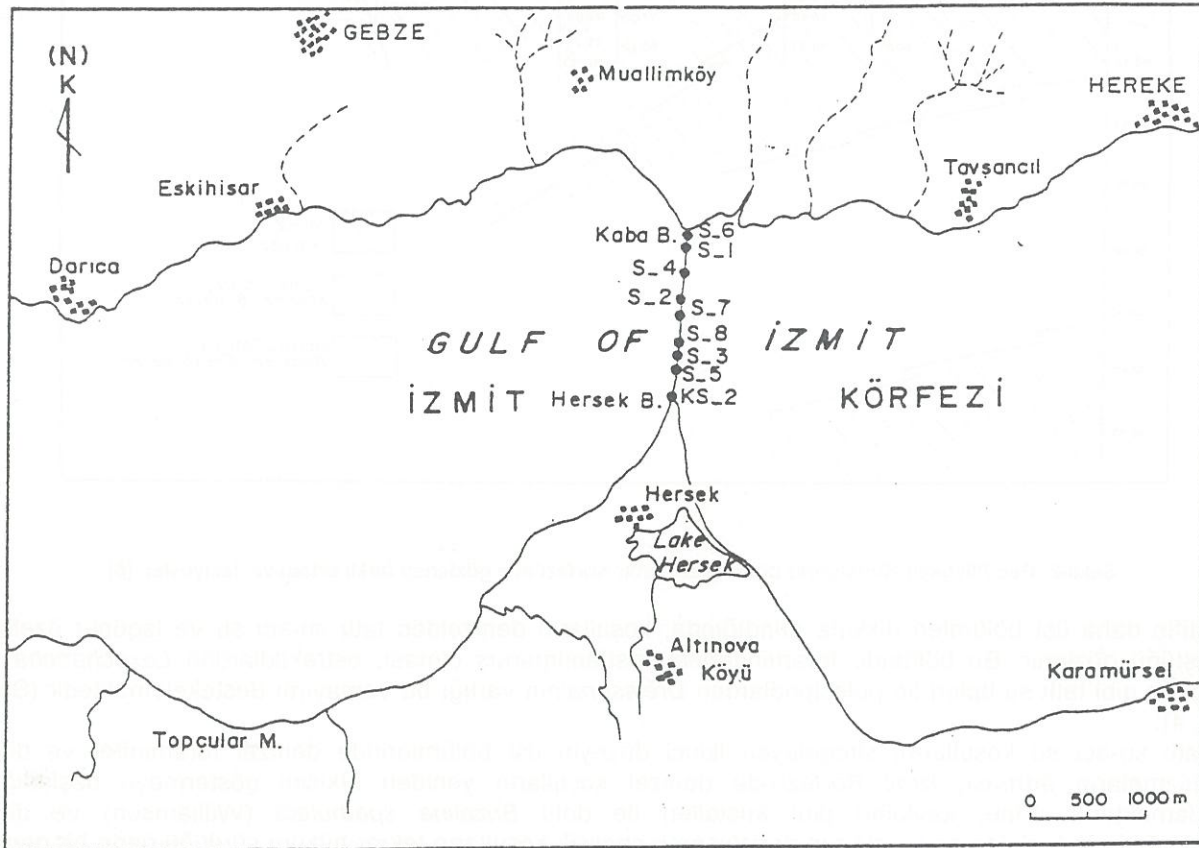
¹ İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 34850 Avcılar-İstanbul

² Çukurova Üniversitesi, Müh.-Mim. Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 01330 Balcalı-Adana

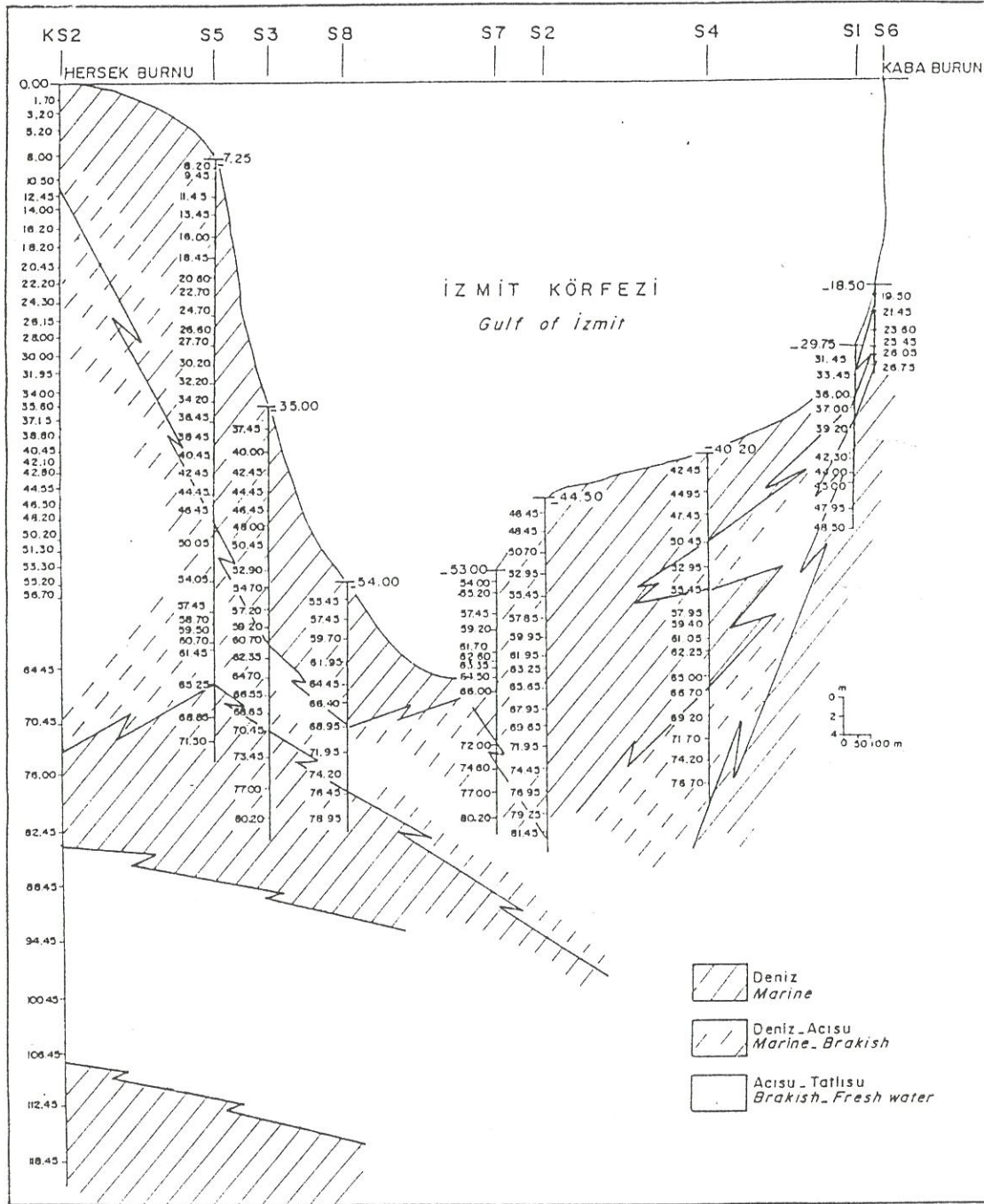
Özetçe-İzmit Körfezi'nde, Hersek Burnu ve Kaba Burun arasında bir köprü inşaatı amacı ile biri karada ve sekizi denizde yapılmış olan 9 sondajdan elde edilen bulgular, 118.45 m'lik çakıl, kum, çamur ve silten oluşmuş olan tortul istifin, taban bölümünde ana kayaya ulaşılmamış olmasına rağmen, yörenin Geç Pliyosen-Kuvaterner boyunca belirli dönemlerde Akdeniz'in etkisi altında kalmış olduğunu belirtmektedir.

I. GİRİŞ

İzmit Körfezi'nde biri karada, sekizi denizde yapılmış olan (Şekil 1) ve en derin sondaj özelliğini taşıyan KS-2 sondajına ait 118.45m'lik tortul istif ile diğerleri, foraminifer topluluğu dikkate alınarak değerlendirildiğinde, körfezde farklı zamanlarda farklı koşulların hüküm sürmüş olduğu anlaşılmaktadır. Geç Pliyosen-Erken Pleyistosen'de körfezde derinliği yaklaşık 100.00-200.00 m olan ve anoksik (oksijence fakir) koşulların hüküm sürdüğü bir denizin baskınlığı gözlenmektedir. Özellikle *Brizalina spathulata* (Williamson), *Chilostomella mediterraneensis* Cushman ve Todd ile *Nonionella atalantica* Cushman'ın bol miktarda bulunması (Tablo I) ve çoğun kavkıların pirit kristalleri ile dolmuş olması, o dönemde 100.00-200.00m derinlikte, oksijence fakir koşulların hüküm sürdüğü bir ortamı yansıtan denizin varlığını ortaya koymaktadır (Şekil 2) [1]. Çünkü bu düzeylerde bolca rastlanan *Brizalina alata* (Seguenza) (100.00-200.00m), *B. spathulata* (Williamson) (100.00-350.00m), *Cassidulina carinata* Silvestri (70.00-700.00m), *Bulimina elongata* (d'Orbigny) (15.00-75.00m), *B. marginata* d'Orbigny (50.00-100.00m) ve *Chilostomella mediterraneensis* Cushman ve Todd (150.00-360.00m) derinliklerde yaşamaktadır [2]. Günümüzdeki bu özellikler gözletilerek Geç Pliyosen-Erken Pleyistosen'de İzmit Körfezi'nin derinliği 150.00-200.00m arasında değişen bir denizin etkisi altında kalmış olduğu söylenebilir (Şekil 2).



Şekil-1. Sondaj yerleri bulduru haritası [6].



Şekil-2. Geç Pliyosen-Kuvaterner döneminde İzmit Körfezi'nde gözlenen farklı ortam ve fasiyeler [6].

İstifin daha üst bölümleri dikkate alındığında, koşulların denizelden tatlı su-acı su ve lagüner özelliğe dönüştüğü gözlenir. Bu bölümde foraminiferlere rastlanılmamış olması, ostrakodlardan *Loxochoncha* ve *Candona* gibi tatlı su tipleri ile pelesipodlardan *Dreissena*'nın varlığı bu varsayımı desteklemektedir (Şekil 2) [3, 4].

Tatlı su-acı su koşullarını simgeleyen ikinci düzeyin üst bölümlerinde denizel foraminifer ve diğer organizmaların artması, *Izmit Körfezi*'nde denizel koşulların yeniden etkisini göstermeye başladığını kanıtlamaktadır. Yine, kavkaları pirit kristalleri ile dolu *Brizalina spathulata* (Williamson) ve diğer foraminiferlerin fazlalaşması, ortamın derinleşerek anoksik koşulların tekrar hüküm sürdüğü derin bir denize dönüştüğünü açıklamaktadır (Şekil 2).

Bunu izleyen üst düzeylerde foraminifer topluluğunun dikkati çekecek şekilde tekrar azalması, tatlı su-acı su fasiyesini karakterize eden ostrakod ve pelesipodların fazlalaşması, körfezde ikinci kez gelişen tatlı su-acı su koşullarının varlığını ortaya koymaktadır (Şekil 2).

İncelenmiş olan Kuvaterner tortul istifinin üst düzeylerinde, alt bölümlerden çok farklı olarak Akdeniz tipi bir ortamın varlığı gözlenir (Şekil 2). Genç çökellerin içinde *Adelosina*, *Siphonaperta*, *Cycloforina*, *Lachlanella*, *Miliolinella*, *Hyalinea*, *Favulina*, *Amphicoryna*, *Planorbulina*, *Sphaerogypsina* ve *Lobatula* gibi cinsler egemendir (Şekil 3) [1, 5, 6].

II. TORTULLARIN YAŞI

İzmit Körfezi dip tortularından elde edilen paleontolojik yaş bulguları 118.45-106.00m arasında gözlenen *Discoaster brouweri* nannoplankton zonu'nun en alt düzeylerdeki varlığı ile *Geç Pliyosen* olarak belirlenmiştir [7]. Yaklaşık 1.700.000 yıl öncesine ait olduğu düşünülen bu bölümü, sayısal veriler değerlendirildiğinde *Erken Pleyistosen* çökelleri izler. Bununla ilgili en büyük sayısal değer 817.000 ± 105.000 yıldır. *Erken-Orta Pleyistosen* 693.000 ± 126.000 ile 186.000 ± 20.000 yıl ve *Geç Pleyistosen-Holosen* dönemi 35.200 ± 8.100 ve 500 ± 200 yıl değerleri ile temsil olunmaktadır [8, 9].

TERSİYER? - K U V A T E R N E R	ÜST PLEYİSTOSEN - HOLOSEN	<i>Spiroplectinella sagittula</i> , <i>Textularia aglutinans</i> , <i>T. sagittula</i> , <i>T. truncata</i> , <i>Adelosina cliarensis</i> , <i>A. intricata</i> , <i>A. mediterraneensis</i> , <i>A. pulchella</i> , <i>Spiroloculina angulosa</i> , <i>S. excavata</i> , <i>S. depressa</i> , <i>S. ornata</i> , <i>S. cf. tenuisepta</i> , <i>Siphonaperta aspera</i> , <i>S. dilatata</i> , <i>S. irregularis</i> , <i>Cycloforina colomi</i> , <i>C. contorta</i> , <i>C. juleana</i> , <i>C. rugosa</i> , <i>Lachlanella bicornis</i> , <i>L. undulata</i> , <i>Massilina secans</i> , <i>Quinqueloculina berthelotiana</i> , <i>Q. jugosa</i> , <i>Q. laevigata</i> , <i>Q. limbata</i> , <i>Q. seminula</i> , <i>Miliolinella labiosa</i> , <i>M. subrotunda</i> , <i>Pseudotriloculina laevigata</i> , <i>Pyrgo elongata</i> , <i>Triloculina marioni</i> , <i>T. tricarinata</i> , <i>Sigmolinita costata</i> , <i>Parrina bradyi</i> , <i>Dentalina leguminiformis</i> , <i>Lenticulina cultrata</i> , <i>Amphicoryna scalaris</i> , <i>Globulina myristiformis</i> , <i>Favulina hexagona</i> , <i>Brizalina alata</i> , <i>B. spathulata</i> , <i>Cassidulina carinata</i> , <i>Rectuvigerina phlegeri</i> , <i>Bulimina aculeata</i> , <i>B. elongata</i> , <i>B. marginata</i> , <i>Protoglobobulimina pupoides</i> , <i>Ruessella spinulosa</i> , <i>Valvulineria bradyana</i> , <i>Eponides repandus</i> , <i>Stomatobina concentrica</i> , <i>Neoconorbina orbicularis</i> , <i>Rosalina bradyi</i> , <i>R. globularis</i> , <i>Discorbinella berthelotiana</i> , <i>Cibicides floridanus</i> , <i>Cibicidina walli</i> , <i>Lobatula lobatula</i> , <i>Planorbulina mediterraneensis</i> , <i>Sphaerogypsina globula</i> , <i>Asterigerinata mamilla</i> , <i>Biasterigerina planorbis</i> , <i>Haynesina depressula</i> , <i>Nonionella turgida</i> , <i>Aubignyna perlucida</i> , <i>Ammonia compacta</i> , <i>A. parkinsoniana</i> , <i>A. tepida</i> , <i>Criboelphidium poeyanum</i> , <i>Porosonion subgranosum</i> , <i>Elphidium aculeatum</i> , <i>E. advenum</i> , <i>E. complanatum</i> , <i>E. crispum</i> , <i>E. macellum</i> .
	ALT-ORTA PLEYİSTOSEN	<i>Spiroloculina excavata</i> , <i>S. ornata</i> , <i>Quinqueloculina laevigata</i> , <i>Q. seminula</i> , <i>Miliolinella subrotunda</i> , <i>Brizalina alata</i> , <i>B. spathulata</i> , <i>Cassidulina carinata</i> , <i>Rosalina bradyi</i> , <i>Hyalinea baltica</i> , <i>Cibicides floridanus</i> , <i>Lobatula lobatula</i> , <i>Planorbulina mediterraneensis</i> , <i>Asterigerinata mamilla</i> , <i>Nonionella atlantica</i> , <i>N. turgida</i> , <i>Aubignyna perlucida</i> , <i>Ammonia compacta</i> , <i>A. parkinsoniana</i> , <i>A. tepida</i> , <i>Elphidium advenum</i> , <i>E. complanatum</i> , <i>E. crispum</i> , <i>E. macellum</i> .
	ÜST PLİYÖSEN ALT PLEYİSTOSEN	<i>Spiroloculina excavata</i> , <i>Quinqueloculina seminula</i> , <i>Brizalina alata</i> , <i>B. cf. dilatata</i> , <i>B. spathulata</i> , <i>Cassidulina carinata</i> , <i>Bulimina elongata</i> , <i>B. marginata</i> , <i>Valvulineria bradyana</i> , <i>Lobatula lobatula</i> , <i>Asterigerinata mamilla</i> , <i>Nonionella atlantica</i> , <i>N. turgida</i> , <i>Chilostomella mediterraneensis</i> , <i>Criboelphidium poeyanum</i> , <i>Elphidium complanatum</i> , <i>E. macellum</i> .

Şekil-3. *İzmit Körfezi*'nde Geç Pliyosen ve Kuvaterner'in farklı dönemlerini simgeleyen başlıca foraminifer cins ve türleri [6].

II. TARTIŞMA VE SONUÇ

Tortul istif ortamsal koşullar açısından değerlendirildiğinde *Geç Pliyosen-Erken Pleyistosen*'de körfezin derinliği 150.00-200.00 m arasında değişen, anoksik koşulların hüküm sürdüğü bir deniz etkisinde kaldığı, *Erken Pleyistosen*'de bu dönemi bir tatlı su-acı su evresinin izlediği ve yine *Erken Pleyistosen* sonlarında anoksik koşulların körfezde tekrarlandığı ortaya çıkmaktadır. Bu dönemi izleyen ikinci tatlı su-acı su evresi, sayısal değer olarak 185.000-35.000 yılları arasında, *İzmit Körfezi*'nde deniz etkisinin gözlenmediğini vurgulamaktadır. Son olarak da yörenin 35.000 yıldan beri devamlı olarak *Akdeniz* sularının etkisinde kaldığı anlaşılmaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] Meriç E, Yanko V, Avşar N. İzmit Körfezi (Hersek Burnu-Kaba Burun) Kuvaterner istifinin foraminifer faunası. İzmit Körfezi Kuvaterner istifi, Derleyen Meriç E. Sayfa 105-151, 1-13, 1995
- [2] Sgarella M, Moncharmont ZM. Benthic foraminifera of the Gulf of Naples (Italy): systematics and autoecology. *Buletino della Societa Paleontologica Italiana*, No. 32(2): Sayfa 145-264, 1-26, 1993
- [3] Gülen D, Kubanç C, Altınsaçlı S, İzmit Körfezi (Hersek Burnu-Kaba Burun) Kuvaterner istifinin ostrakod faunası. İzmit Körfezi Kuvaterner istifi, Derleyen Meriç E. Sayfa 153-171, 1-3, 1995
- [4] Taner G. İzmit Körfezi (Hersek Burnu-Kaba Burun) Kuvaterner istifinin pelesipod ve gastropod faunası. İzmit Körfezi Kuvaterner istifi, Derleyen Meriç E. Sayfa 219-239, 1-3, 1995
- [5] Meriç E, Sakınç M. Foraminifera. İstanbul Boğazı güneyi ve Haliç'in Geç Kuvaterner (Holosen) dip tortulları, Derleyen Meriç E. No. 3-4, 1990
- [6] Meriç E. İzmit Körfezi (Hersek Burnu-Kaba Burun) Kuvaterner'inin stratigrafisi ve ortamsal yorumu. İzmit Körfezi Kuvaterner istifi, Derleyen Meriç E. Sayfa 251-258, 1995
- [7] Toker V, Şengüler İ. İzmit Körfezi (Hersek Burnu-Kaba Burun) Kuvaterner istifinin nannoplankton florası. İzmit Körfezi Kuvaterner istifi, Derleyen Meriç E. Sayfa 173-178, 1995
- [8] Çetin O, Çetin T, Ukav İ. İzmit Körfezi (Hersek Burnu-Kaba Burun) Kuvaterner istifinde gözlenen mollusk kavkılarının Elektron Spin Rezonans (ESR) yöntemi ile tarihlendirilmesi. İzmit Körfezi Kuvaterner istifi, Derleyen Meriç E. Sayfa 269-276, 1995
- [9] Yanko V. Stratigraphy and paleogeography of the marine Pleistocene and Holocene deposits of the southern seas of the USSR. *Mem. Soc. Geol. It.* No. 44, Sayfa 167-187, 1990

HALIÇ GEÇ KUVATERNER (HOLOSEN) İSTİFİ FORAMİNİFER TOPLULUĞU VE ORTAMSAL ÖZELLİKLERDE GÖZLENELEN DEĞİŞİMLER

Engin Meriç¹, Ahmet C. Şamlı¹, Niyazi Avşar²

¹ İstanbul Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 34850 Avcılar-İstanbul

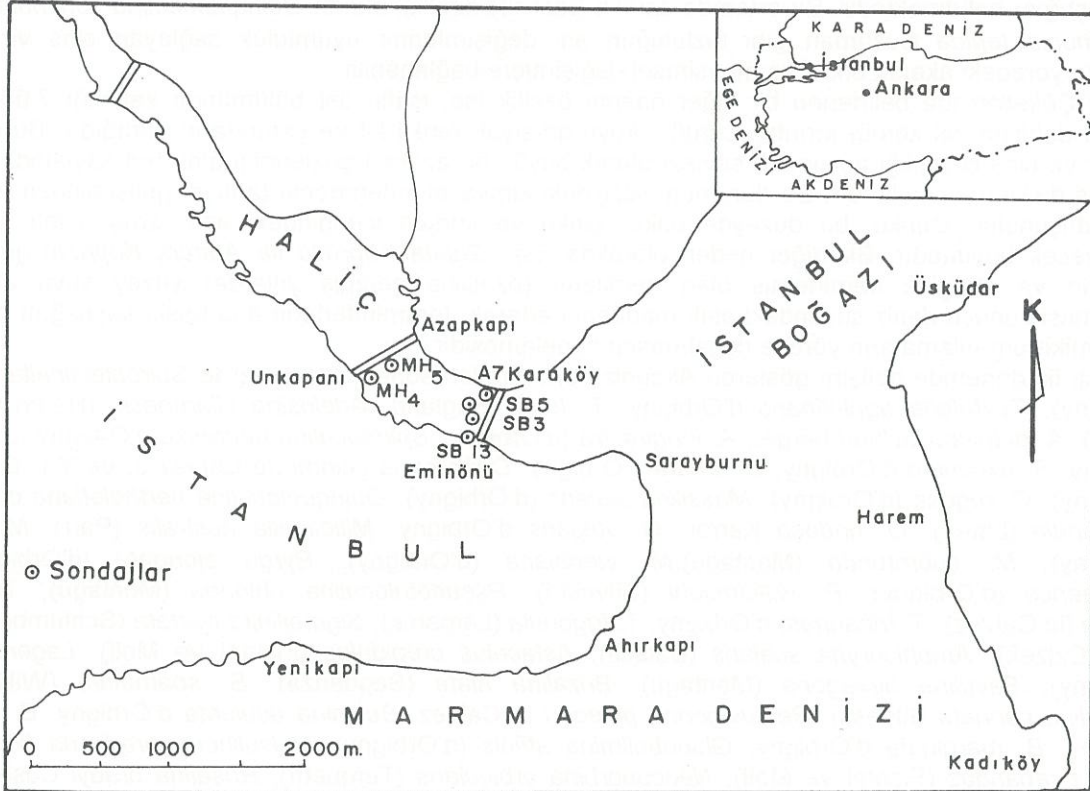
² Çukurova Üniversitesi, Müh.-Mim. Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 01330 Balçalı-Adana

Özetçe-Yeni Galata Köprüsü ile Metro Köprüsü inşaat ve projeleri nedeniyle Eminönü-Karaköy ve Unkapanı-Azapkapı arasında yapılmış olan 6 deniz sondajından derlenen tortul örneklerin içerdiği bentik foraminifer faunasının ve bunların yaşamış olduğu ortamların incelenmesi sonucunda Haliç'te Holosen (son 10.000 yıl) döneminde akarsu-deniz-acı su-deniz olarak dört ayrı devrenin varlığı belirlenmiştir.

I. GİRİŞ

Haliç'in Kuvaterner'deki gelişimini ortaya koymak amacı ile İstanbul Metrosu ve Yeni Galata Köprüsü ile ilgili çalışmalar sırasında yapılmış olan sondajlardan elde edilen örnekler incelenerek, mevcut tortul istifin yaklaşık 8.000 yıl gibi bir sürede çökelmiş olduğu belirlenmiştir [1].

Ekim 1985 ile Temmuz 1986 tarihleri arasında Haliç'te yapılmış olan MH-4, MH-5, A-7, SB-3, SB-5 ve SB-13 sondajlarından derlenmiş olan (Şekil 1) 107 adet örnek üzerinde yapılmış olan mikropaleontolojik çalışmalar ve bu örneklerin sedimentolojik incelemesi, kalınlığı 35.00-56.00m arasında değişen (MH-4, 47.50m; MH-5, 35.00m; A-7, 42.70m; SB-3, 52.30m; SB-5, 47.00m; SB-13, 56.00m) ve Haliç Çökelleri [2, 3] olarak adlandırılan, Paleozoyik yaşlı Trakya Formasyonu üzerinde uyumsuz olarak yer alan tortul istif, 2.00-9.00m kalınlıkta gri renkli, kumlu ve çakıllı çamur ile başlamaktadır [4, 5]. Bu düzeyi kil-çamur ardalanması izler ve en üstte de çamurlar gözlenir.



Şekil-1. Sondaj yerleri bulduru haritası.

II. FORAMİNİFER TOPLULUĞU

Haliç Çökelleri'nin foraminifer içeriği istifin taban bölümünden itibaren incelendiğinde, alt düzeylerde A-7 sondajı dışında yok denecek kadar az bir foraminifer topluluğu izlenir.

Üst düzeylere doğru MH-4 de 59.00-52.00m, MH-5 de 56.50-47.50m, A-7 de 70.00-63.50m, SB-3 de 72.00-56.00m, SB-5 de 72.00-60.00m ve SB-13 de 54.00-46.00m arasında foraminifer topluluğu cins ve tür sayısındaki artış, *Haliç*'te denizel ortamın varlığını ve buna bağlı olarak da *Akdeniz* kökenli foraminiferlerin baskınlığını kanıtlamaktadır. Daha üst düzeylerde cins ve tür sayısı açısından bir azalmanın varlığı gözlenirse de, MH-4 sondajında 46.50-40.50m, MH-5 sondajında 43.50-39.00m, A-7 sondajında 52.00-43.50m, SB-3 sondajında 54.00-34.50m, SB-5 sondajında 56.00-46.00m ve SB-13 sondajında da 29.00-25.00m arasında foraminifer topluluğu olarak yeniden bir bolluk düzeyi oluşmuştur. Bu sayısal değerleri izleyen üst düzeylerde ise, sayısal açıdan büyük bir azalmanın gözlenmesi, *Haliç*'deki kirlenmenin ilk belirtecidir.

Haliç Çökelleri'nin tabana yakın kesimlerinde *Quinqueloculina seminula* (Linné), *Brizalina spathulata* (Williamson), *Bulimina elongata* (d'Orbigny), *Haynesina depressula* (Walker ve Jacob), *Ammonia compacta* (Hofker), *A. tepida* Cushman ve *Elphidium crispum* (Linné)'un varlığı gözlenir. Bunlardan her türlü yaşam koşullarına uyum sağlayabilen *Ammonia tepida* Cushman dışında değinilen türlerin çoğu *Akdeniz* kökenlidir. Yaklaşık kalınlığı 7.00-12.00m arasında değişen bu düzeyi *Aubignyna perlucida* (Heron-Allen ve Earland) ile *Ammonia ammoniformis* Colom gibi acı su (delta ağızı) ortamında yaşayan türlerin baskın olduğu kil ve çamur katmanları izler. Bu topluluk içinde ikincil olarak bulunan *Bulimina elongata* d'Orbigny, *Nonionella turgida* (Williamson) ve *Ammonia compacta* (Hofker) *Haliç*'deki denizel ortamın etkisinin kısmen sürdüğünü ortaya koymaktadır.

Miliolinella subrotunda (Montagu), *Brizalina spathulata* (Williamson), *Cassidulina carinata* Silvestri, *Bulimina elongata* d'Orbigny, *Lobatula lobatula* (Walker ve Jacob), *Asterigerinata mamilla* (Williamson), *Ammonia compacta* (Hofker), *Criboelphidium poeyanum* (d'Orbigny), *Elphidium aculeatum* (d'Orbigny), *E. complanatum* (d'Orbigny), *E. crispum* (Linné), *E. macellum* (Fichtel ve Moll) gibi çoğunlukla *Akdeniz* kökenli cins ve türlerin egemen olarak bulunduğu bu son düzey, *Haliç*'de denizel ortamın ikinci ve son olarak baskınlaştığını belirtmektedir. Bu ortamda azınlık (resesif) özelliği sunan *Quinqueloculina seminula* (Linné) ve *Ammonia tepida* Cushman gibi tuzluluğun ani değişimlerine uyumluluk sağlayan cins ve türlerin bulunuşu, yöredeki akarsu etkisi ve mevsimsel değişimlere bağlanabilir.

Haliç Çökelleri'nde belirlenen bir diğer önemli özellik ise, istifin üst bölümünde kalınlığı 7.00-24.00m arasında değişen bol kömür kırıntılı, cürufllu, koyu gri-siyah renkli kil ve çamurların varlığıdır. Bu düzeyde önce tür ve cins çeşitliliği açısından sayısal olarak büyük bir azalma gözlemlendiği gibi, fert sayısında da hızlı bir düşüş dikkati çekmektedir. Bu durumun *Haliç*'deki kimyasal kirlenmenin tarihsel gelişiminden meydana geldiği düşünülmür. Çünkü, bu düzeyde bakır, çinko ve kurşun içeriğindeki aşırı artış, canlı gelişimini engelleyecek boyuttadır. Bir diğer neden olarak *Eski Galata Köprüsü* ile *Atatürk Köprüsü* gibi dubalı köprülerin ve *Haliç*'de demirlemiş olan gemilerin (özellikle geçmiş yıllarda) yüzey suyu akıntısını engellemesi sonucu deniz suyundaki asılı maddenin artarak, foraminiferlerin ana besin kaynağını oluşturan bitkisel mikroorganizmaların yörede çoğalmasını engellemesidir.

Farklı iki dönemde gelişim gösteren *Akdeniz* suyu girdileri sonucunda *Haliç*'de *Spiroplectinella sagittula* (d'Orbigny), *Textularia agglutinans* d'Orbigny, *T. bocki* Höglund, *Adelosina cliarenensis* (Heron-Allen ve Earland), *A. duthiersi* Schlumberger, *A. longirostra* (d'Orbigny), *Spiroloculina depressa* d'Orbigny, *S. dilatata* d'Orbigny, *S. excavata* d'Orbigny, *S. ornata* d'Orbigny, *Cycloforina colomi* (le Calvez J. ve Y.), *C. juleana* (d'Orbigny), *C. rugosa* (d'Orbigny), *Massilina secans* (d'Orbigny), *Quinqueloculina berthelotiana* d'Orbigny, *Q. seminula* (Linné), *Q. undosa* Karrer, *Q. vulgaris* d'Orbigny, *Miliolinella australis* (Parr), *M. labiosa* (d'Orbigny), *M. subrotunda* (Montagu), *M. webbiana* (d'Orbigny), *Pyrgo elongata* (d'Orbigny), *P. subsphaerica* (d'Orbigny), *P. williamsoni* (Silvestri), *Pseudotriloculina oblonga* (Montagu), *Triloculina adriatica* (le Calvez), *T. tricarinata* d'Orbigny, *T. trigonula* (Lamarck), *Sigmoilinita costata* (Schlumberger), *S. tenuis* (Czjzek), *Amphicoryna scalaris* (Batsch), *Astacolus crepidulus* (Fichtel ve Moll), *Lagena striata* (d'Orbigny), *Favulina hexagona* (Montagu), *Brizalina alata* (Seguenza), *B. spathulata* (Williamson), *Cassidulina carinata* Silvestri, *Rectuvigerina phlegeri* le Calvez, *Bulimina aculeata* d'Orbigny, *B. elongata* d'Orbigny, *B. marginata* d'Orbigny, *Globobulimina affinis* (d'Orbigny), *Valvulineria bradyana* (Fornasini), *Eponides repandus* (Fichtel ve Moll), *Neoconorbina orbicularis* (Terquem), *Rosalina bradyi* Cushman, *R. floridensis* (Cushman), *Discorbinella bertheloti* (d'Orbigny), *Hyalinea baltica* (Schröter), *Cibicidina walli* Bandy, *Lobatula lobatula* (Walker ve Jacob), *Planorbulina mediterraneensis* d'Orbigny, *Sphaerogypsina globula* (Reuss), *Asterigerinata mamilla* (Williamson), *Nonionella turgida* (Williamson), *Astronionion stelligerum* (d'Orbigny), *Chilostomella mediterraneensis* Cushman ve Todd, *Challengerella bradyi* Billman,

Hottinger ve Oesterle, *Criboelphidium poeyanum* (d'Orbigny), *Elphidium aculeatum* (d'Orbigny) ve *E. complanatum* (d'Orbigny) gibi çok zengin bir Akdeniz foraminifer topluluğu yerleşerek yaşamını sürdürmüştür (Şekil 2-7) [6-12].

DERİNLİK (m)	FORAMİNİFERA	Eggerella scabra	Adelosina ciarenis	Adelosina longirostra	Spiroloculina excavata	Spiroloculina ornata	Quinqueloculina seminula	Quinqueloculina vulgaris	Miliolinella subrotunda	Pyrgo subsphaerica	Pyrgo williamsoni	Sigmolinita tenuis	Amphicoryna scalaris	Lagena striata	Brizalina spatulata	Cassidulina carinata	Rectuvigerina phlegeri	Bulimina aculeata	Bulimina elongata	Bulimina marginata	Giobulimina affinis	Eponides repandus	Neocorbina orbicularis	Rosalina bradyi	Planorbula mediterraneensis	Chilostomella mediterraneensis	Nonionella turgida	Astronion stelligerum	Aubignyna perlucida	Ammonia tepida	Criboelphidium poeyanum	Elphidium aculeatum	Elphidium complanatum	Elphidium crispum		
35.95		●																																		
39.95																																				
41.45																																				
42.95																																				
46.45																																				
49.20																																				
52.85																																				
54.45																																				
55.85																																				
58.95																																				
64.45																																				
65.85																																				

Şekil- 2. Foraminifer cins ve türlerinin MH-4 sondajındaki stratigrafik dağılımı.

DERİNLİK (m)	FORAMİNİFERA	Textularia agglutinans	Textularia bocki	Adelosina ciarenis	Spiroloculina excavata	Cyctoforina colomi	Cyctoforina rugosa	Quinqueloculina seminula	Quinqueloculina vulgaris	Miliolinella subrotunda	Pyrgo elongata	Pyrgo williamsoni	Triloculina trigonula	Sigmolinita tenuis	Amphicoryna scalaris	Lagena striata	Brizalina spatulata	Cassidulina carinata	Rectuvigerina phlegeri	Bulimina elongata	Bulimina marginata	Giobulimina affinis	Valvulineria bradyana	Neocorbina orbicularis	Rosalina bradyi	Lobatula lobatula	Planorbula mediterraneensis	Astergerinata mamilla	Nonionella turgida	Aubignyna perlucida	Ammonia tepida	Challengerella bradyi	Criboelphidium poeyanum	Elphidium aculeatum	Elphidium complanatum	Elphidium crispum		
37.75																																						
39.50																																						
41.20																																						
43.25																																						
45.50																																						
48.00																																						
48.70																																						
50.50																																						
54.50																																						
56.50																																						
58.00																																						
62.00																																						
68.50																																						

Şekil - 3. Foraminifer cins ve türlerinin MH-5 sondajındaki stratigrafik dağılımı.

DERİNLİK (m)	FORAMİNİFERA																			
32.25																				
34.25																				
36.25																				
38.25																				
40.25																				
42.25																				
43.75																				
45.75																				
47.75																				
49.75																				
51.75																				
53.75																				
55.75																				
57.75																				
59.75																				
61.75																				
63.75																				
65.75																				
67.75																				
69.25																				
70.25																				

Şekil- 4. Foraminifer cins ve türlerinin A-7 sondajındaki stratigrafik dağılımı.

DERİNLİK (m)	FORAMİNİFERA																			
22.10																				
24.00																				
25.60																				
27.20																				
28.80																				
32.00																				
33.60																				
35.10																				
36.70																				
38.40																				
40.00																				
41.60																				
46.70																				
48.20																				
49.60																				
54.20																				
57.40																				
59.00																				

Şekil- 5. Foraminifer cins ve türlerinin SB-13 sondajındaki stratigrafik dağılımı.

DERİNLİK (m)	FORAMİNİFERA
40.00	Miliammina fusca
42.00	Spiroplectinella sagittula
46.00	Textularia bocki
48.00	Textularia truncata
52.00	Spirillina vivipara
56.00	Patellina corrugata
60.00	Adelosina cf. duthiersi
64.00	Adelosina mediterraneensis
68.00	Spiroloculina excavata
70.00	Spiroloculina ornata
72.00	Cycloforina contorta
	Lachlanella bicornis
	Massilina gualtieriana
	Quinqueloculina bidentata
	Quinqueloculina berthelotiana
	Quinqueloculina laevigata
	Quinqueloculina lata
	Quinqueloculina seminula
	Quinqueloculina ungeriana
	Quinqueloculina vulgaris
	Miliolinella elongata
	Miliolinella labiosa
	Miliolinella subrotunda
	Pyrgo elongata
	Triloculina marioni
	Triloculina tricarinata
	Sigmolinella tenuis
	Favulina hexagona
	Brizalina alata
	Brizalina spathulata
	Cassidulina carinata
	Rectuvigerina phlegeri
	Bulimina aculeata
	Bulimina elongata
	Bulimina marginata
	Valvulineria bradyana
	Eponides repandus
	Gavellinopsis praegeri
	Neoconorbina orbicularis
	Rosalina bradyi
	Rosalina cf. globularis
	Discorbinella bertheloti
	Hyalinea baltica
	Cibicides floridanus
	Cibicidina walli
	Lobatula lobatula
	Planorbulina mediterraneensis
	Asterigerinata mamilla
	Haynesina depressula
	Nonionella turgida
	Astrononion stelligerum
	Aubignyna perlucida
	Ammonia ammoniformis
	Ammonia compacta
	Ammonia parkinsoniana
	Ammonia tepida
	Criboelphidium poeyanum
	Elphidium aculeatum
	Elphidium advenum
	Elphidium complanatum
	Elphidium crispum
	Elphidium macellum

Şekil - 7. Foraminifer cins ve türlerinin SB-5 sondajındaki stratigrafik dağılımı.

Şekil - 6. Foraminifer cins ve türlerinin SB-3 sondajındaki stratigrafik dağılımı.

DERİNLİK (m)	FORAMİNİFERA
36.00	Spiroplectinella sagittula
38.00	Textularia bocki
40.00	Textularia truncata
42.00	Spirillina vivipara
44.00	Patellina corrugata
46.00	Adelosina mediterraneensis
48.00	Spiroloculina angulosa
50.00	Spiroloculina excavata
52.00	Spiroloculina ornata
54.00	Cycloforina colomi
56.00	Cycloforina contorta
58.00	Cycloforina juleana
60.00	Cycloforina rugosa
62.00	Lachlanella bicornis
64.00	Quinqueloculina berthelotiana
66.00	Quinqueloculina cf. bidentata
68.00	Quinqueloculina laevigata
70.00	Quinqueloculina seminula
72.00	Quinqueloculina vulgaris
	Miliolinella dilatata
	Miliolinella elongata
	Miliolinella labiosa
	Miliolinella subrotunda
	Pyrgo elongata
	Triloculina marioni
	Triloculina rotunda
	Triloculina tricarinata
	Brizalina alata
	Brizalina dilatata
	Brizalina spathulata
	Cassidulina carinata
	Rectuvigerina phlegeri
	Bulimina aculeata
	Bulimina elongata
	Bulimina marginata
	Valvulineria bradyana
	Stomatorbina concentrica
	Gavellinopsis praegeri
	Neoconorbina orbicularis
	Rosalina bradyi
	Hyalinea baltica
	Cibicides floridanus
	Cibicidina walli
	Lobatula lobatula
	Planorbulina mediterraneensis
	Asterigerinata mamilla
	Haynesina depressula
	Nonionella turgida
	Astrononion stelligerum
	Aubignyna perlucida
	Ammonia ammoniformis
	Ammonia compacta
	Ammonia parkinsoniana
	Ammonia tepida
	Challengerella bradyi
	Elphidium aculeatum
	Elphidium advenum
	Elphidium complanatum
	Elphidium crispum
	Elphidium macellum

III. TORTULLARIN YAŞI

Haliç'de yapılmış olan sondajlardan A-7 sondajına ait 3 farklı düzeyden elde edilen mollusk kavkılarının ESR (*Elektron Spin Rezonans*) yöntemi ile tarihlendirilmesi yapılmış, 69.85-70.25m de 7.400 ± 1.300 yıl, 51.35-51.75m'de 6.100 ± 1.300 yıl ve 45.85-46.25m de ise 5.700 ± 1.800 yıl gibi sayısal değerler elde edilmiştir [1].

IV. TARTIŞMA VE SONUÇ

Özellikle *Kuvaterener* çökellerinin tabanını oluşturan ve akarsu kökenli olduğu düşünülen çakıllı ve kumlu çamurlar arasındaki kumlu çamur merceği içinde gözlenen *Akdeniz* kökenli *Textularia agglutinans* d'Orbigny, *Adelosina longirostra* (d'Orbigny) ve *Pyrgo williamsoni* (Silvestri)'nin varlığı, ilk *Akdeniz* suyunun *Haliç*'e günümüzden 7.400 ± 1.300 yıl önce girerek etkinliğini giderek arttırdığını ortaya koymaktadır [3].

KAYNAKLAR

- [1] Göksu HY, Özer AM, Çetin O. Mollusk kavkılarının Elektron Spin Rezonans (ESR) yöntemi ile tarihlendirilmesi. İstanbul Boğazı güneyi ve Haliç'in Geç Kuvaterener (Holosen) dip tortulları. Derleyen Meriç E. Sayfa 95-97, 1990
- [2] Meriç E, Sakınç M, Eroskay SO. İstanbul Boğazı ve Haliç Çökelleri'nin evrim modeli. Mühendislik Jeol. Bült., No. 10 Sayfa 10-14, 1988
- [3] Derman S. Genç çökellerin (Holosen) sedimentolojik özellikleri ve ortamsal yorumu. İstanbul Boğazı güneyi ve Haliç'in Geç Kuvaterener (Holosen) dip tortulları, Derleyen Meriç E. Sayfa 5-12, 1990
- [4] Kaya O. İstanbul'un Karbonifer stratigrafisi. TJK Bült., No. 14(2): Sayfa 143-199, 1971
- [5] Kaya O. Paleozoic of İstanbul. Ege Üniv. Fen Fak. Kitapları serisi, No. 40 Sayfa 143, 1973
- [6] Cimerman F, Langer MR. Mediterranean foraminifera. 118 s ve 93 levha, Ljubljana, 1991
- [7] Hottinger L, Halicz E, Reiss Z. Recent foraminiferida from the Gulf of Aqaba, Red Sea. Slovenska Akademija Znanosti in Umetnosti, Academia Scientiarum et Artium Slovenica, Ljubljana. 179 s ve 230 levha, 1993
- [8] Loeblich Jr A R, Tappan H. Foraminiferal genera and their classification. Van Nostrand Reinhold Company, New York, 970 s ve 842 levha, 1988
- [9] Meriç E, Sakınç M. Foraminifera. İstanbul Boğazı güneyi ve Haliç'in Geç Kuvaterener (Holosen) dip tortulları, 13-41, 1-7, Ed. Meriç, 1990
- [10] Sgarrella F, Moncharmont-ZM. Benthic foraminifera of the Gulf of Naples (Italy), systematic and autoecology. Bolletino della Societa Paleontologica Italiana. No. 32(2): Sayfa 145-264, 1-26, 1993
- [11] Şamlı AC. Haliç güncel çökellerinin mikropaleontolojik incelemesi. İ. Ü. Deniz Bilimleri ve İşletmeciliği Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 69 s ve 4 levha, 1995
- [12] Yanko V. Quaternary foraminifera of the southern seas of the USSR (Pontian-Caspian region) (Classification, ecology, biostratigraphy, history of development, indicator of environment). D. Sc. Dissertation, Moscow University, No.2, 924 s, 1989

BOZCAADA KIYILARINDA BULUNAN PROSOBRANCHIA (GASTROPODA, MOLLUSCA) KAVKILARI

BAKI YOKEŞ

Boğaziçi Üniversitesi Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü

Özetçe-Ağustos-Eylül 1994 tarihleri arasında *Bozcaada* kıyılarında kurulan 5 ayrı istasyonda yumuşakçalara (Mollusca) ait kavkılar toplandı. Dalgalar tarafından sahile taşınan yumuşakça kavkılarının oluşturduğu kümeler ve 0-14 metre derinlikler arasında, kavkılarının yoğun olduğu bölgelerdeki zemin yüzeyinde bulunan materyal, farklı boyutlarda gözlere sahip eleklerden geçirilerek içlerinde yer alan yumuşakça kavkıları ayrıldı. Ayrıca kavkılarının seyrek bulunduğu alanlarda da doğrudan toplama yapıldı. Örnek toplamada Boğaziçi Üniversitesi Sualtı Sporları Kulübü üyesi 22 dalıcı görev aldı. Toplanan örneklerin tanımlanması yazar tarafından Boğaziçi Üniversitesi Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü laboratuvarında gerçekleştirildi. Yalnızca *Prosobranchia* (Gastropoda, Mollusca) alt sınıfına giren bireyleri kapsayan bu makalede tayinleri yapılmış 204 türün sınıflandırılması yer almaktadır. Türlerin isimlendirilmelerinde *Società Italiana di Malacologia* (İtalyan Malakoloji Topluluğu) tarafından kullanılan ve Avrupa genelinde kabul edilen sınıflandırma sistemi kullanıldı. Toplanan materyal arasında infralittoral bölgede yaşadıkları bilinen *Gibbula magus* ve *Gibbula guttadauri* örneklerine de rastlandı. Örnek toplama sırasında dalıcıların kullanılmasının zaman ve bulunan tür sayısı açısından çalışmanın verimini arttırdığı görüldü.

I.GİRİŞ

Hayvanlar aleminin en kalabalık filumlarından biri olan *Mollusca* filumunun bireyleri kavkıları nedeniyle bilimadamlarının yanısıra amatör ve profesyonel kolleksiyoncuların da ilgi odağı olmuştur. Bunun sonucu olarak İtalyan, Fransız ve İngiliz bilimadamlarının önderliğinde 20. yüzyıl başlarına kadar yapılan yoğun çalışmalarla Avrupa denizlerinde bulunan türlerin büyük bir çoğunluğu tanımlanmıştır. Fakat filumun en çok tür içeren *Prosobranchia* alt sınıfının taksonomisinde, canlı örnek bulma zorluğu ve bazı ailelerde görülen varyasyon çokluğu nedenlerinden ötürü hala bazı problemlerle karşılaşmaktadır.

Türkiye denizlerinde bulunan *Prosobranchia* türlerine ait yerli ve yabancı çalışmalar bulunmaktadır. Yerli çalışmalardan biri *Istanbul Boğazi ve Istanbul Adaları*'nı[1], diğeri ise *Karadeniz kıyılarındaki yumuşak çamur zeminleri* kapsamaktadır[2]. Türkiye'nin Akdeniz'in doğusunda yer alması nedeniyle *Süveyş Kanalı* aracılığıyla *Kızıldeniz*'den *Akdeniz*'e geçen lesepsiyen türleri barındırması, yabancı araştırmacıların *Akdeniz* kıyılarımızı tercih etmelerine neden olmaktadır. Ancak bu çalışmaların çoğunluğu lesepsiyen türleri içermekte ve *Akdeniz* kıyılarımızın geneline yöneliktir[3-7]. Bu çalışmalarda tanımlanan bazı türlerin Akdeniz'de sadece Türkiye kıyılarında buldukları belirtilmektedir (*Amati B* vd.1987, *Barash* vd. 1977, *EnzenroB* vd. 1987, *Falchi* vd 1974, *Linder* 1987, *Niederhöfer* vd. 1991, *Tringali* vd. 1990, *Buzzaro* vd 1994, *Cecalupo* vd 1995, *Houart* vd. 1995, *Micali* vd. 1992) [8]. Türkiye kıyılarında yapılmış en kapsamlı çalışma 1996 yılında *Taşucu*'nda gerçekleştirilmiştir[8]. *Ege Denizi* malakofaunası üzerine araştırma yapan bilimadamlarının genellikle Yunanistan ve Güney Ege Adaları kıyılarını seçtikleri görülmektedir[9-11]. Yararlanılan diğer kaynakların bazılarında ise yazarların Türkiye seyahatleri sırasında toplamış oldukları örneklerle de yer verdikleri görülmektedir [12,13]. Literatürde *Bozcaada* kıyıları üzerine geniş kapsamlı bir çalışmaya rastlanmamaktadır.

Bozcaada kıyılarında toplanan *Prosobranchia* kavkılarının tayinlerini içeren bu makale, *Bozcaada* kıyılarında yaşayan tüm *Mollusca* türlerini kapsayan geniş kapsamlı çalışmanın bir bölümüdür. Diğer kıyılarımızda benzer lokal çalışmalar yapılmamış olduğu için, çalışmada elde edilen veriler benzer çalışmaların tüm kıyılarımızda ve tüm derinliklerde yapılmasından sonra anlam kazanacaktır. Bu makale ileride yapılacak çalışmalara bir basamak teşkil etmektedir.

II.YÖNTEM

Ağustos 1993 ve Mart 1994 tarihlerinde *Bozcaada* kıyıları dolaşarak yumuşakça kavkılarının yoğun olduğu bölgeler tespit edildi ve çalışma sırasında kurulacak istasyonların yerlerine karar verildi. Araştırmaya katılacak dalıcılar, Nisan-Haziran 1994 tarihleri arasında düzenlenen seminerlerle, yumuşakçaların biyolojileri, habitatları ve sınıflandırılmaları konularında bilgilendirildiler.

Örnek toplama Ağustos-Eylül 1994 tarihleri arasında Boğaziçi Üniversitesi Sualtı Sporları Kulübü (BÜSAS) üyesi 22 dalıcı tarafından ada kıyılarına kurulan 5 ayrı istasyonda gerçekleştirildi (Şekil 1).

Yapılan kıyı çalışmalarında, dalgalar tarafından sahile taşınan yumuşakça kavkılarının yoğun olduğu alanlar işaretlendi. Bu alanlarda yüzey materyali 5cm derinliğe kadar kazılarak toplandı. Toplanan taş, kum ve kavkı karışımı farklı boyutlarda gözeneklere sahip olan üç ayrı elekten geçirildi. 1.5mmX1.5mm boyutlarında gözenekleri bulunan elekten geçebilen materyal büyüteç altında incelenirken daha büyük

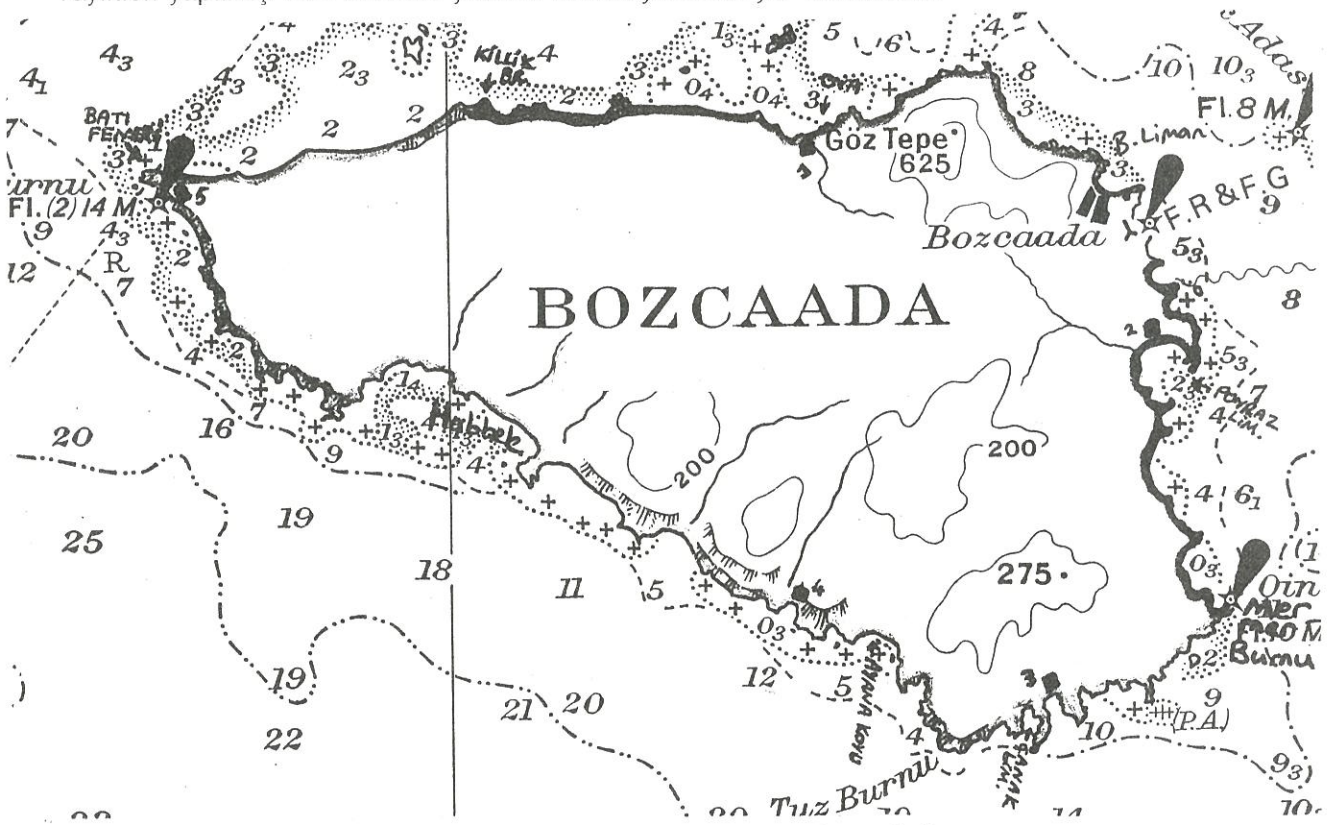
boyutlardaki materyal çıplak gözle incelendi ve yumuşakçalara ait kavkılar ayrıldı. Kavkıların seyrek bulunduğu bölgeler de ise eleme işlemi gerçekleştirilmeden, kavkılar doğrudan elle toplandı.

Karada yürütülen toplama çalışmalarının aynısı sualtında da gerçekleştirildi. Oluşturulan ekipler 0-14 metre derinlikler arasında, kavkıların yoğun olduğu bölgelerde, zemin yüzeyinde bulunan materyali kürekle toplayarak kıyıya taşıdılar. Ayrıca kavkıların seyrek bulunduğu alanlarda da doğrudan toplama yapıldı.

Çalışma sadece kavkılara yönelik olup, canlı örnekler toplanmadı. Fakat tayini yapıldığı halde ada kıyılarındaki varlığı şüpheli sayılabilecek türlerin canlı örnekleri de dalıcılar tarafından arandı.

Çalışma boyunca toplanan örneklerin tanımlanması yazar tarafından *Boğaziçi Üniversitesi Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü* laboratuvarında gerçekleştirildi. Türlerin tanımlanmasında özellikle Akdeniz ve Ege Denizini içeren yayınlardan yararlandı [11-45]. Tür isimleri, *Società Italiana di Malacologia (İtalyan Malakoloji Topluluğu)* tarafından yayınlanan ve Avrupa genelinde kabul edilen sınıflandırma sistemi baz alınarak güncelleştirildi [46-48]. Literatürdeki tanımlamaları yetersiz olan türlerin ve şüpheli örneklerin tayin çalışmalarına halen devam edilmektedir.

Tayinleri yapılmış olan örnekler yazarın koleksiyonunda yer almaktadır.



Şekil-1. Kurulan istasyonların yerleri ve çalışma alanları

■ İstasyonların kuruldukları noktalar.

1 numaralı istasyonun çalışma alanı: Killik Burnu-İlçe limanı arası.

2 numaralı istasyonun çalışma alanı: İlçe limanı-Mermer Burnu arası.

3 numaralı istasyonun çalışma alanı: Mermer Burnu-Ayana Koyu arası.

4 numaralı istasyonun çalışma alanı: Ayana Koyu-Habbele arası.

5 numaralı istasyonun çalışma alanı: Habbele-Killik Burnu arası.

III.BULGULAR

Ekim 1994-Nisan 1996 tarihleri arasında yapılan tanımlama çalışmalarında, *Prosobranchia* alt sınıfında yer alan 204 türün tayini gerçekleştirilmiştir. Tablo I'de toplanan kavkılar arasında az sayıda bulunan türlere ait örneklerin sayıları ve buldukları istasyonlar gösterilmiştir. Tablo I'de yer alan türler haricindeki türlere ait örnekler her istasyonda, hem deniz dibi hem de kıyı materyali arasında bolca rastlanmıştır (her istasyonda en az 10 örnek).

TAYİN EDİLEN TÜRLERİN SINIFLANDIRILMASI:

Clasis **GASTROPODA** Cuvier,1797

Subclasis **PROSOBRANCHIA** Milne Edwards,1848

Superordo **ARCHAEOGASTROPODA** Thiele,1925

Ordo **DOCOGLOSSA** Troschel,1866

Superfamilia **PATELLOIDEA** Rafinesque,1815

Familia **PATELLIDAE** Rafinesque,1815

Genus **Patella** Linné,1758

Subgenus **Patella** s.str.

Patella (Patella) caerulea Linné,1758

Patella (Patella) rustica Linné,1758

Patella (Patella) ulyssiponensis Gmelin,1791

Superfamilia **ACMAEOIDEA** Forbes,1850

Familia **ACMAEIDAE** Carpenter,1857

Genus **Acmaea** Eschscholtz,1833

Subgenus **Tectura** Gray J.E.,1847

Acmaea (Tectura) virginea (Mueller O.F.,1776) [Patella]

Ordo **COCCULINIFORMIA** Haszprunar,1981

Superfamilia **LEPETELLOIDEA** Dall,1882

Familia **LEPETELLIDAE** Dall,1881

Genus **Lepetella** Verrill,1880

Lepetella labronica (Bogi,1984) [Cocculina]

Ordo **NERITOPSINA** Cox & Knigth,1960

Superfamilia **NERIDOIDEA** Rafinesque,1815

Familia **NERITIDAE** Rafinesque,1815

Subfamilia **SMARAGDIINAE** Baker,1923

Genus **Smaragdia** Issel,1869

Smaragdia viridis (Linné,1758) [Nerita]

Ordo **VETIGASTROPODA** Salvini-Plawen & Haszprunar,1987

Superfamilia **FISSURELLOIDEA** Fleming,1822

Familia **FISSURELLIDAE** Fleming,1822

Subfamilia **DIODORINAE** Odhner,1932

Genus **Diodora** Gray,1821

Diodora gibberula (Lamarck,1822) [Fissurella]

Diodora graeca (Linné,1758) [Patella]

Diodora producta (Monterosato,1880) [Fissurella]

Subfamilia **EMARGINULINAE** Gray J.E.,1834

Genus **Emarginula** Lamarck,1801

Emarginula compressa Cantraine,1835

Emarginula octaviana Coen,1939

Emarginula sicula Gray J.E.,1825

Genus **Emarginella** Pilsbry,1891

Emarginella huzardii (Payraudeau,1824) [Emarginula]

Superfamilia SCISSURELLOIDEA Gray J.E.,1847
Familia **SCISSURELLIDAE** Gray J.E.,1847
Genus **Scissurella** D'Orbigny,1824
Scissurella costata D'Orbigny,1824

Superfamilia HALIOTIDEA Rafinesque,1815
Familia **HALIOTIDAE** Rafinesque,1815
Genus **Haliotis** Linné,1758
Haliotis tuberculata lamellosa Lamarck,1822

Superfamilia TROCHOIDEA Rafinesque,1815
Familia **TROCHIDAE** Rafinesque,1815

Subfamilia TROCHINAE Rafinesque,1815

Genus **Clanculus** Montfort,1810

Subgenus **Clanculus** s.str.

Clanculus (Clanculus) corallinus (Gmelin,1791) [Trochus]

Subgenus **Clanculopsis** Monterosato,1888

Clanculus (Clanculopsis) cruciatus (Linné,1758) [Trochus]

Subfamilia CALLIOSTOMATINAE Thiele,1924

Genus **Calliostoma** Swainson,1840

Subgenus **Calliostoma** s.str.

Calliostoma (Calliostoma) conulus (Linné,1758) [Trochus]

Calliostoma (Calliostoma) dubium (Philippi,1844) [Trochus]

Calliostoma (Calliostoma) laugierii laugierii (Payraudeau,1826) [Trochus]

Calliostoma (Calliostoma) zizyphinum (Linné,1758) [Trochus]

Subfamilia GIBBULINAE Stoliczka,1868

Genus **Gibbula** Risso,1826 ex Leach ms.

Subgenus **Gibbula** s.str.

Gibbula (Gibbula) albida (Gmelin,1791) [Trochus]

Gibbula (Gibbula) ardens (Von Salis,1793) [Trochus]

Gibbula (Gibbula) magus (Linné,1758) [Trochus]

Subgenus **Collicus** Monterosato,1888

Gibbula (Collicus) adansoni adansoni (Payraudeau,1826) [Trochus]

Gibbula (Collicus) spratti (Forbes,1844) [Trochus]

Gibbula (Collicus) turbinoides (Deshayes,1835) [Trochus]

Subgenus **Foskalena** Iredale,1918

Gibbula (Foskalena) fanulum (Gmelin,1791) [Trochus]

Gibbula (Foskalena) guttadauri (Philippi,1836) [Trochus]

Subgenus **Phorcus** Risso,1826

Gibbula (Phorcus) richardi (Payraudeau,1826) [Monodonta]

Gibbula (Phorcus) philberti (Récluz,1843) [Trochus]

Gibbula (Phorcus) varia (Linné,1758) [Trochus]

Subgenus **Steromphala** Gray,1847 ex Leach ms.

Gibbula (Steromphala) divaricata (Linné,1758) [Trochus]

Gibbula (Steromphala) rarilineata (Michaud,1829) [Trochus]

Subgenus **Tumulus** Monterosato,1888

Gibbula (Tumulus) umbilicaris (Linné,1758) [Trochus]

Subfamilia MONODONTINAE Gray J.E.,1856

Genus **Osilinus** Philippi,1847

Osilinus articulata Lamarck,1822

Osilinus mutabilis (Philippi,1846) [Trochus]

Osilinus turbinata (Von Braun,1778) [Trochus]

Genus **Jujubinus** Monterosato,1884

Jujubinus exasperatus (Pennant,1777) [Trochus]

Jujubinus striatus striatus (Linné,1758) [Trochus]

Familia **COLLONIDAE** Cossmann,1916

Genus **Homalopoma** Carpenter,1864

Homalopoma sanquineum (Linné,1758) [Turbo]

Familia **TRICOLIDAE** Robertson,1985

Genus **Tricolia** Risso,1826

Tricolia pullus pullus (Linné,1758) [Turbo]

Tricolia speciosa (Von Muehlfeldt,1824) [Turbo]

Tricolia tenuis (Michaud,1829) [Phasianella]

Familia **TURBINIDAE** Rafinesque,1815

Subfamilia **ASTRAEINAE** Davies,1933

Genus **Bolma** Risso,1826

Bolma rugosa (Linné,1758) [Turbo]

Superordo **CEANOCASTROPODA** Cox,1959

Ordo **NEOTAENIOGLOSSA** Haller,1882

Subordo **DISCOPODA** Ficher P.,1884

Superfamilia **CERITHIOIDEA** Férussac,1819

Familia **CERITHIIDAE** Férussac,1819

Genus **Cerithium** Bruguière,1789

Cerithium rupestre Risso,1826

Cerithium vulgatum Bruguière,1792

Genus **Bittium** Gray,1847 ex Leach ms.

Bittium atticum Nordsieck,1976

Bittium depauperatum Watson,1897

Bittium jadertinum (Brusina,1865) [Cerithium]

Bittium latreillii (Payraudeau,1826) [Cerithium]

Bittium reticulatum (Da Costa,1778) [Strombiformis]

Familia **FOSSARIDAE** Troschel,1861

Genus **Fossarus** Philippi,1841

Fossarus ambiguus (Linné,1758) [Helix]

Familia **POTAMIDIDAE** Adams H. & A.,1854

Genus **Pirenella** Gray,1847

Pirenella conica (Blainville,1826) [Cerithium]

Familia **TURRITELLIDAE** Lovén,1847

Subfamilia **TURRITELLINAE** Lovén,1847

Genus **Turritella** Lamarck,1799

Turritella communis Risso,1826

Turritella turbona Monterosato,1877

Superfamilia **LITTORINOIDEA** Gray J.E.,1840

Familia **LITTORINIDAE** Gray J.E.,1840

Subfamilia **LITTORINIDINAE** Gray J.E.,1840

Genus **Littorina** Férussac,1822

Subgenus **Melaraphe** Menke,1828

Littorina (Melaraphe) neritoides (Linné,1758) [Turbo]

Superfamilia **RISSOOIDEA** Gray J.E.,1847

Familia **RISSOIDAE** Gray J.E.,1847

Subfamilia **RISSOINAE** Gray J.E.,1847

Genus **Rissoa** Fremenville in Desmarest,1814

Rissoa auriscalpium (Linné,1758) [Turbo]

Rissoa decorata Philippi,1846

Rissoa guerini Récluz,1843

Rissoa labiosa (Montagu,1803) [Helix]

Rissoa lia (Monterosato,1884 ex Benoit ms.) [Apicularia]

Rissoa similis Scacchi,1836

Rissoa splendida Eichwald,1830

Rissoa variabilis (Von Muehlfeldt,1824) [Turbo]

Rissoa violecea violacea Desmarest,1814

Genus **Alvania** Risso,1826

Subgenus **Alvania** s.str.

- Alvania (Alvania) beani* (Hanley in Thorpe,1844) [Cingula]
- Alvania (Alvania) cancellata* (D'Orbigny,1839) [Rissoa]
- Alvania (Alvania) cimex* (Linné,1758) [Turbo]
- Alvania (Alvania) cimicoides* (Forbes,1844) [Rissoa]
- Alvania (Alvania) colossophilus* Oberling,1970
- Alvania (Alvania) discors* (Allan,1818) [Turbo]
- Alvania (Alvania) dorbignyi* (Audouin,1827) [Rissoa]
- Alvania (Alvania) geryonia* (Nardo,1847 ex Chiereghini ms.) [Rissoa]
- Alvania (Alvania) lactea* (Michaud,1832) [Rissoa]
- Alvania (Alvania) lineata* Rissoa,1826
- Alvania (Alvania) littoralis* (Nordsieck,1972) [Turbona elegantissima var.]
- Alvania (Alvania) rudis* (Philippi,1844) [Rissoa]

Subgenus **Galeodina** Monterosato,1884

- Alvania (Galeodina) carinata* (Da Costa,1778) [Turbo]

Genus **Cingula** Fleming,1828

- Cingula cingillus* (Montagu,1798) [Turbo]

Genus **Manzonina** Brusina,1870

Subgenus **Manzonina** s.str.

- Manzonina (Manzonina) crassa* (Kanmacher,1798) [Turbo]

Genus **Pusillina** Monterosato,1884

- Pusillina benzi* (Aradas & Maggiore,1844) [Paludina]
- Pusillina inconspicua* (Alder,1844) [Rissoa]
- Pusillina marginata* (Michaud,1832) [Rissoa]
- Pusillina parva* (Da Costa,1778) [Turbo]

Subfamilia **RISSOINNAE** Stimpson,1865

Genus **Rissoina** D'Orbigny,1840

- Rissoina bruguieri* (Payraudeau,1826) [Rissoa]
- Familia **ADEORBIDAE** Monterosato,1884

Subfamilia **ADEORBINAE** Monterosato,1884

Genus **Circulus** Jeffreys,1865

- Circulus tricarinatus* (Wood,1848) [Adeorbis]
- Familia **CAECIDAE** Gray M.E.,1850

Subfamilia **CAECINAE** Gray M.E.,1850

Genus **Caecum** Fleming,1813

- Caecum auriculatum* De Folin,1868
 - Caecum glabrum tenue* Milaschewitsch,1911
 - Caecum subannulatum* De Folin,1870
 - Caecum trachea* (Montagu,1803) [Dentalium]
- Familia **HYDROBIIDAE** Troschel,1857

Subfamilia **LITTORIDININAE** Gray,1857

Genus **Heleobia** Stimpson,1865

- Heleobia stagnorum* (Gmelin,1791) [Helix]
- Familia **TORNIDAE** Sacco,1896

Genus **Tornus** Turton & Kingston,1830

- Tornus subcarinatus* (Montagu,1803) [Helix]
- Familia **TRUNCATELLIDAE** Gray J.E.,1840

Genus **Truncatella** Risso,1826

- Truncatella subcylindrica* (Linné,1767) [Helix]

Superfamilia **STROMBOIDEA** Rafinesque,1815

Familia **APORRHAIIDAE** Gray,1850

Genus **Aporrhais** Da Costa,1758

- Aporrhais pespelacani* (Linné,1758) [Strombus]

Superfamilia **VANIKOROIDEA** Gray J.E.,1840

Familia **VANIKORIDAE** Gray J.E.,1840

Genus **Macromphalus** Wood S.V.,1842

- Macromphalus abylenis* Warén & Bouchet,1988

Familia **CALYPTRAEIDAE** Lamarck,1809

Genus **Calyptraea** Lamarck,1799

Calyptraea chinensis (Linné,1758) [Patella]

Genus **Crepidula** Lamarck,1799

Crepidula gibbosa DeFrance,1818

Crepidula unguiformis Lamarck,1822

Superfamilia VERMETOIDEA Rafinesque,1815

Familia **VERMETIDAE** Rafinesque,1815

Genus **Serpulorbis** Sassi,1827

Serpulorbis arenaria (Linné,1767) [Serpula]

Superfamilia **CYPRAEOIDEA** Rafinesque,1815

Familia **CYPRAEIDAE** Rafinesque,1815

Genus **Erosaria** Troschel,1863

Erosaria spurca (Linné,1758) [Cypraea]

Genus **Luria** Jousseau,1844

Luria lurida (Linné,1758) [Cypraea]

Superfamilia **NATICIOIDEA** Forbes,1838

Familia **NATICIDAE** Forbes,1838

Subfamilia NATICINAE Forbes,1838

Genus **Natica** Scopoli,1777

Subgenus **Natica** s.str.

Natica (Natica) dillwynii Payraudeau,1826

Subgenus **Naticarius** Duméril,1806

Natica (Naticarius) hebraea (Martyn,1784) [Nerita]

Natica (Naticarius) stermuscarum (Gmelin,1791) [Nerita]

Subfamilia POLINICINAE Gray J.E.,1847

Genus **Euspira** Agassiz,1838

Euspira guillemini (Payraudeau,1826) [Natica]

Euspira nitida (Donovan,1804) [Nerita]

Genus **Neverita** Risso,1826

Neverita josephina Risso,1826

Superfamilia **TONNOIDEA** Suter,1913

Familia **TONNIDAE** Suter,1913

Genus **Tonna** Brunnich,1771

Tonna galea (Linné,1758) [Buccinum]

Familia **CASSIDAE** Latreille,1825

Genus **Phalium** Link,1807

Phalium granulatum (Born,1178) [Buccinum]

Familia **RANELLIDAE** Gray J.E.,1854

Subfamilia CYMATIINAE Iredale,1913 (1891)

Genus **Charonia** Gistel,1848

Charonia tritonis variegata (Lamarck,1816) [Triton]

Subordo **PTENOGLOSSA** Gray J.E.,1853

Superfamilia **TRIPHOROIDEA** Gray J.E.,1853

Familia **TRIPHORIDAE** Gray J.E.,1853

Subfamilia TRIPHORINAE Gray J.E.,1853

Genus **Marshallora** Bouchet,1984

Marshallora adversa (Montagu,1803) [Murex]

Genus **Monophorus** Granata Grillo,1877

Monophorus perversus (Linné,1758) [Trochus]

Subfamilia METAXIINAE Marshall,1977

Genus **Metaxia** Monterosato,1884

Metaxia metaxa (Della Chiaje,1828) [Murex]

Familia **CERITHIOPSIDAE** Adams H. & A.,1853

- Genus **Cerithiopsis** Forbes & Hanley,1851
Cerithiopsis tubercularis (Montagu,1803) [Murex]
Genus **Dizoniopsis** Sacco in Bellardi Sacco,1895
Dizoniopsis bilineata (Hoernes,1848) [Cerithium]

Superfamilia **JANTHINOIDEA** Lamarck,1810

Familia **ACLIDIDAE** Sars G.O.,1878

- Genus **Aclis** Lovén,1846
Aclis minor (Brown,1827) [Turritella]
Familia **EPITONIIDAE** Berry S.S.,1910 (1812)

Subfamilia EPITONINAE Berry S.S.,1910

- Genus **Epitonium** Roeding,1798
Epitonium commune (Lamarck,1822) [Scalaria]
Epitonium turtoni (Turton,1819) [Turbo]
Genus **Gyroscala** De Boury,1887
Gyroscala lamellosa (Lamarck,1822) [Scalaria]

Superfamilia **EULIMOIDEA** Adams H. & H.,1853

Familia **EULIMIDAE** Adams H. & H.,1853

- Genus **Eulima** Risso,1826
Eulima monterosatoi Monterosato,1874
Eulima glabra (Da Costa,1778) [Strombiformis]
Genus **Melanella** Bowdich,1822
Melanella alba (Da Costa,1778) [Strombiformis]
Melanella polita (Linné,1758) [Turbo]

Ordo **NEOGASTROPODA** Thiele,1929

Superfamilia **MURICOIDEA** Rafinesque,1815

Familia **MURICIDAE** Rafinesque,1815

Subfamilia MURICINAE Rafinesque,1815

- Genus **Bolinus** Pusch,1837
Bolinus brandaris (Linné,1758) [Murex]
Genus **Hexaplex** Perry,1811
Hexaplex trunculus (Linné,1758) [Murex]
Genus **Muricopsis** B.D.D.,1882
Muricopsis cristata (Brocchi,1814) [Murex]
Genus **Ocenebra** Gray J.E.,1847
Ocenebra erinaceus (Linné,1758) [Murex]
Genus **Ocinebrina** Jousseau,1880
Ocinebrina aciculata (Lamarck,1822) [Murex]
Ocinebrina edwardsii (Payraudeau,1826) [Purpura]
Subfamilia BUCCININAE Rafinesque,1815
Genus **Buccinulum** Deshayes,1830
Buccinulum corneum (Linné,1758) [Murex]
Genus **Chauvetia** Monterosato,1884
Chauvetia affinis (Monterosato,1889) [Donovania]
Chauvetia brunnea (Donovan,1804) [Buccinum]
Chauvetia candidissima (Philippi,1836) [Buccinum]
Chauvetia submammillata (B.D.D.,1832) [Donovania minima var.]
Chauvetia turritellata (Deshayes,1835) [Fusus]
Genus **Engina** Gray J.E.,1839
Engina leucozona (Philippi,1843) [Buccinum]
Genus **Pisania** Bivona Ant.,1832
Pisania striata (Gmelin,1791) [Voluta]
Genus **Pollia** Gray J.E. in Sowerby G.B.I.,1834
Pollia dorbignyi (Payraudeau,1826) [Buccinum]
Pollia scacchiana (Philippi,1844) [Buccinum]

- Subfamilia CORALLIOPHILINAE Chenu,1859
 Genus **Coralliophila** Adams H.& A.,1853
Coralliophila meyendorffii (Calcara,1845) [Murex]
- Subfamilia FASCIOLARIINAE Gray J.E.,1853
 Genus **Fasciolaria** Lamarck,1799
Fasciolaria lignaria (Linné,1758) [Murex]
- Genus **Fusinus** Rafinesque,1815
 Subgenus **Fusinus** s.str.
Fusinus (Fusinus) pulchellus (Philippi,1844) [Fusus]
- Subgenus **Aptyxis** Troschel,1868
Fusinus (Aptyxis) syracusanus (Linné,1758) [Murex]
- Subfamilia NASSARIINAE Iredale,1916
 Genus **Nassarius** Duméril,1806
 Subgenus **Gussonea** Monterosato,1912
Nassarius (Gussonea) corniculus (Olivi,1792) [Buccinum]
- Subgenus **Hima** Leach in Gray J.E.,1852
Nassarius (Hima) incrassatus (Stroem,1768) [Buccinum]
Nassarius (Hima) pygmaeus (Lamarck,1822) [Ranella]
- Subgenus **Hinia** Leach in Gray J.E.,1847
Nassarius (Hinia) reticulatus (Linné,1758) [Buccinum]
- Subgenus **Sphaeronassa** Locard,1886
Nassarius (Sphaeronassa) mutabilis (Linné,1758) [Buccinum]
- Subgenus **Telasco** Adams H.& A.,1853
Nassarius (Telasco) costulatus cuvieri (Payraudeau,1826) [Buccinum]
- Genus **Cyclope** Risso,1826
 Subgenus **Cylope** s.str.
Cyclope (Cylope) neritae (Linné,1758) [Buccinum]
Cyclope (Cylope) pellucida Risso,1826
- Subfamilia THAIDINAE Jousseau,1888
 Genus **Rapana** Schumacher,1817
Rapana venosa (Valenciennes,1846) [Purpura]
- Genus **Stramonita** Schumacher,1817
Stramonita haemastoma (Linné,1766) [Buccinum]
- Familia **COLUMBELLIDAE** Swainson,1840
- Genus **Columbella** Lamarck,1779
Columbella rustica (Linné,1758) [Voluta]
- Genus **Mitrella** Risso,1826
Mitrella coccinea (Philippi,1836) [Buccinum linnaei var.]
Mitrella decollata (Brusina,1865) [Columbella]
Mitrella gervillii (Payraudeau,1826) [Mitra]
Mitrella lanceolata (Locard,1886) [Columbella]
Mitrella minor (Scacchi,1836) [Columbella]
Mitrella scripta (Linné,1758) [Murex]
Mitrella spelta (Kobelt,1893) [Columbella]
- Familia **COSTELLARIIDAE** MacDonald,1860
- Genus **Vexillum** Roeding,1798
 Subgenus **Pusia** Swainson,1840
Vexillum (Pusia) ebeneus (Lamarck,1811) [Mitra]
Vexillum (Pusia) littorale (Forbes,1844) [Mitra]
Vexillum (Pusia) savignyi (Payraudeau,1826) [Mitra]
Vexillum (Pusia) tricolor (Gmelin,1790) [Voluta]
- Familia **MARGINELLIDAE** Fleming,1828
- Subfamilia MARGINELLINAE Fleming,1828
 Genus **Gibberula** Swainson,1840
Gibberula philippi (Monterosato,1878) [Marginella]
- Subfamilia CYSTISCINAE Stimpson,1865
 Genus **Graulina** Jousseau,1888
Graulina clandestina (Brocchi,1814) [Voluta]

Superfamilia **CONOIDEA** Rafinesque,1815

Familia **CONIDAE** Rafinesque,1815

Genus **Conus** Linné,1758

Conus mediterraneus Hwas in Brugière,1792

Familia **TURRIDAE** Swainson,1840

Subfamilia BELINAE Bellardi,1875

Genus **Bela** Leach in Gray J.E.,1847

Bela laevigata (Philippi,1836) [Pleurotoma]

Bela nebula (Montagu,1803) [Murex]

Bela ornata (Locard,1897) [Raphitoma]

Bela turgida (Forbes in Reeve,1844) [Pleurotoma]

Genus **Clathromangelia** Monterosato,1884

Clathromangelia quadrillum (Du Jardin,1837) [Pleurotoma]

Genus **Fehria** Van Aartsen,1988

Fehria taprunensis (Pallary,1904) [Ginnania]

Genus **Mangelia** Risso,1826

Mangelia attenuata (Montagu,1803) [Murex]

Mangelia coarctata (Forbes,1840) [Pleurotoma]

Mangelia costulata (Blainville,1829) [Pleurotoma]

Mangelia scabrida Monterosato,1890

Mangelia smithi (Forbes,1840) [Pleurotoma]

Mangelia stossiciana Brusina,1869

Mangelia unifasciata (Deshayes,1835) [Pleurotoma]

Mangelia vaquelini (Payraudeau,1826) [Pleurotoma]

Genus **Mangiliella** B.D.D.,1883

Mangiliella barashi Von Aartsen & Fehr de Wal,1978

Mangiliella bertrandii (Payraudeau,1826) [Pleurotoma]

Mangiliella difficilis (Locard & Caziot,1900) [Mangelia]

Mangiliella multilineolata (Deshayes,1835) [Pleurotoma]

Mangiliella taeniata (Deshayes,1835) [Pleurotoma]

Subfamilia CRASSISPIRINAE Morrison,1966

Genus **Haedropleura** B.D.D.,1883 ex Monterosato ms.

Haedropleura septangularis (Montagu,1803) [Murex]

Subfamilia MITROMORPHINAE Casey,1904

Genus **Mitrolumna** B.D.D.,1883

Mitrolumna olividea (Cantraine,1875) [Mitra]

Subfamillia RAPHITOMINAE Bellardi,1848

Genus **Raphitoma** Bellardi,1847

Subgenus **Raphitoma** s.str.

Raphitoma (Raphitoma) echinata (Brocchi,1814) [Murex]

Raphitoma (Raphitoma) flavida Monterosato,1884

Raphitoma (Raphitoma) linearis (Montagu,1803) [Murex]

Raphitoma (Raphitoma) pupoides (Monterosato,1884) [Cordieria]

Raphitoma (Raphitoma) purpurea (Montagu,1803) [Murex]

Subgenus **Leufroyia** Monterosato,1884

Raphitoma (Leufroyia) concinna (Scacchi,1836) [Pleurotoma]

Raphitoma (Leufroyia) leufroyi (Michaud,1828) [Pleurotoma]

Genus **Philbertia** Monterosato,1884

Philbertia alterans Monterosato,1884

Philbertia bofilliana Sullioti,1889

Philbertia cylindracea (Locard & Caziot,1900) [Clathurella]

Philbertia horrida Monterosato,1884

Philbertia mirabilis (Pallary,1904) [Homotoma]

Philbertia philberti (Michaud,1829) [Pleurotoma]

Genus **Comarmondia** Monterosato,1884

Comarmondia gracilis (Montagu,1803) [Murex]

TABLO I
ÇALIŞMA SIRASINDA ENDER OLARAK RASTLANILMIŞ TÜRLERİN BULUNDUKLARI YERLER VE TOPLANAN ÖRNEKLERİN ADEDİ

TÜR ADI	BULUNDUĞU BÖLGE	KIYI / DENİZ	ÖRNEK ADEDİ
<i>Acmeae virginea</i>	3 (Çanak Limanı)	3-6 metre derinlikte	5
<i>Lepetella labronica</i>	4 (Ayana Koyu)	2 metre derinlikte	1
<i>Emarginula sicula</i>	2,3	4-5 metre derinlikte	1+1
<i>Scissurella costata</i>	2.kampın olduğu koy	2 metre derinlikte	1
<i>Calliostoma conulus</i>	3,4	Canlı,sünger üzerinde/Kıyıda	1+4
<i>Calliostoma dubium</i>	1.kampın kıyısı	Kıyıda	1
<i>Gibbula guttadauri</i>	4.kampın olduğu koy	Kıyıda ve 0-7m derinlikte	73
<i>Gibbula magus</i>	2,3,4	4-5 metre derinlikte	1+1+1
<i>Gibbula richardi</i>	4 (Ayana Koyu)	Kıyıda	6
<i>Fossarus ambiguus</i>	3,4	3-10 metre derinlikte	2+3
<i>Pirenella conica</i>	1 (İlçe limanı)	0.5 metre derinlikte	2
<i>Alvania colossophilus</i>	3.kampın olduğu koy	Kıyıda	6
<i>Alvania littoralis</i>	3.kampın olduğu koy	2 metre derinlikte	1
<i>Cingula cingillus</i>	4 (Ayana Koyu)	1 metre derinlikte	1
<i>Heleobia stagnorum</i>	4.kampın olduğu koy	2 metre derinlikte	1
<i>Macromphalus abylenis</i>	1,3,4	4-12 metreler arası	1+3+2
<i>Epitonium turtoni</i>	2,3,4,5	Kıyıda	2+2+3+1
<i>Erosaria spurca</i>	3,4	5 metre derinlikte	1+1
<i>Luria lurida</i>	1,3,4	3-7 metreler arası	2+1+2
<i>Natica dillwynii</i>	1,3,4	3-14 metreler arası	1+5+2
<i>Phalium granulatum</i>	3.kampın olduğu koy	6 metre derinlikte	1
<i>Charonia tritonis variegata</i>	3.kampın olduğu koy	10 metre derinlikte	1
<i>Acis minor</i>	3.kampın olduğu koy	1 metre derinlikte	1
<i>Chauvetia submammillata</i>	4.kampın olduğu koy	5 metre derinlikte	1
<i>Coralliophila meyendorffii</i>	1,3	Kıyıda / 4 metre derinlikte	1+1
<i>Fusinus syracusanus</i>	2,3,4	Kıyıda / 3-8 metreler arası	2+3+1
<i>Nassarius pygmaeus</i>	3.kampın olduğu koy	6 metre derinlikte	1
<i>Rapana venosa</i>	3 (Çanak Limanı)	4 metre derinlikte	1
<i>Stramontia haemastoma</i>	2,3,5	Kıyıda	1+1+3
<i>Mitrella coccinea</i>	1.kampın önü	3 metre derinlikte	1
<i>Mitrella minor</i>	1,4	7 metre derinlikte	2+1
<i>Mitrella savignyi</i>	4.kampın olduğu koyda	Kıyıda	1
<i>Bela turgida</i>	4.kampın olduğu koyda	7 metre derinlikte	1
<i>Clathromangalia quadrillum</i>	3	5 metre derinlikte	2
<i>Mangiliella multilineolata</i>	3.kampın olduğu koy	Kıyıda	1
<i>Raphitoma flavida</i>	3.kampın olduğu koy	Kıyıda	1
<i>Comarmondia gracilis</i>	3 (Çanak Limanı)	12 metre derinlikte	1

IV.TARTIŞMA VE SONUÇ

Kıyıdan toplanan örneklerin çoğunluğunun kesin teşhis edilemeyecek durumda olmasına karşın, dalıcılar tarafından denizden çıkarılan örneklerin büyük bir kısmının kusursuz olması, bu gibi araştırmalarda dalıcı kullanımının önemini ortaya koymaktadır. Dreç ile dipten materyal alma yöntemiyle kavkuların bol olduğu alanlara su yüzeyinden ulaşmak tamamen tesadüftür. Oysa dalıcı kullanıldığı takdirde kavki yığınlarının çok kısa bir sürede kolaylıkla bulunabileceği ve tüm kavkuların tek tek incelenebileceği görülmüştür. Ayrıca, büyük kayalar üzerine inşa ettikleri kalkerli borular içerisinde yaşayan *Serpulorbis arenaria* bireylerinin varlığı dalıcılar sayesinde anlaşılmıştır. Tablo I de yer alan 25 türe ait kavkılar yalnızca dalıcıların çıkardıkları dip materyali arasında bulunmuştur. Bu nedenlerden dolayı araştırma sırasında dalıcıların kullanılmasının çalmışmanın verimini arttırdığı söylenebilir.

Toplanan materyaller arasında *Gibbula magus* ve *Gibbula guttadauri* türlerine ait örnekler de bulunmuştur. Eldeki literatüre göre *Gibbula magus* 'un 80 metre, *Gibbula guttadauri* 'nin ise 30 metreden daha derinlerde yaşadığı belirtilmektedir[12,15]. Bulunan *Gibbula magus* kavkularının üçü de 4-5 metre derinlikten çıkarılmıştır. Fakat araştırma sırasında canlı bireylere dalıcılar tarafından rastlanmadığından, bu türün ada kıyılarında sığ sularda da yaşayabildiğine dair kesin bir kanıt bulunamamıştır. Trol teknelerinin ada kıyılarında barınıyor olması bu bireylerin dip trolleriyle derinden kıyıya taşınmış olabilecekleri ihtimalini de doğurmaktadır. Ancak, tüm ada çevresinde sadece bir koyda, kavkuların yanısıra canlı *Gibbula guttadauri* bireylerine de oldukça fazla sayıda rastlanması, bu tür canlıların 1-2 metre derinliklere bile uyum sağlayabildiklerini göstermektedir.

Tayinleri yapılan türler içerisinde *Akdeniz* için yeni kayıt yoktur fakat eldeki literatüre göre;

Lepetella labronica (Bogi,1984),
Diodora producta (Monterosato,1880),
Emarginula compressa Cantraine,1835,
Calliostoma dubium (Philippi, 1844),
Gibbula spratti (Forbes,1844),
Osillinus mutabilis (Philippi,1844),
Bittium atticum Nordsieck,1976,
Bittium depauperatum Watson,1897,
Bittium jadertinum (Payraudeau,1826),
Turritella turbona Monterosato,1877,
Rissoa auriscalpium (Linné,1758),
Rissoa decorata Philippi,1846,
Rissoa guerini Récluz,1843,
Rissoa violacea violacea Desmarest,1814,
Alvania beanii (Hanley in Thorpe,1844),
Alvania cancellate (D'Orbigny,1839),
Alvania cimicoides (Forbes,1844),
Alvania geryonia (Nardo,1847 ex Chiereghini ms.),
Alvania lineata Rissoa,1826,
Alvania littoralis (Nordsieck,1972),
Alvania rudis (Philippi,1844),
Alvania carinata (Da Costa,1778),
Cingula cingillus (Montagu,1798),
Pusillina benzi (Aradas & Maggiore,1844),
Pusillina parva (Da Costa,1778),
Circulus tricarinatus (Wood,1848),
Caecum glabrum tenue Milaschewitsch,1911,
Caecum subannulatum De Folin,1870,
Macromphalus abylenis Waren & Bouchet,1988,
Crepidula gibbosa DeFrance,1818,
Euspira guillemini (Payraudeau,1826),
Euspira nitida (Donovan,1804),
Monophorus perversus (Linné,1758),
Aclis minor (Brown,1827),
Gyroscala lamellosa (Lamarck,1822),
Eulima monterosatoi Monterosato,1874,
Melanella alba (Da Costa,1778),
Chauvetia affinis Monterosato,1889),
Chauvetia brunnea (Donovan,1804),
Chauvetia candidissima (Philippi,1836),
Chauvetia submammillata (B.D.D.,1832),
Chauvetia turritella (Deshayes,1835),
Fusinus pulchellus (Philippi,1844),
Cyclope pellucida Risso,1826,
Mitrella coccinea (Philippi,1836),
Mitrella decollata (Brusina,1865),
Mitrella gervillii (Payraudeau,1826),
Mitrella lanceolata (Locard,1886),
Mitrella spelta (Kobelt,1893),
Vexillum savignyi (Forbes,1844),
Vexillum tricolor (Gmelin,1790),
Graulina clandestina (Brochi,1814),
Bela ornata (Locard,1897),
Bela turgida (Forbes in Reeve,1844),
Mangelia attenuata (Montagu,1803),
Mangelia coarctata (Forbes,1840),
Mangelia costulata (Blainville,1829),
Mangelia stossiciana Brusina,1869,
Mangiliella bertrandi (Payraudeau,1826),

Mangiliella difficilis (Locard & Caziot,1900),
Mangiliella multilineolata (Deshayes,1835),
Mangiliella taeniata (Deshayes,1835),
Raphitoma echinata (Brocchi,1814),
Raphitoma flavida Monterosato,1884,
Raphitoma pupoides (Monterosato,1884),
Raphitoma purpurea (Montagu,1803),
Raphitoma concinna (Scacchi,1836),
Philbertia alterans Monterosato,1884,
Philbertia bofiliana Sullioti,1889,
Philbertia cylindracea (Locard & Caziot,1900),
Philbertia horrida Monterosato,1884,
Philbertia mirabilis (Pallary,1904),
Philbertia philberti (Michaud,1829),
Comarmondia gracilis (Montagu,1803) türlerinin *Türkiye* kıyılarındaki varlıkları ilk kez tespit edilmiştir.

Literatüre göre, tayini yapılan türlerin hepsi Akdeniz malakofaunası içinde yer almaktadır,ancak araştırma sırasında ender olarak rastlanılmış türlerin (Tablo I) ada kıyıları faunası içinde sayılabilmeleri için daha çok kavki örneği veya canlı örneklerin toplanması daha doğru olacaktır. Bundan sonra yapılacak çalışmalar bu yönde olmalıdır.

Tayinleri yapılan 204 türün çok farklı beslenme alışkanlıklarının olması ve türlere ait çok sayıda örneğe rastlanması, ada kıyılarındaki hayatın çeşitliliğini ve zenginliğini gösterdiği düşünülebilir. Ancak diğer kıyılarımızda benzer lokal çalışmalar yapılmamış olduğu için, çalışma alanını diğer bölgelerle kıyaslamak henüz mümkün değildir. Bu çalışmada elde edilen veriler benzer çalışmaların tüm kıyılarımızda ve tüm derinliklerde yapılmasından sonra daha çok anlam kazanacaktır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma zor şartlar altında yılmadan çalışan değerli BÜSAS üyeleri;Gökhan Aşkar, Serkan Aşkar, Esen Bozyayla, Hasan Çalışkan, Erdem Çıpa, Müge Çolak, Çiğdem Dindar, Emine Eser, Özgür Gürtuna, Jeyan Heper, Fatih Hüseyinoğlu, Barış Kartal, Güven Kıvılcım, Levent Ortaköylüoğlu, Begüm Özkaynak, Zeynep Özsoy, Asım Samli, Çağatay Soyer, Ahmet Şenoğlu, Ahmet Tezel ve Oğuz Üzel'in önerileri neticesinde gerçekleştirmiştir .

Referans koleksiyonlarıyla ve tür tayinleri için gerekli literatürün sağlanmasında büyük destek sağlayan Kemal Geyran, Hakan Gürüney ve İsmet Tümtürk ile araştırmanın sponsorluğunu üstlenen Nilgün Şimşek'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

KAYNAKLAR

- [1] Demir M. Boğaz ve Adalar Sahillerinin Omurgasız Dip Hayvanları. İstanbul Üniversitesi Fen Fakültesi Hidrobiyoloji Araştırma Enstitüsü Yayınları, Sayfa 459-579, İstanbul, 1954
- [2] Mutlu E, Ünsal M, Bingel,F. Karadeniz'in Anadolu kıyılarındaki yumuşak çamur yumuşakça birliği. Doğa-Turkish Journal of Zoology 17(2), sayfa 189-206, 1993.
- [3] Raybaudi LM. Turkey: Aegean and East Mediterranean Coasts. La Conchiglia, 15(174-175);, Sayfa 20-21, Roma, 1982
- [4] Engl W. Specie prevalentemente lessepsiane attestate lungo le coste Turche. Bollatino Malacologico, XXXI, (1-4), sayfa 43-50, Milano, 1995.
- [5] Angioy M, Nicolay K. Ritrovamenti nel Mediterraneo Orientale. La Conchiglia, 20 (226-227), sayfa 28, Roma, 1988.
- [6] Buzzorro G, Engl W, Tümtürk İ. Bivalven und Gastropoden der europäischen Meere (4): Ergalatax martensi (Dall,1923) [Muricidae] ein neuer Lesseps'scher Einwanderer von der türkischen Südküste. Club Conchilya Information., 27 (1), sayfa 1 7-18, 1995
- [7] Giunchi L, Tiselli M. *Cronia cf. konkanensis* nuovo ospite Indo-pacifico in Mediterraneo. La Conchiglia, 27(275), sayfa 8-9, Roma, 1995.
- [8] Buzzuro G, Greppi E. The Lessepsian Molluscs of Taşucu (South-East Turkey). La Conchiglia, Yearbook 1996, sayfa 3-22, 1996
- [9] Barash A, Zenziper Z. Notes on Mollusca of Crete. La Conchiglia, No.22(258), Sayfa68-72, Roma, 1991
- [10] Aartsen JJ, Crete: Notes on Littoral Mollusca. La Conchiglia, 25(267), Sayfa 6-8, Roma, 1993

- [11] Nordsieck F. The Turridae of the European Seas. La Piramide Per La Conchiglia. Roma, 1977
- [12] Nordsieck F. Die Europäischen Meeres-gehauseschnecken, (Prosobranchia) Vom Eismeer Bis Kapverden, Mittelmeer und Schwarzes Meer. Gustav Fisher Verlag, Stuttgart, 1982
- [13] Savelli RG, Pusateri F, Palmeri A, Ebreo, C. Atlante Della Conchiglie Marine Del Mediterraneo, Edizioni De La Conchiglia, Roma, 1994
- [14] Arduino G, Locatelli B, Orlando F, Repetto G. Catalogo Illustrato Della Conchiglie Marine Del Mediterraneo. Amici Del Museo "F. Eusebio", Alba, 1995
- [15] Poppe GT, Goto Y. European Seashells, (1), Verlag Christa Hemmen, Weisbaden, Almania, 1991
- [16] Annuario 86, La Conchiglia Supplemento Al. Sayfa212-213, Roma, 1986
- [17] Locard A. Les Coquilles Marines des Cotes De France Description des Familles, Genres et Espèces. Annales de La Société Linnéenne de Lyon, Fransa, 1891
- [18] Cretella M. A Review of the Living Species of the Genus Jujubinus (III part). La Conchiglia, 25(266), Sayfa 45-50, Roma, 1993
- [19] Cretella M. Genus Jujubinus (IVp). La Conchiglia, No. 25(267): Sayfa 40-45, Roma, 1993
- [20] Piani P. Revisione del genere *Emarginula* Lamarck, 1801 in mediterraneo. Bollatino Malacologico, XX(21) sayfa 193-238, Milano, 1984.
- [21] Sabelli B, Spada G. Guida illustrata all'identificazione delle conchiglie del mediterraneo, Familia Buccinidae-II. Bollatino Malacologico, XXI, (1-4), Milano, 1985
- [22] Sabelli B, Spada G. Guida illustrata all'identificazione delle conchiglie del mediterraneo, Familia Buccinidae-III, Columbelloidae. Bollatino Malacologico, XXII, (1-4), Milano, 1986.
- [23] Sabelli B, Spada G. Guida illustrata all'identificazione delle conchiglie del mediterraneo, Familia Columbelloidae-II. Bollatino Malacologico, XVII (11-12), Milano, 1981.
- [24] Sabelli B, Spada G. Guida illustrata all'identificazione delle conchiglie del mediterraneo, Familia Pediculariidae, Cypraeidae, Ovulidae. Bollatino Malacologico, XV, (3-4), Milano, 1979.
- [25] Sabelli B, Spada G. Guida illustrata all'identificazione delle conchiglie del mediterraneo, Familia Lamellaridae, Eratoidae. Supp. Conchiglie, XIV, (3-6), Milano, 1978.
- [26] Sabelli B, Spada G. Guida illustrata all'identificazione delle conchiglie del mediterraneo, Familia Mathildidae, Turritellidae. Supp. Conchiglie, XIV, (3-6), Milano, 1978.
- [27] Sabelli B, Spada G. Guida illustrata all'identificazione delle conchiglie del mediterraneo, Familia Coralliophilidae. Bollatino Malacologico, XVI, (7-8), Milano, 1980.
- [28] Sabelli B, Spada G. Guida illustrata all'identificazione delle conchiglie del mediterraneo, Familia Naticidae-I. Supp. Conchiglie, XIII, (1-2), Milano, 1977.
- [29] Sabelli B, Spada G. Guida illustrata all'identificazione delle conchiglie del mediterraneo, Familia Naticidae-II. Supp. Conchiglie, XIII, (11-12), Milano, 1977.
- [30] Sabelli B, Spada G. Guida illustrata all'identificazione delle conchiglie del mediterraneo, Familia Naticidae-III. Supp. Bollatino Malacologico, XVI, (1-2), Milano, 1980.
- [31] Sabelli B, Spada G. Guida illustrata all'identificazione delle conchiglie del mediterraneo, Familia Muricidae-I. Supp. Conchiglie, XIII, (3-4), Milano, 1977.
- [32] Sabelli B, Spada G. Guida illustrata all'identificazione delle conchiglie del mediterraneo, Familia Muricidae-II. Supp. Conchiglie, XIV, (9-10), Milano, v1978.
- [33] Sabelli B, Spada G. Guida illustrata all'identificazione delle conchiglie del mediterraneo, Familia Muricidae-III. Supp. Conchiglie, XIV, (11-12), Milano, 1978.
- [34] Sabelli B, Spada G. Guida illustrata all'identificazione delle conchiglie del mediterraneo, Familia Cassidae, Cymatidae-I. Supp. Conchiglie, XIV, (9-10), Milano, 1978.,
- [35] Sabelli B, Spada G. Guida illustrata all'identificazione delle conchiglie del mediterraneo, Familia Cymatidae-II, Bursidae, Tonnidae, Oocorythidae. Bollatino Malacologico, XVIII, (5-6), Milano, 1982.,
- [36] Sabelli B, Spada G. Guida illustrata all'identificazione delle conchiglie del mediterraneo, Familia Fossaridae, Capulidae, Calyptraeidae-I. Supp. Conchiglie, XIII, (7-8), Milano, 1977.

- [37] Sabelli B, Spada G. Guida illustrata all'identificazione delle conchiglie del mediterraneo, Familia Calyptraeidae - II, Xenophoridae, Aporrhaidae, Supp. Conchiglie, XIII, (9-10), Milano, 1977.
- [38] Sabelli B, Spada G. Guida illustrata all'identificazione delle conchiglie del mediterraneo, Familia Nassaridae-I. Supp. Conchiglie, XIII, (9-10), Milano, 1977.
- [39] Sabelli B, Spada G. Guida illustrata all'identificazione delle conchiglie del mediterraneo, Familia Nassaridae-II. Supp. Conchiglie, XIII(11-12), 1977.
- [40] Sabelli B, Spada G. Guida illustrata all'identificazione delle conchiglie del mediterraneo, Familia Nassaridae-III. Supp. Conchiglie, XV, (7-8), Milano, 1979.
- [41] Sabelli B, Spada G. Guida illustrata all'identificazione delle conchiglie del mediterraneo, Familia Nassaridae, Fasciolaridae. Supp. Bollatino Malacologico, XVII, (3-4), Milano, 1981.
- [42] Sabelli B, Spada G. Guida illustrata all'identificazione delle conchiglie del mediterraneo, Familia Turridae-I. Supp. Conchiglie, XIII, (3-4), Milano, 1977.
- [43] Chiri C. Il genere *Caecum*, Fleming, 1817 nel pliocene Toscano. Bollatino Malacologico, XXXI, (1-4), sayfa 21-27, Milano, 1995.
- [44] Savelli RG. La superfamiglia Mitroidea nel mediterraneo. Lavori S.I.M., (21), sayfa 67-116, Milano, 1984.
- [45] Guisti F, Pezzoli E. Notulae Malacologicae, XXIX-Gli Hydrobiidae salmastri delle acque costiere Italiane: Primi cenni sulla sistematica del gruppo e sui caratteri distintivi delle singole morfospesie. Lavori S.I.M.,(21),sayfa 117-148, Milano, 1984.
- [46] Sabelli B, Giannuzzi-Savelli R, Budulli D. Annotated Check List of Mediterranean Marine Mollusks. (1), Edizioni Libreria Naturalistica, Bolognese, 1990
- [47] Sabelli B, Giannuzzi-Savelli R, Budulli D. Annotated Check List of Mediterranean Marine Mollusks. (2), Edizioni Libreria Naturalistica, Bolognese, 1992
- [48] Sabelli B, Giannuzzi-Savelli R, Budulli D. Annotated Check List of Mediterranean Marine Mollusks. (3), Edizioni Libreria Naturalistica Bolognese,1992

MARMARA DENİZİ'NDE "ARGUS" DENİZALTIYIYLA YAPILAN DALIŞLARA AİT İLK VERİLER

Bayram Öztürk

I.Ü.Sualtı Teknolojisi Prog.Avıcalar-İstanbul

Özetçe-Marmara Denizi'nde ,1992 yılında yapılan araştırmalarda Türkiye'de ilk kez kullanılan "Argus" adlı araştırma denizaltısıyla 15-528 metre arası derinliklerde 8 ayrı dalış yapılarak Marmara Denizi fauna ve florasına ilişkin doğrudan gözlemler ve örneklemeler yapıldı.Yapılan biyolojik örneklemelerde Marmara Denizi için Cnidaria:Anthozoa klasisine ait *Gerardia savaglia* (Bertoloni,1819), *Paramuricea clavata* (Risso,1826) ve *Funiculina quadrangularis* (Pallas,1826) türleri tesbit edildi.Bu türlerden *Paramuricea clavata* ve *Funiculina quadrangularis* türleri Marmara Denizi için yeni tanımlanmıştır.

I. GİRİŞ

Marmara Denizi Türkiye'nin tek iç denizi olup Çanakkale ve İstanbul Boğazı'yla birlikte Türk Boğazlar Sistemi'ni oluşturur. Bu sistemde fauna ve floranın dağılımı temel olarak biyolojik koridor,barrier ve aklimizasyon özelliklerinden oluşan üç bileşenin etkisi altındadır [1]. Bu nedenle Marmara Denizi hem Atlantik kökenli türler hemde eski Karadeniz bakiyelerinin dağılım gösterdiği bir ara bölgedir. Bu ara bölgede yaşayan türlerin derinliğe bağlı dağılımlarının bilinmesi Marmara Denizi'nde bulunan doğal stokların değerlendirilmesi yanında biyolojik çeşitliliğin korunması açısından da önem taşır.

Marmara Denizi Anthozoa faunası üzerine yapılan ilk ayrıntılı çalışma 1952-1954 yılları arasında yürütülmüştür [2]. Ancak bu çalışmada örnekleme derinliklerinin sıklığı ve örnekleme yöntemlerinin de farklılığı Anthozoa faunası üzerinde yapılan araştırmaların sınırlı kalmasına neden olmuştur.

Bu araştırmada Marmara Denizi makrozoobenthosunu oluşturan ve 528 metreye kadar olan derinliklerde doğrudan gözlem ve örneklemeler yapılarak kayalık ve kumluk habitatlarda yaşayan Anthozoa faunasına katkıda bulunulması amaçlanmıştır.

II. YÖNTEM

Bu araştırma Marmara Denizi'nde Eylül-Ekim 1992 tarihlerinde 8 istasyonda yürütüldü.Dalış için kullanılan "Argus" isimli araştırma denizaltısı ikisi operatör diğeri araştırmacı taşıyan ve 600 metre derinliğe kadar dalabilen üç kişilik bir sualtı aracıdır.Araştırma dalışları üç kişi tarafından gerçekleştirilmiştir. Araştırma yeri ve kordinatları,dalış ve örnekleme derinlikleri,akıntı durumu ve eğim TABLO I deki dalış jurnalinde gösterilmektedir.

TABLO I
ARGUS DENİZALTIYI DALIŞ JURNALI

Общая ведомость по глубинам, дат, времени на "ARGUS"

№ п/п	№ погружения	1	2	3	4	5	6	7	8
	Дата Date	14/10	15/10	17/10	17/10	18/10	19/10	21/10	22/10
	Глубина, м D. plh	15	295	475	70	492	57	110	90
	Течение на дне Сила	-	-	>0.2%	>0.2%	>0.5%	-	>1%	-
	Уклон грунта Slope	-	90-80'	-	-	-	-	-	-
	Работа на подводных объектах	14.15m	24.30m	24.40m	24.40m	24.40m	11.50m	14.30m	11.20m
1.	Ф	40°50.2'	40°55.8'	40°33.8'	40°54.4'	40°42.6'	40°28.2'	40°33.8'	40°33.8'
2.	λ	29°01.'	27°39.1'	27°23'	27°29.9'	27°44.4'	28°42.5'	28°46.8'	28°46.8'
3.	Ф	40°49.6'	40°35.5'	40°33.8'	40°33.9'	40°42.3'	40°22.5'	40°33.8'	40°33.8'
4.	λ	29°02'	27°39'	27°23.3'	27°28.9'	27°44.1'	28°41.9'	28°46.5'	28°46.5'
5.									
6.	Voronov L.	yes	yes			yes			
7.	Prokofev V		yes			yes		yes	
8.	Kholmov S	yes		yes	yes		yes		yes
9.	Zhigalovskiy B	yes		yes	yes		yes		yes
10.	Bayram Bayram Öztürk		yes	yes	yes	yes	yes	yes	yes
11.	Adnan Syumar				yes				yes
12.	Ahban Dede								yes

Великую составили ст. пом. ПА

командир ПА

Dalışlar sırasında film ve fotoğraf çekimi ve örnekleme yapıldı. Alınan örnekler % 4 lük formolde saklanarak referans koleksiyonlarla karşılaştırmak için *Station Marine Endume, Fransa*'ya götürüldü. Numuneler halen *İ.Ü.*de saklanmaktadır.

III. BULGULAR

Marmara Denizi'nde 295 metre derinlikten alınan örnekleme sonucunda *Funiculina quadrangularis* ile 110 metre derinlikten elde edilen *Paramuricea clavata* türlerinin *Marmara Denizi* için yeni kayıt olduğu saptanmıştır. Ayrıca, 57 metre derinlikten alınan *Gerardia savaglia* türünün ise *Avşa-Hayırsızada -Ekinlik-Marmara Adası* arasındaki kayalık substratlarda bulunduğu belirlenmiştir.

F. quadrangularis ince ve uzun bir yapı gösterir. Rengi açıktır. Polipler rahis üzerinde iki sıra halinde dizili pedikulus ve rahis kısımları yaklaşık aynı kalınlıktadır. Yaşam ortamları kumlu, çamurlu biyotoplardır. 295 metre derinlikten elde edilen örnek 63 cm uzunluğundadır.



Foto-1. *Funiculina quadrangularis*
Pennatula quadrangularis Pallas, *Pavonaria antennina* Cuv, Ehb. *P. quadrangularis* Blainv, Och . *Penna stipitata*

Paramuricea clavata türünde koloni dallanma özelliği gösterir. polipler topuz şeklindedir. Renk koyu kırmızıdan pembeye kadar uzanır. Sert substratlarda özellikle kayalık biyotopları tercih eder. 110 metre derinlikten elde edilen örnek 83 cm uzunluğundadır.

Gerardia savaglia türü ise sık sık *Antipathes subpinnata* ile karıştırılır. Bu tür daha önce tanımlanmıştır [3]. *G. savaglia* sert substratlarda yaşar, siyafil özellik gösterir, *Sirkalitoral* bölgeyi temsil eder. Boynuzsu, sert organik madde içerdiğinden iskelet oluşturma yeteneğine sahiptir. Polipler 2-3 cm boyunda altın sarısı rengindedir. Tentakül sayısı 28 dir. Koloni üzerinde kireçlenme yoktur. Mukus salgısı fazladır. 57 metre derinlikten elde edilen örnek 98 cm'dir.

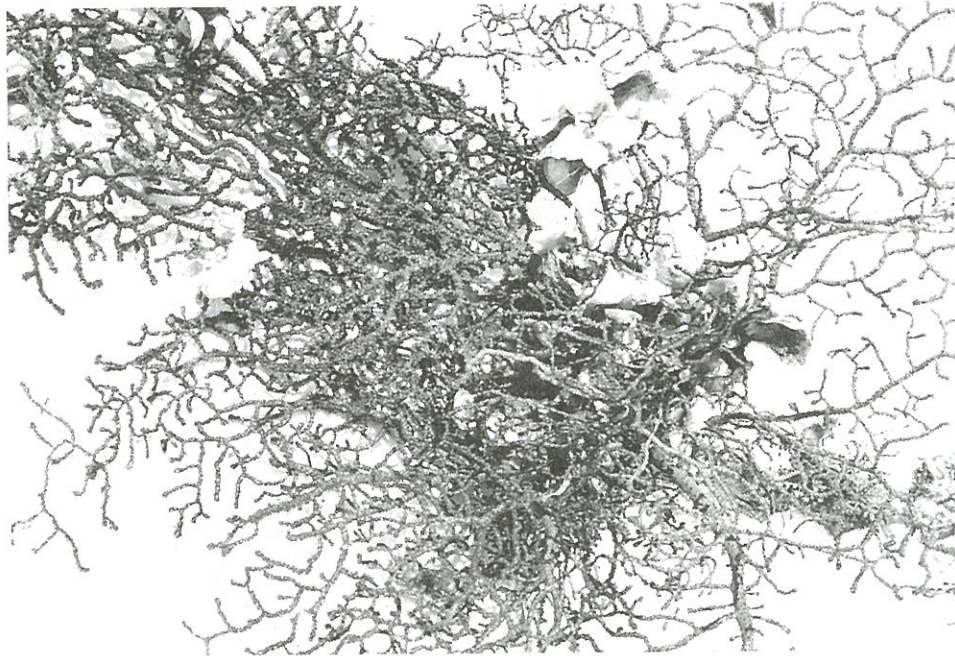


Foto-2. *Paramuricea clavata*
Gorgonia clavata Risso, *Muricea chamaeleon* Koch, *Paramuricea chamaeleon* ,Pax&Müller, *Paramuricea clavata*, Carpine,



Foto-3. *Gerardia savaglia*

IV. SONUÇ

Şimdiye dek *Marmara Denizi*'nde yapılan bentik çalışmalar genellikle 100 metrelik derinliklerde gerçekleştirilmiştir. Bunun başlıca sebebi bentik örneklemelede sadece *Beamtrawl* ve *Trol* takımlarının kullanılmasıdır. Derin bölgelerde yapılan çalışmalar ise münferittir. Dolayısıyla, *Marmara Denizi*'nde yaşayan tüm hayvan gruplarını içeren derinliğe bağlı faunistik çalışmalar yetersizdir. Bununla birlikte, *Marmara Denizi*'nin iç deniz özelliği, oluşumu ve biyocografik özellikleri dikkate alındığında faunistik araştırmaların uzun süreli ve bütün su kolonunda yapılması gerekmektedir.

Marmara Denizi'nde şimdiye dek 15 *Anthozoa* türü bildirilmektedir [4]. Tür sayısı bu çalışmayla 18'e çıkmıştır. *F. quadrangularis* türünün *Akdeniz*'de 4000 metre derinliğe kadar yayılımı bilinmektedir [5]. Bu türün *Marmara Denizi*'nin kumlu-çamurlu substratlarda bulunması *Akdeniz*'e özgü sıcaklık ve tuzluluk koşullarının *Marmara Denizi* makrobenthosunu oluşturan anthozoalar için de geçerli olduğunu göstermektedir.

P. clavata türü ise *Akdeniz* havzasında kayalık ve sert substratlarda bulunmaktadır [6]. Teknelerin demirlemeleri sırasında atılan çapalar ve uzatma ağıları nedeniyle koloniler zarar görmektedir. Bu türün kolonilerinin özellikle *Scyliorhinus canicula* türü köpek balıklarına ve diğer sesil organizmalara substrat teşkil etmesi nedeniyle stok tesbitlerinin yapılarak, *Marmara Denizi*'nde korunması gereken türler listesine alınması önerilmektedir.

Gerardia savaglia türü ise *Türkiye* sularında koruma altında olup avcılığı yasaktır [7,8]. Siyah mercan olarak bilinen ve kolye, takı v.s yapımında kullanılan dolayısıyla ticari önemi olan bu türün korunması çabaları yerinde olmakla birlikte eksiktir. Zira, *G. savaglia* için öncelikle biyoekolojik verilerle birlikte, popülasyon büyüklüğü ve derinliğe bağlı stok hesaplarının hesaplanarak ortaya çıkarılması gerekmektedir.

Marmara Denizi'nde daha ayrıntılı olarak yapılacak faunistik envanter çalışmaları doğal stokların devamlılığının sağlanması yanında biyolojik çeşitliliğin korunmasına da katkıda bulunacaktır.

KAYNAKLAR

- [1] Öztürk B, Öztürk AA. On the biology of the Turkish straits system. Bull. de L'Institut oceanographique, Monaco, Special Vol.17: Sayfa 205-221, 1996
- [2] Demir M. Boğaz ve Adalar sahillerinin Omurgasız dip hayvanları. Hidrobiyoloji Araştırma Enstitüsü yayınları (3). 615 sayfa, İstanbul, 1952-1954
- [3] Öztürk B, Bourget JP. Donnes Preliminaires sur le corail noire de la mer Marmara (Turquie) *Gerardia savaglia* (Bertoloni, 1819) İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi Vol.4 (2): Sayfa 45-48, 1990
- [4] Kocataş A, Koray T, Kaya M, Kara OF. A review of the fishery resources and their environment in the Sea of Marmara. Fisheries and Environmental Studies in the Black Sea System, Part 3, Studies and Reviews, GFCM No, 64 FAO. Sayfa 87-143, Roma, 1993
- [5] Riedl R. Fauna und flora des Mittelmeeres. Verlag Paul Parey, Sayfa 824, Hamburg und Berlin, 1983
- [6] Caprina C, Grasoff M. Les Gorgonaires de la Mediterranée. Bulletin de L'Institut océanographique Vol.71(1430): Sayfa 140, 1975
- [7] Tarım ve Orman Bakanlığı . Su ürünleri avcılığını düzenleyen 25 numaralı sirküler. Sayfa 6, Ankara, 1991
- [8] Tarım ve Köy işleri Bakanlığı . Denizlerde ve iç sularda ticari amaçlı su ürünleri avcılığını düzenleyen 30/1 numaralı sirküler, Sayfa 12, Ankara, 1996

DENİZEL ORTAMDA YAPAY HABİTAT UYGULAMALARI VE ÖNEMİ

Ali Ulaş, Altan Lök, Adnan Tokaç, Sumru Ünsal

Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Bornova, İzmir

Özetçe - Bu makalede Dünya'da 1960'lı yıllarda, ülkemizde ise son 10 yılda uygulanmaya başlayan yapay habitat çalışmalarından, yapay resif uygulamaları üzerine bilgilerin verilmesi amaçlanmıştır. Denizel ortamdaki yapay habitat çalışmaları uygulama alanına göre iki kısımda incelenmektedir; Birincisi denizel ortamda zemin üzerinde kurulan yapay habitatlar ki bunlar yapay resif olarak adlandırılmakta, ikincisi pelajik bölgede dikey konumlu su katmanlarında uygulanan yapay habitatlar, bunlarda FAD (*Fish Attractive Devices*) olarak adlandırılmaktadır. Bu çalışmada yapay resiflerin yapısı, ekolojisi, balık yoğunluğu ile ilişkisi, balıkçılığa katkısı incelenmiştir.

I. GİRİŞ

İkibinli yıllara girerken, diğer doğal kaynaklarda olduğu gibi, balıkçılık kaynaklarında yıllarca sürdürülen bilinçsiz ve plansız avcılık yöntemleri ve aşırı kirlilikten olumsuz etkilenmiş, balık stokları giderek azalmıştır.

Denizlerde kayalık alanların ve batıkların bulunduğu bölgelerin, kum veya çamurlu diplere göre çok sayıda canlıyı barındırdığı bilinmektedir. Sert objelere balıkların çekimi teorisi bilim adamları tarafından bir çok kez tarafından tartışılmış, ve balıkların bu davranışı *thigmotrophizm* olarak tanımlanmıştır. Pekçok ülkede değişik materyal ve şekilde yapay resifler yapılmış ve halen kullanılmaktadır.

Yerleştirildikleri bölgelerde ortamdaki tür ve birey sayısını artırarak balıkçılığa ve eğlenceye yönelik sportif amaçlı faaliyetlere ortam sağlayan yapay habitatlar yerleştirildikleri bölgeye göre iki şekilde incelenmektedir. İlk olarak su içerisinde askıda konumlandırılan yüzen yapılar FAD (*Fish Attractive Devices*), deniz zeminine yerleştirilenler ise yapay resif olarak adlandırılmaktadır. FAD'lar genellikle pelajik balıkların yoğunluğunu artırma amaçlı (*finfish*, ton) uygulanmaktadır. Yapay resifler ise bentik ve nektobentik türlerin ve birey sayılarının artırımına ve dalış turizmine yönelik uygulanmaktadır.

Balıkçılık idaresinde gelişmiş ülkeler, özellikle *Japonya*; yeni balıkçılık alanları oluşturmak ve üretimi arttırmak için 1950'li yıllarda yapay resif uygulamalarına başlamış, ülke çapında uzun vadeli planlar yapmışlardır. Tamamıyla kıyısız balıkçılığı geliştirmek amacıyla uygulanan yapay resif ve yüzen yapay resif projeleri sayesinde elde edilen su ürünleri, toplam su ürünleri üretiminin %3 'üne ulaşmıştır. Bu da 1985 rakamlarına göre 300 bin ton civarındadır [1].

ABD'de 1989 yılında gerçekleştirilen resif çalışması, daha çok sportif balıkçılığa hizmet etmek üzere planlanmıştır [2]. *Akdeniz* ülkelerinde kıyısız sularda midye ve istiridye kültürleri için yapay resifler kullanılmış, 1970'lerden önce yine *Akdeniz* ülkelerinde yasadışı çalışan trolleri engellemek amacıyla sınırlı alanlarda kullanılmıştır. *Akdeniz*'de ilk planlı resiflendirme çalışması 1974'te *İtalya* tarafından *Adriyatik Denizi*'nde yasadışı çalışan trollere karşı, denizlerin akciğeri olarak bilinen *Posedonia* çayırlarını koruma amaçlı yürütülmüştür [3].

İspanya'da 1987 yılında başlayan bir çalışmada yapay resifler koruma alanlarında habitat artırımını için kullanılmıştır [4].

Ülkemizde ilk yapay resif uygulaması 1983 yılında, *İzmir Körfezi-Urla İskelesi* civarında, E.Ü. Hidrobiyoloji Araştırma Merkezi, *İstanbul Boğazı* ve *Marmara* kıyılarında *Beykoz Su Ürünleri Endüstri Meslek Lisesi* ve bazı özel dalgıç kulüpleri tarafından yürütüldüyse de, bu çalışmalar hakkında kayıtlı bir yayına rastlanmamıştır [5]. *İzmir Körfezi*'nde 1989 şubat ayında zemin canlılarını korumak ve balıkçılık kapasitesini arttırmak amacı ile 10 adet eski trolleyüs körfeze bırakılmışsa da, tekrar bu bölgede bir gözlem yapılmamıştır.

Türkiye'deki bilimsel amaçlı ilk yapay resif uygulaması E.Ü. Su Ürünleri Fakültesi tarafından 1991 yılında, *İzmir* orta körfez'de yer alan *Hekim Adası*'nda başlamış ve halen devam etmektedir. Diğer yanda *Dokuz Eylül Üniversitesi*, *Deniz Bilimleri Teknoloji Enstitüsü* tarafından *Foça*'da bir yapay resif projesi başlatmıştır. 1995 yılı haziran ayında *Çeşme Belediyesi-E.Ü. Su Ürünleri Fakültesi* ortak bir proje ile, *Çeşme-Dalyanköy*'ün *Bademlik* mevkiine 19m derinlikte *Posedonia* çayırları üzerine iki farklı dizayn'da 100 adet 1'er m³lük beton blok yerleştirilmiş, çalışma devam etmektedir [6].

II. YAPAY HABİTATLARIN EKOLOJİSİ VE BALIKLAR

Son 10 yılda yapay habitat uygulamalarının, balık yoğunluğunu, doğal habitatlardan daha fazla arttırdığı tespit edilmiştir. Bir çok ülkede özellikle kıyısız balıkçılığı ve eğlenceye yönelik sportif amaçlı dalış ve olta turizmini canlandırmaya yönelik yapay habitat uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Çevre kirliliğinin gündemde

olduğu yıllarda yapay atıklardan yapılan modüllerin denizi kirleteceği düşünülerek resif modülleri doğal kaynaklı materyallerden yapılmıştır.

Bohnsack ve *Sutherland*'ın yapay habitatlar hakkındaki geniş teorilerde de, resiflerdeki biyolojik davranışların, sığınma, barınma, yemlenme, yumurtlama ve yönelme olarak tanımlanır. Aquatik canlıların habitatlara göstermiş olduğu davranışlar bazı çevresel faktörlerin etkisi altındadır. Bunları şu şekilde sıralıyabiliriz.

Habitat yerleştirilen bölgenin coğrafik durumu ve zemin şekli habitatların biyolojik artış verimini doğrudan etkilemektedir. Zemin yapısı, bölgede habitatlar üzerinde algal oluşumu direkt etkilemekte böylece ortamda primer üretkenlik oranına bağlı olarak balığın yemini oluşturan ikincil ürünler artmakta ve bunlar balığın beslenebileceği bir mera oluşturmaktadır. Örneğin *Rondel* yaptığı bir araştırmada deniz çayırları üzerine yerleştirilen yapay resiflerin bitkisiz zeminlere yerleştirilen yapay resiflere oranla daha verimli olduğunu tespit etmiştir.

Diğer yandan yapay resifin sayısının ve şeklinin balık yoğunluğunu artırıcı bir potansiyel olduğu bilinmektedir. Aynı sayıdaki resif modüller çok geniş bir alana yerleştiğinde balıkların etkileşimi daha az olmaktadır. Bu yüzden resif yerleştirilmesi sırasında birçok biyotik ve abiyotik faktör göz önüne alınarak belirli alana belirli sayıda resif yerleştirilmesi planlanmalıdır.

Derinlik bir çok balık türünün dağılımını etkileyen en önemli faktördür. *Tayvan*'da yapılan çalışmada esas türlerin dağılımının değiştiği derinlik 30m olarak kaydedilmektedir [7]. Derinliğin etkisi iki şekilde incelenebilir. Bunlardan birincisi ışık ikincisi ise sıcaklıktır. Primer üretkenliği oluşturan alglerin oluşumunda güneş ışığı esastır. Güneş ışığının ulaşmadığı veya az ulaştığı derinliklere yerleştirilen resiflerde alg oluşumu çok az olmakta buna bağlı algle beslenen organizmalar bu resiflere yerleşmemektedir. Işığı bol olan kıyı kesiminde zincirin tüm halkalarına rastlanmaktadır.

Diğer bir etken olan sıcaklık canlıların dağılımını etkileyen en önemli etkenlerden biridir. Suyun belirli derinliklerinde görülen ani ısı değişim tabakası bir çok canlı türü için sınır teşkil etmektedir. Özellikle tatlı sularda termoklin seviyesinin derinliği birçok tür için kiritik yaşama sınırınıdır. Bu yüzden tatlı sularda uygulanacak yapay resif bölgesinin derinliği yaz ve kış aylarındaki su sıcaklığına göre değerlendirilir.

Sonuç olarak sıcaklık farkı bulunan yüksek enlemlerdeki resifler, tropik bölgede bulunan resiflere oranla daha fazla balık yoğunluğu barındırmaktadır. Suyun kimyasal parametreleri olan tuzluluk, bulanıklık ve kirlilik düzeyi balık yoğunluğunu, türlerin optimum toleranslarına bağlı olarak etkilemektedir.

III. YAPAY RESİF TASARIMLARI

Yapay resiflerin yapıldığı materyal özellikle fauling organizmalarının yerleşimini direk etkilemekte, türlerin farklı tercihleri beton bloklardan kömür atığı yapılara kadar değişim göstermektedir. *Bailey-Brock Hawaii*'de yaptıkları çalışmada doğal mercanlarda metal ve kauçuk yapıları denemişler en yüksek verim artışını bu yapılarda kaydetmişler, daha sonra beton yapıların doğal yapılar kadar verim artışına neden olduğunu saptamışlardır [8].

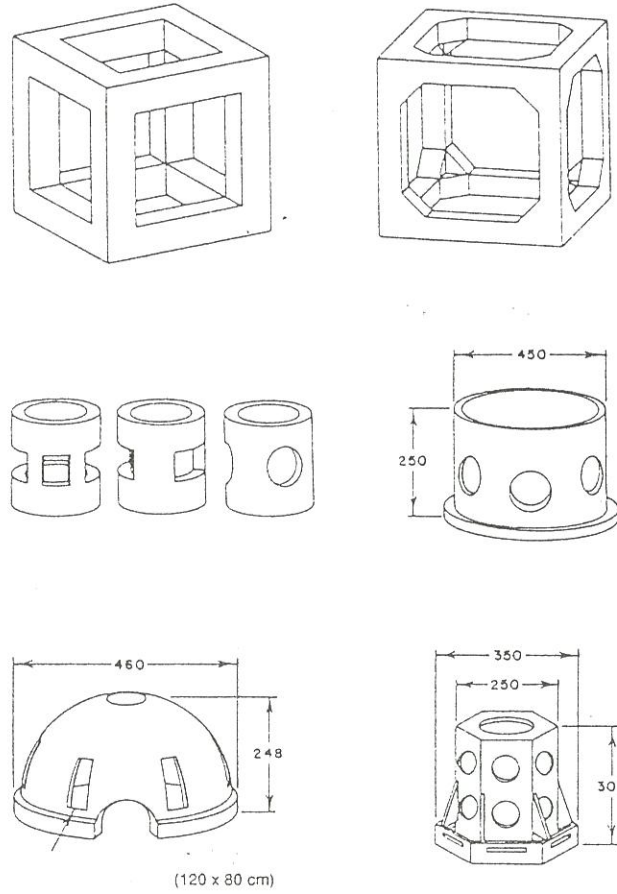
Yapının yüzeyi en az materyalin yapısı kadar önemi arz etmektedir. Sert ve pürüzlü yüzeylerde kolonizasyonun daha kolay yerleşmesi besin zincirinin ilk aşamasını oluşturmasından dolayı daha çok verim artışına neden olmuştur. Bazı teoriler bu alanlarda mikro habitatın yerleşiminin çok olmamasına karşın bu bölgede çok büyük bir rekabetin varlığını belirtse de yüzey yapısının bu artışta birinci derece etkili olduğu kabul edilmiştir.

Bölgenin dünya üzerindeki enlemsel yeri, sezon değişimi resifler üzerinde oluşacak kolonileri etkiler (*Faulin* organizma topluluklarında olduğu gibi). Çok fazla soğuk ve sıcak her tür için özel toleransın aşıldığı durumlarda ölüme sebep olabilir. Birçok balık türü sezon değişimlerine adapte olmuş göçlere sahiptir. Örneğin, tatlı sulardaki yapay resiflerde sıcaklık 10°C altına düştüğünde bir çok balık türü göçe zorlanarak bu yapıları terketmektedir.

Sezon arasındaki sıcaklık farkı bulunan resiflerde balık yoğunluğu tropik bölgede bulunan resiflere oranla daha fazladır. Bunun nedeni sıcaklık değişimi olan resiflerde küçük balık popülasyonunun göçlerinden kaynaklanmaktadır. Yapay resiflerdeki verim artışının resif materyali ve yüzeyine bağlı olduğu bildirilmiştir.

Yapay resiflerde şekil, yükseklik ve profil tanımlamada şu şekildedir: Yapay resifde şekiller suda hacim yaratması yönünden üç boyutlu düşünülmemektedir. Resif yüksekliği yapay resifin zemin ile en yüksek noktası arasındaki mesafedir ve son olarak profil üç boyutlu yapıların zeminde aşağı yukarı sıralanarak belirli alanda derinlik oluşturabilecek yapıya getirilmesidir.

Resiflerin şekillerinin oluşturulmasında en önemli husus yapının hidrodinamik dengesi, yerleştirilecek bölgenin coğrafik yapısı, akıntı ve ortamdaki tür davranışları ve sayısı ile orantılı yaşam alanı oluşturmaktır. Yapının oluşturulmasında mutlaka mühendislik bilgisinin kullanılması gerekmektedir. Farklı yapıdaki yapay resif blokları Şekil 1'de belirtilmiştir.



Şekil-1. Farklı yapıda yapay resif blokları.

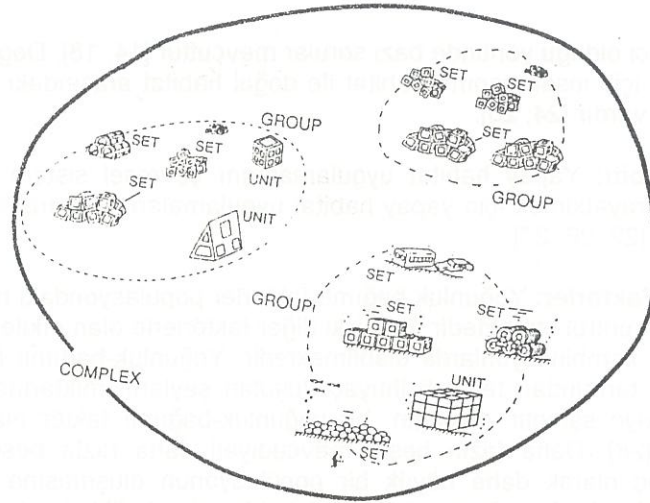
Ortamdaki tür sayısı ele alındığında bazı yapılar yassı balıkların yoğunlaşmasına, bazı yapılar ahtapotların yuvalamasına uygundur. Doğru seçilen yapıların su içerisinde yerleştirilmesi balık yoğunluğunu direkt etkilemektedir. Aynı şekilde yapıların farklı dizaynda yerleşimi ile farklı balık yoğunlukları elde edilmektedir. Kısaca yapıların tür yoğunluğu artışındaki başarısı resifi yerleştiren kişinin başarısına bağlı olmaktadır [9, 10, 11].

Tatlı su havuzlarında uygulanan yapay resif çalışmalarında çeşitli şekildeki yapay resiflere farklı türlerin yuvalandığı tespit edilmiştir. Buna karşın tatlı sularda sınırlayıcı faktör olarak derinlik belirtilmiştir. Zemin ile 1m yükseklik arasında sıralanan resifler bentik faunanın yerleşimine ve gelişimine çok uygundur. Buna bağlı olarak bu bölgedeki balık yoğunluğu da artmaktadır. *Japonya*'da yapılan araştırmalara göre zeminden 3m'nin üzerinde olan resifler demersal balık yoğunluğunu etkilemektedir.

Yatay yönde artış demersal balık kaynaklarının yoğunluğunu etkilediği gibi dikey alandaki artış orta su balıklarının yoğunluğunu artırmaktadır. Aynı hacimde dikey olarak yerleştirilen yapılar arasında belirli aralıklarla kabin şeklinde yapılardan daha iyi yoğunluk artışı sağlanmıştır [12].

Yapay resif blokları arasındaki boşluk yani belli sayıda bloğun kapladığı alan balık yoğunluğunu doğrudan etkilemektedir. Dar aralıklı boşluklar halinde sıralanan bloklar balık yoğunluğunu etkilememekte veya çok az etkilemektedir. Resifler arasındaki boşluklar gündüz pek önemli olmamakla birlikte gece daha çok önem kazanmaktadır [13].

Bu boşluklar predatörlerin yoğun olduğu bölgelerde popülasyon içerisindeki juvenil balıkların yoğunluk artışı sağladığı yerlerdir. Sonuç olarak yapay resif bloklarının yerleşim sıklığı predatörlerden korunma amaçlı önem kazanmaktadır.



Şekil 2. Yapay resif bloklarının yerleştirilmesinde grupların ve kompleks'in oluşumu.

IV. YAPAY HABİTAT UYGULAMALARININ ÇEVRESEL ETKİ DEĞERLENDİRMESİ

İnsanoğlu su ortamındaki cisimlerin balıklar üzerindeki etkilerini daima merak etmiştir. Uygulanan bazı yapay habitat denemelerinden olumlu sonuçlar alınınca, bu tür yapıların özelliklerini ve etkinliklerini tespit etmek için, yapay habitatların izlenmesi ve verim artışına olan katkısının belirlenmesi yönündeki çalışmalara olan ilgi artmıştır. Yapay habitatların çevresel etkilerine ilişkin ilk değerlendirmeler sadece meraklı bir gözlemcinin yaptığı izleme şeklinde iken daha sonraları bu incelemeler bir esasa bağlanarak periyodik değerlendirmeler şekline dönüştürülmüştür.

Son yıllarda, yapay habitatların planlanması ve yapısı çok özel oluşumlara doğru gitmektedir [14, 15, 16, 17]. Bu kapsamda, yapay resiflerin biyolojik açıdan çevreye olan olumlu etkisi bilimsel olarak tespit edildikten sonra insan yapımı yapay habitatların denizel ortamlara uygulamaları başlamıştır [18, 19].

Yapay habitatlar üzerindeki değerlendirme çalışmalarının tasarımı, yürütülmesi ve analizinde bilinmeyen hususlar üzerindeki araştırma çalışmaları yoğunlaştırılarak devam ettirilmelidir.

Yapay resiflerin durumu: Bir yapay resif uygulaması için sözkonusu olan bazı sorulara uygun çözüm bulabilmek için öncelikle bu yapay resifin durumu hakkında bilgi sahibi olmak gerekir. Bir habitat'ın durum tespiti için o habitata ilişkin ön bilgiye ihtiyaç vardır. Bu ön bilgiler çoğunlukla geçmişte yapılmış olan çalışmalara ait literatür bilgilerinden veya bölgede yapılan pilot çalışmalardan elde edilen verilerin değerlendirilmesi ile sağlanabilmektedir. Yapay resifler hakkındaki durum değerlendirmesi resifin tam bir resmini yansıtmalıdır. Bu sadece kısa bir süre boyunca ve yapay habitat uygulamasının küçük bir kısmından alınmış verilerin değerlendirilmesinden ibaret olabilir. Bu nedenle daha geniş bir zaman dilimine yayılmış birkaç çeşit resime sahip olmak verilerin doğal değişkenliği ve test edilmesi gereken olası hipotez gruplarından dolayı daha iyidir. Resif durumu hakkındaki bilgi olmaksızın habitat uygulamasının büyüklüğü, kompleksliği, taşıma kapasitesi veya biomas üzerindeki etkileri hakkında varsayımlar yapmak son derece güç olmaktadır [20]. Bir yapay resifin durumu uygulandığı süre; bir başka yapay resif, resif alanı olmayan bir alan, veya bir doğal resif gibi bazı standartlara bağlıdır [21-24].

Çalışma süresi: Çalışma konularına bağlı olarak resifin durumunu ortaya koyma amaçlı çalışmalar çeşitli zaman sürelerinde ele alınabilmektedir. Tüm habitat uygulamalarını devamlı incelemek mümkün değildir. Bu nedenle yapay habitat uygulamalarının değerlendirilmesi belirli aralıklarla gerçekleştirilen örnekleme sorveyleri ile yapılmaktadır. Ancak örnekleme sorveyleri arasındaki aralıklar örnekleme stratejisi ile belirlenmektedir. Örneğin, yeni kurulmuş bir yapay habitat uygulaması üzerinde kısa aralıklarla (örneğin yılın her ayında bir defa) sorvey çalışması yapılmamalıdır çünkü bu süre yeni kurulmuş böyle bir habitat uygulamasında veri kaydetmek için yeterli uzunluktaki bir süre değildir. Bu tür yeni kurulan habitat uygulamalarının üzerinde yoğun gözlem yapabilmek ve veri toplamak için uzun bir süre beklemeye gereksinim vardır.

Mukayeseli çalışmalar: Yapay resiflerin mukayeseli araştırmaları genellikle hükümet düzenlemesi için gerekli olmaktadır. Yapay resifler ile doğal resifler arasında fauna ve flora bakımından karşılaştırma yapmak içinde bu tür mukayeseli çalışmalara gereksinim vardır. Yapay resiflerin üretimi artırıp artırmadığı yada

sadece bir kaynak cezbedici olduğu yönünde bazı sorular mevcuttur [14, 18]. Doğal resifler üzerindeki yapay resiflerin baskısını ölçmek için insan yapımı habitat ile doğal habitat arasındaki organizmaların hareketinin incelenmesine gereksinim vardır [24, 25].

Etkili Faktörlerin Tesbiti: Yapay habitat uygulamalarını çevresel sistem içinde değerlendirmek ve işlevini tam anlamı ile kavrayabilmek için yapay habitat uygulamalarını kontrol eden ve etkileyen faktörleri bilmek önem taşımaktadır [22, 26, 27].

1. Yoğunluk-Bağımlı Faktörler: Yoğunluk bağımlı faktörler popülasyondaki büyüklük değişimleri gibi bir popülasyonun büyümesini kontrol etmektedir. Bu ilişki diğer faktörlerle olan etkileşimlere bağlı olarak pozitif, negatif veya daha değişik kombinasyonlarda olabilmektedir. Yoğunluk-bağımlı faktörler popülasyon içinde yer ve besin gibi bireyler tarafından tek tek ihtiyaç duyulan şeylerin miktarına ilişkin olarak popülasyon üzerinde niceliksel bir etkiye sahiptir. Örneğin, bir yoğunluk-bağımlı faktör olarak mevcut besin miktarı belirleyici olabilmektedir [28]. Daha fazla besin mevcudiyeti daha fazla besin tüketimi için potansiyel oluşturmada bu da sonuç olarak daha büyük bir popülasyonun oluşmasına neden olmaktadır. Bunun yanında biotik ve abiotik faktörlerde yoğunluk-bağımlı faktörler olarak dikkate alınmaktadır.

2. Yoğunluk-Bağımsız Faktörler: Yoğunluk-bağımsız faktörleri kavramsal olarak tanımlamak yoğunluk-bağımlı faktörlerin tanımlanmasından çok daha zordur. Yoğunluk-bağımsız faktörlerin etkisi ve etki derecesi popülasyonun yoğunluğuna bağlı değildir [29]. Örneğin, yapay habitat üzerindeki kolonizasyonlar fırtınalar ve *red tide* vakaları tarafından zarara uğratılabilir [22, 30]. Genel olarak, en önemli yoğunluk-bağımsız faktörler abiotik çevresel faktörlerdir. Gel-gitler, fırtınalar, akıntılar, ve dalgalar önemli yoğunluk-bağımsız faktörleri arasında sayılmakta ve bu faktörler yapay resif çalışmalarında en çok dikkate alınan ve üzerinde çalışılan konuları oluşturmaktadır [31]. Bazen bunların etkilerini genellikle dikkate alınan yoğunluk-bağımlı faktörlerin etkilerinden ayırt etmek hemem hemen olanaksızdır. Örneğin, denizlerdeki upwelling olayı mevcut oksijen miktarına etki eden bir yoğunluk-bağımsız faktörlerine örnek olarak gösterilebilmekle birlikte, aynı zamanda oksijen birçok aquatik topluluklar için bir yoğunluk-bağımlı faktördür. Yüzeysel materyali, pozisyonu coğrafik konumu, görünüşü, alanı ve hacmi gibi resif tasarımına ilişkin özellikler genellikle yapay resifin çevre etki değerlendirilmesinde dikkate alınan bilimsel kriterlerini oluşturmaktadır. Eğer organizmalar yaşamlarının bir dönemlerini bu yapıların üzerinde geçirmeye ihtiyaç gösteriyorlar ise ve aynı zamanda bu yapılar üzerinde bir dağılım, çoğalma mevcut ise bunlar yoğunluk-bağımlı faktörler olarak tanımlanabilirler. Aynı şekilde, resif tasarım özelliklerine ilişkin kıyıda olan mesafe, derinlik ve ışık miktarı gibi faktörlerde yoğunluk-bağımsız faktörler olarak ifade edilebilir.

Bilimsel Hipotezlerin Test Edilmesi: Yapay habitatlar çevre hakkındaki çeşitli varsayımların deneysel olarak test edilmesine dayanan modeller olarak kullanılmaktadır [18]. Yapay resiflerin birçok fiziksel özelliklerinde değişiklik yapmak ve değişiklikleri kontrol etmek mümkün olduğundan, yapay resifler ile özellikle mercan resifleri gibi doğal habitatlar üzerindeki çalışmalarla bağlantılı yapılan çalışmalar sonucunda aquatik çevreyi daha iyi anlama olanağına kavuşmaktayız [32]. Çalışma konuları tür-alan hipotezi, kolonizasyon teorisi, tür çeşitliliği ve benzeri konulardır [24, 32-37]. Yapay habitatların izlenmesi ve değerlendirilmesinde çevresel varyasyon, örnekleme hatası ile biotik ve abiotik faktörler arası etkileşimlerin yarattığı zorluklar dikkate alınmalıdır. Hangi verilerin toplanması gerektiğinin ve bu verilerin gerçek çalışmaya başlamadan önce nasıl güvenli bir şekilde değerlendirileceğinin çok iyi bilinmesi zorunluluğu vardır.

Veri Toplanması: Bir yapay habitat çalışmasının değerlendirilmesinde elde edilmesi gereken veriler aşağıda özet halinde listelenmiştir.

1. Biotik Değişkenler
 - A. Balıkçılık
 1. Birim Av Gücü
 2. Sörvey
 3. Stoğa Katılım
 - B. Bolluk (Bulunma Yoğunluğu)
 1. Birey Sayısı
 2. Örtü
 3. Yoğunluk
 4. Çeşitlilik
 5. Hakimiyet

6. Topluluk Benzerliği
 7. Oluşma
 8. Zenginlik
 9. Bağımlı Önemlilik
 10. Biomass
 11. Kolonizasyon
- C. Yaşama İlişkin Bilgiler
1. Yaş
 2. Büyüme
 3. Boyut
 - a. Boy
 - b. Ağırlık
 4. Kondisyon Faktörü
 5. Beslenme
 6. Barınaklar
 7. Tercih Edilen Barınaklar
 8. Saldırı
 9. Larval Gelişim
 10. Üreme
 11. Göç
- D. Abiotik Değişkenler
1. Zemin
 2. Yerel Koşullar
 - a. Yer
 - b. Sıcaklık
 - c. Görünürlük
 - d. Kirlilik
 - e. Dalga ve Deniz Durumu
 - f. Hava Koşulları
 3. Resif Nitelikleri
 4. Karasal Uyum
 - a. Ay Çekimi
 - b. Akıntılar
 5. Mevsim
 6. Gün Zamanı

V. YAPAY AKUATİK HABİTAT UYGULAMALARININ SOSYAL VE EKONOMİK YÖNDEN DEĞERLENDİRİLMESİ

İdeal olarak, yapay habitatların sosyal ve ekonomik yönden değerlendirilmesi üç çeşit bilgiyi içermelidir:

- 1-Farklı araştırmacılar tarafından doğrulanmış bilgiler.
- 2-Bir projenin sonuçları üzerindeki varsayımların sınıranabilirliği üzerine bilgiler.
- 3-Projenin ekonomik etkinliği hakkındaki bilgiler.

İlave olarak; sosyoekonomik değerlendirmenin efektif olması proje amaçlarına ve balıkçılık yönetimine odaklanmış bazı sorunlar ile de sıkı sıkıya ilişkilidir [38].

Yapay akuatik habitat uygulamaları genel veya özel kapsamlı amaçlar için uygulanmaktadır. Örneğin, Amerika'da uygulanan "Birleşik Devletler Yapay Resif Planı" ABD Ticaret Bakanlığı tarafından gerçekleştirilen rekreasyonel ve ticari balıkçılığı arttırmaya yönelik bir proje olup genel bir amaca yönelik yapay habitat gelişiminden yararlanacak bir kullanıcı grubu oluşturulması hedeflenmiştir.

Bazı durumlarda ise parasal kriter hiç önemli olmayabilir fakat parasal gelir beklenmeyen böyle bir uygulamanın çok özel bir nedeni olabilmektedir. Örneğin bir yapay habitat projesinin amacı, dalış gezisine çıkan ziyaretçilerin bu geziden hoşnut kalmalarını sağlamak ve rekreasyonel dalış aktivitelerinin artışına katkıda bulunmak olabilmektedir. Bu şekilde uygulanan yapay habitat uygulamaları özel amaçlı uygulamalara iyi bir örnek teşkil etmektedir. Bunun yanında spor ve eğlence amaçlı olta balıkçılığında bu tür yapay akuatik habitat sahalarında çok sık uygulandığı ve hatta bu tür uygulamalar için esas teşkil ettiği bilinmektedir.

Sosyoekonomik değerlendirmenin amacı bir yapay habitat sitesinin mülkiyet ve kontrol modellerine bağlıdır. Değerlendirme şekli projenin amacı ve bulunduğu özel coğrafik alanın durumu ile yakından ilişkilidir. Değerlendirmeler aşağıda belirtilen üç genel kategori içinde gruplandırılabilir: a) izleme, b) ekonomik aktivite ve sosyal yapıdaki değişikliklerin ölçülmesi ve c) projenin etkinlik derecesinin analizi.

VI. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapay akuatik habitat uygulamaları gerçekçi bir kıyı kullanım planının yapılmasını takiben biyolojik, teknik, sosyal, hukuksal ve diğer birçok kriter gözönüne alınarak gerçekleştirilmelidir. Türkiye'de Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesinin Urla Hekimadası ve Çeşme Dalyanköy civarlarında uyguladığı iki pilot yapay resif çalışması ile Dokuz Eylül Üniversitesi Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Enstitüsü tarafından Foça'da uygulanan yine pilot çalışmadan başka bugüne kadar planlı ve çok kapsamlı bir yapay akuatik habitat uygulamasına geçilememiştir.

Son yıllarda Akdeniz'e kıyısı olan ülkeler arasında özellikle İtalya başta olmak üzere Fransa'da bu konuda önemli uygulamalar gerçekleştirilmektedir. Oldukça uzun bir sahil şeritine sahip olan Türkiye'nin hem kıyılarının korunması hem de canlı kaynak artışına olan olumlu katkıları nedeni ile zaman geçirilmeden geniş kapsamlı gerek tüzel ve gerekse özel kurum ve kuruluşlarca desteklenen yapay akuatik habitat uygulamalarının gerçekleştirilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- [1] Thierry JM. "Artificial reefs in Japan .A general outline". Aquacultural Engineering 0144-8609/88/Elsevier Science Publishers, Sayfa 321-349, 1988
- [2] Brock RE, Norris JE. "An analysis of the efficacy of four artificial reef design in tropical water". Bulletin of Marine Science No. 44 ,Sayfa 934-941, 1989
- [3] Bombace G. "Artificial reefs in the Mediterranean Sea" Bulletin of Marine Science, No. 44 Sayfa 1023-1032, 1989
- [4] Ramos AA, Bayle "J. Management of living resources in the marine reserve of Tabarca island (Alicante, Spain)". Bulletin de la Societe Zoologique de France, No. 114(4): Sayfa41-48, 1990
- [5] Cirik Ş. "Yapay deniz dibi barınakları ve ülkemizde ilk uygulamalar". Çevre 88 kongresi, Çukurova Üniversitesi, Adana, 1989
- [6] Lök A. "Yapay resiflerin uygulanabilirliği üzerine bir araştırma". (Doktora tezi) E.Ü.Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 1995
- [7] Chang K. "Review of artificial reefs in Taiwan. Emphasizing site selection and effectiveness". Bulletin of Marine Science No. 37 Sayfa 143-150, 1985
- [8] Bailey-Brock JH. "Fouling community development on an artificial reef in Hawaiian waters". Bulletin of Marine Science No. 44 Sayfa 580-591, 1989
- [9] Mc.Gurrin JM, Stone RB, Sousa RJ. "Profiling United States artificial reef development". Bulletin of Marine Science, No. 44 Sayfa 1004-1013, 1989
- [10] Milan JW. "Economic evaluation of artificial reef habitat for fisheries: Progress and challenges". Bulletin of Marine Science No. 44 Sayfa 831-843, 1989
- [11] Polovina JJ. Sakai L. "Impacts of artificial reefs on fishery production in Shimamaki, Japan". Bulletin of Marine Science No. 44 Sayfa 997-1003, 1989
- [12] Grove RS, Sonu CJ. "Fishing reef planning in Japan". in F.D. Itri editor. Artificial reefs: Marine and freshwater applications .Lewis publishers , Inc., Chelse, Michigan Sayfa 187-251, 1985
- [13] Molles MC. "Fish species diversity on model and natural patch reefs: Experimental insular biogeography". Ecological Monographs No.48 Sayfa 831-843, 1978
- [14] Bohnsack JA, Sutherland DL. "Artificial reef research: A review with recommendations for future priorities". Bulletin of Marine Science No. 37 Sayfa11-39, 1985
- [15] Nakamura M. "Evaluation of artificial fishing reef concepts in Japan". Bulletin of Marine Science No. 37 Sayfa271-278, 1985
- [16] Hueckel GJ, Buckley RM, Benson BL. "Mitigating rocky habitat loss using artificial reefs" Bulletin of Marine Science No. 44 Sayfa 913-922, 1989
- [17] Rellini G, Relini LO. "Artificial reefs in the Ligurian sea (northwestern Mediterranean): Aims and results". Bulletin of Marine Science, No. 44 Sayfa 743-751, 1989
- [18] Bohnsack JA. "Are high densities of fishes at artificial reefs the result of habitat limitation or behavioral preference". Bulletin of Marine Science, No. 44 Sayfa 631-645, 1989
- [19] Seaman W, Buckley Jr. RM, Polovina JJ. "Advance in knowledge and priorities for research technology and management related to artificial aquatic habitats" Bulletin of Marine Science, No. 44 Sayfa 527-532, 1989

- [20] Prince ED, Maughan OE, Brouha P. "Summary and update of the Smith Mountain Lake artificial reef project". in F.M.D. Itri editor Artificial reefs: Marine and freshwater applications, Lewis Publishers Inc., Michigan, Sayfa 401-430, 1985
- [21] Hasting RW. "The origin and seasonality of the fish fauna on a new jety in the northeastern Gulf of Mexico". Florida state museum Biological Science No. 24(1): Sayfa 1-124, 1979
- [22] Bortone SA, Van Orman D. "Biological survey and analysis of Florida's artificial reefs". technical paper, Florida Sea Grand College , Gainesville, Sayfa 34, 1985
- [23] Alevizon WS, Gorham JC. "Effects of artificial reef deployment on nearby resident fishes". Bulletin of Marine Science No.44 Sayfa 646-661, 1989
- [24] Brock RE. "Preliminary of the feeding habits of pelagic fish around Hawaiian fish aggregation devices or can fish aggregations devices enhance local fisheries". Bulletin of Marine Science No. 37 Sayfa40-49, 1985
- [25] Fast DE, Pagan FA. "Comparision of fishes and biomass by trophic levels on artificial and natural reefs of southwestern Puerto Rico". derleyen Colunga L, Store RB. Proceeding of an International Conference on Artificial reefs, TAMU-SG 74-103. Texas A&M University Sea Grant college Program, College Station, Sayfa 58, 1974
- [26] Gauch H G, Jr. "Multivariate analysis in community ecology". Cambridge University Press, Cambridge. England, 1982
- [27] Patton ML, Grove RS, Harman RF. "What do natural reefs tell us about designing artifical reefs in Southern California". Bulletin of Marine Science No. 37 Sayfa 279-298, 1985
- [28] Pitcher TJ, Hart PJB. "Fisheries Ecology". AVI Publishing Company, Connecticut, 1982
- [29] Pennak RW. "Dictionnary of zoology". Ronald Press, Newyork, 1964
- [30] Smith GB. "Red tide and its impact on certain reef communities in the mid-eastern Gulf of Mexico". Environmental letters No.9(2): ayfa 141-152, 1975.
- [31] Lukens RR, Cirino JD, Ballard JA, Gedges G. "Two methods of monitoring and assesment of artificial reef materials". Special Report 2-WB Gulf States Marine Fisheries Commission ,Ocean springs, Mississippi, 1989
- [32] Hixon MA., Beets JP. "Shelter Charateristics and Caribbean Fish Assemblages; Experiments with artifical reefs". Bulletin of Marine Science, No. 44 Sayfa 666-680, 1989
- [33] Smith CL, Tyler JC. "Succession and stability in fish communities of dome-shaped patch reefs in the West Indies". American Museum Novitates 2572, Sayfa 1-18, 1975
- [34] Talbot FH, Russel BC, Anderson GVR. "Coral reef fish communities: Un-stable high-diversity systems". Ecological monographs No. 48 Sayfa 425-440, 1978
- [35] Lukens RR. "Ichthyofaunal colonization of a new artificial reef in northern gulf of Mexico". Gulf Research Reports No. 7 Sayfa 41-46, 1981
- [36] Slobodlin LB, Fishelson L. "The effect of the cleaner-fish *Labroides dimidiatus* on the point diversity of fishes on the reef front at Eilat". American Naturalist No. 108 Sayfa 369-376, 1974
- [37] Helfman GS. "Patterns of community sturcture in fishes :Summary and overview". Environmental Biology of Fishes No. 3 Sayfa 129-148, 1983
- [38] Freeman HE, Rossi PH, Wright SR. "Evaluating social projects in developing countries. Development Centre of The Organization For Economic Co-operation and Development". Paris, 1979

İSKENDERUN KÖRFEZİ'NDE BENTİK FORAMİNİFER DAĞILIMI

Niyazi Avşar¹, Engin Meriç²

¹ Çukurova Üniversitesi Müh.-Mim. Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 01330 Balcalı-Adana
² İstanbul Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, 34850 Avcılar-İstanbul

Özetçe-Avrupa Ekonomi Topluluğu tarafından desteklenen AVICENNA Projesi kapsamında İskenderun Körfezi'nin sığ bölgelerinden (6-82m) derlenen tortul örneklerde toplam 36 familyaya ait 126 tür saptanmıştır. Bölgede 13 adet güncel foraminifer topluluğu tanımlanmış olup, bunların 10 tanesinde kalker kavkılı türler dominanttır. Bu 10 topluluğun altı tanesi sığ su karakteristiğidir. Bunlar sırasıyla *Ammonia tepida* Cushman, *Peneroplis pertusus* (Forskal), *Peneroplis planatus* (Fichtel ve Moll), *Amphistegina lobifera* Larsen, *Adeelosina cliarensis* (Heron-Allen ve Earland) ve *Pararotalia spinigera* (le Calvez)'dir. Geri kalan dört tanesi ise derin deniz karakteristiğidir ki bunlar; *Bullimina elongata* d'Orbigny, *Rectuvigerina phlegeri* le Calvez, *Guttulina lactea* Walker ve Jacob ve *Valvulineria bradyana* (Fornasini)'dir. Diğer üç toplulukta ise aglutinant foraminiferler dominant olup, bunlar *Reophax scorpiurus* Montfort, *Lagenammia fusiformis* (Williamson) ve *Textularia bocki* Höglund'dir. Bu son üç topluluk genelde körfezin kuzey ve merkezi kısmında bulunmaktadır.

I. GİRİŞ

İskenderun Körfezi Akdeniz'in doğusunda yer almaktadır (Şekil 1). Körfez açık denize doğru tedrici olarak derinleşmekte olup, en derin yeri 90 m dir. Morfolojik özellik olarak körfezin batı tarafında *Ceyhan Nehri*'nin oluşturduğu delta ile birlikte, sahil boyunca dağılmış bir çok dere ağızı görülmektedir.

Körfez'de şimdiye kadar bentik foraminiferler ile ilgili hiç bir çalışma yapılmamıştır. Daha önce körfezin sedimentolojisi, biyostratigrafisi, kirliliği, su sirkülasyonu ve ötrifikasyonu ile ilgili olarak bazı çalışmalar yapılmıştır [1-7].

Bu çalışmanın amacı AVICENNA projesi kapsamında alınan örneklerden elde edilen bentik foraminiferlerin körfezdeki dağılımını ortaya koymaktır.



Şekil- 1. İskenderun Körfezi bulduru haritası.

II. YÖNTEM

İskenderun Körfezi'nin *Ceyhan Nehri*'nin ağızına kadar olan bölümü 3.5 millik grid ağı ile 140 istasyona ayrılmıştır (Şekil 2). Bu grid ağı sanayinin yoğun olduğu bölgelerde 0.75 mile düşürülmüştür. Grid ağı içindeki 140 istasyondan, 101 Van Veen Grab Örnek Alıcısı kullanılarak, bentik foraminifer içeren dip

çökellerinden örnek ve dört istasyondan da gravite kuru alınmıştır (Şekil 3). Alınan bu örnekler bir litre deniz suyuna 20gr Na₂ B₄O₇ (Na-borat) ilave edilerek hazırlanan %4 lük formalin solüsyonu ile işleme tabi tutulmuştur. Bu işlem yaşayan formların sitoplazmasını korumak için yapılmıştır [8].

Laboratuarda Rose Bengal ile boyanan numunelerden sadece canlı olan foraminiferler üzerinde mikropaleontolojik çalışmalar gerçekleştirilmiştir [9].

Elde edilen foraminiferlerin taksonomik tanımlarında gibi çalışmalardan yararlanılmıştır [10-14].

III. BULGULAR

Körfez örneklerinde 36 familya ve 67 cinse ait 126 foraminifer türü saptanmıştır. 5 familyaya ait olan aglutinant formlar, 11 tür ile temsil edilmiştir. Bu formlar içerisinde en bol bulunanları *Lagenammia fusiformis* (Williamson), *Reophax scorpiurus* Montfort ve *Textularia bocki* Höglund'dir. Kalkerli formlar ise 31 familya ve 115 tür ile temsil edilmişlerdir.

İskenderun Körfezi'nde 13 güncel foraminifer topluluğu tanımlanmıştır (Şekil 2). Bölgedeki istasyonların çoğunda kalker kavkılı türlerin baskın olduğu 10 topluluk görülmektedir. Bunun ilk 6 tanesi sıg su formları için karakteristik olup, sahil boyunca *Ceyhan Nehri* ağızından *Uluçınar*'a kadar şu şekilde izlenmektedir.

Topluluk 1. *Ammonia tepida* Cushman dominanttır. Genellikle sahil çizgisine yakın sıg kumlu ortamlar boyunca 13 m derinliğe kadar izlenmektedir. *A. tepida* Cushman'nın dominant olduğu yedi istasyon vardır (42, 49, 56, 84, 94, 110 ve 133). Bu topluluk genellikle şu türleri içermektedir; *Adelosina cliarensis* (Heron-Allen ve Earland), *Peneroplis pertusus* (Forskal), *Sorites orbiculus* Ehrenberg, *Ammonia compacta* Hofker, *Pararotalia spinigera* (le Calvez) ve *Elphidium striato-punctatum* (Fichtel ve Moll).

Topluluk 2. *Peneroplis pertusus* (Forskal)'un dominant olduğu bu topluluk çakıl boyundaki kaba taneli deniz tabanı yüzeyinde, 23-37m derinlikte dağılım göstermektedir. *P. pertusus* (Forskal)'un baskın tür olarak bulunduğu on istasyon mevcuttur (35, 36, 37, 59, 93, 102, 103, 117, 118 ve 119). Bu toplulukta; *P. planatus* (Fichtel ve Moll), *Coskinospira hemprichii* Ehrenberg, *S. orbiculus* Ehrenberg, *A. compacta* Hofker, *A. tepida* Cushman ve *Amphistegina lobifera* Larsen gibi türler gözlenir.

Topluluk 3. *Peneroplis planatus* (Fichtel ve Moll) beş istasyonda (40, 54, 60, 76 ve 85) dominant tür olarak bulunmuştur. Ayrıca bu topluluk içerisinde sırasıyla *A. cliarensis* (Heron-Allen ve Earland), *P. pertusus* (Forskal), *S. orbiculus* Ehrenberg, *A. compacta* Hofker, *A. tepida* Cushman, *P. spinigera* (le Calvez) ve *E. striato-punctatum* (Fichtel ve Moll)'da izlenmiştir. *P. planatus* (Fichtel ve Moll)' da, *P. pertusus* (Forskal) gibi çakıl boyutundaki kaba taneli deniz tabanında bulunur. Fakat, derinlik dağılımı ondan biraz daha dar alanlarla sınırlanmıştır.

Topluluk 4. *Uluçınar* önlerinde körfezin en güney kısmında sınırlanan ve *Amphistegina lobifera* Larsen'nin baskın tür olarak bulunduğu bu topluluk 12-24 m arasında dağılım göstermektedir. *A. lobifera* Larsen dominant tür olarak altı istasyonda (120, 121, 123, 125, 139 ve 139-2) izlenmiştir. Bu topluluk içerisinde *C. hemprichii* Ehrenberg, *P. pertusus* (Forskal), *P. planatus* (Fichtel ve Moll), *S. orbiculus* Ehrenberg, *A. compacta* Hofker ve *Heterostegina depressa* d'Orbigny gibi türler tayin edilmiştir.

Topluluk 5. *Adelosina cliarensis* (Heron-Allen ve Earland) (11-21m) üç istasyonda (4, 7 ve 77) dominant tür olarak bulunmaktadır. Bu topluluk *Edonstomina cultrata* (Brady), *Triloculina marioni* Schlumberger, *C. hemprichii* Ehrenberg, *Bulimina elongata* d'Orbigny ve *Pseudotriloculina laevigata* (D'Orbigny) gibi türleri kapsamaktadır.

Topluluk 6. *Pararotalia spinigera* (le Calvez) (8-9 m)'nın hakim olduğu bu topluluk üç istasyonda (44, 48 ve 75) gözlenmiştir. Ayrıca bu toplulukta *A. cliarensis* (Heron-Allen ve Earland), *P. pertusus* (Forskal), *P. planatus* (Fichtel ve Moll), *S. orbiculus* Ehrenberg, *B. elongata* d'Orbigny ve *A. compacta* Hofker izlenmiştir.

Kalker kavkılı türlerin baskın olduğu son dört toplulukta derin deniz formları bulunmakta ve bunlar genellikle körfezin derin kısımlarında yer almaktadır.

Topluluk 7. Körfezin iç kısımlarında ve kuzey sahilleri boyunca, kilce zengin bir tabanda (18-82m) *Bulimina elongata* d'Orbigny dominant tür olarak bulunmaktadır. Bu tür oniki istasyonda (1, 5, 43, 51, 52, 61, 74, 78, 92, 95, 96 ve 133A) baskın olarak gözlenir. Bu topluluk içerisinde; *Reophax scorpiurus* Montfort, *Textularia bocki* Höglund, *P. laevigata* (d'Orbigny), *Guttulina lactea* Walker ve Jacob, *Brizalina spathulata* (Williamson), *Fursenkoina acuta* (d'Orbigny), *Nonionides grateloupi* (d'Orbigny), *Nonionella turgida* (Williamson) ve *Rectuvigerina phlegeri* le Calvez gibi türler bulunmaktadır.

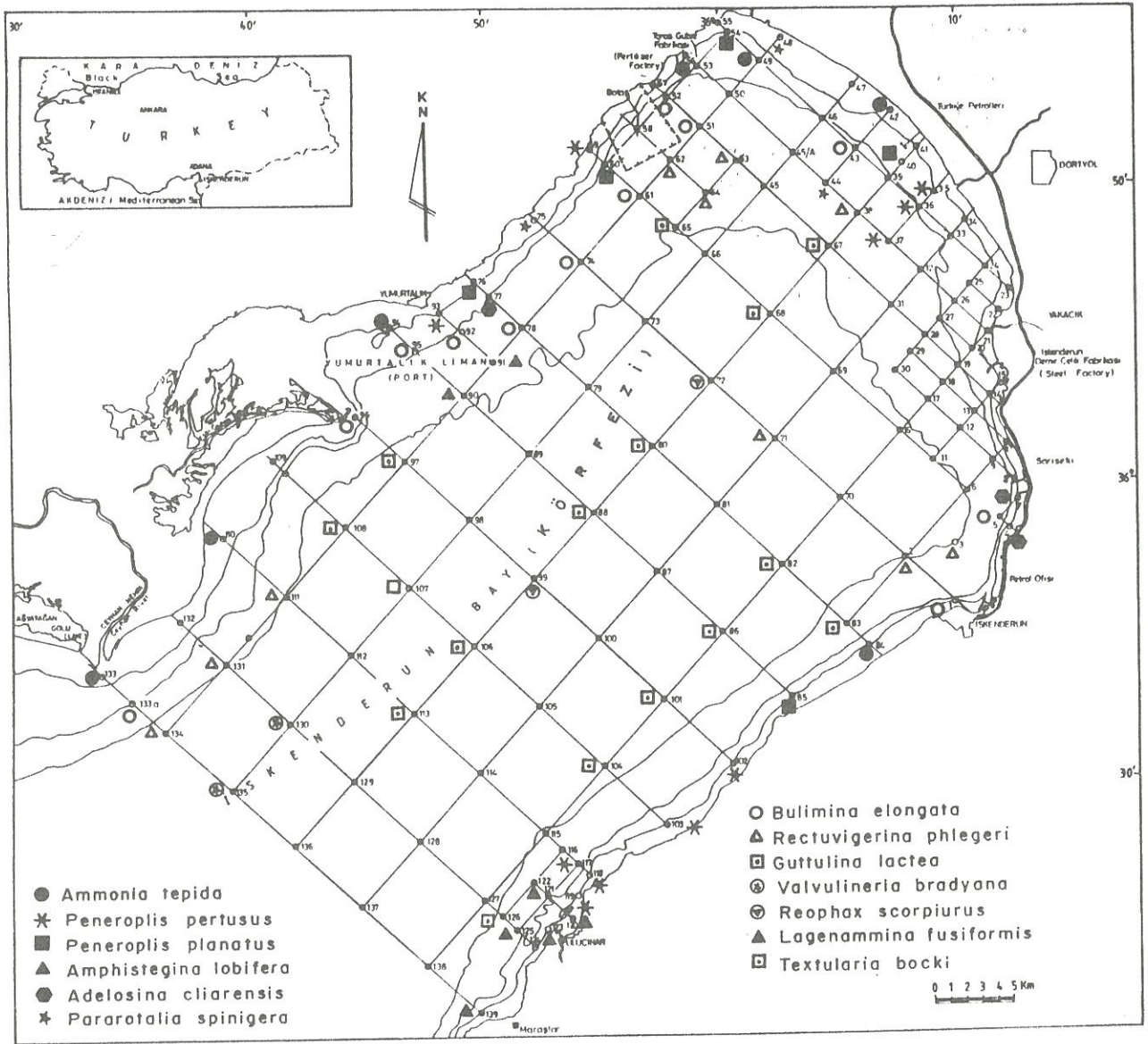
Topluluk 8. *Rectuvigerina phlegeri* le Calvez'nin (41-68m) hakim olduğu bu topluluk çamurlu bir zemin ve on istasyonda (2, 3, 38, 62, 63, 64, 71, 111, 131 ve 134) gözlenmektedir. Bu topluluk içerisinde şu türler tayin edilmiştir; *Lagenammia fusiformis* (Williamson), *R. scorpiurus* Montfort, *T. bocki* Höglund, *G. lactea* Walker ve Jacob, *F. acuta* (d'Orbigny), *B. elongata* d'Orbigny ve *B. spathulata* (Williamson).

Topluluk 9. *Guttulina lactea* Walker ve Jacob'nın dominant olduğu bu topluluk körfezin en derin yerlerini teşkil etmektedir (50-80m). Bu topluluk *R. phlegeri* le Calvez ile aynı özelliğe sahip zeminde bulunmaktadır.

Topluluğun gözlemlendiği istasyonlar (65, 67, 68, 80, 82, 83, 86, 88, 97, 101, 104, 106, 108, 113 ve 126) ve beraber bulunduğu foraminifer türleri; *L. fusiformis* (Williamson), *R. scorpiurus* Montfort, *T. bocki* Höglund, *A. cliarensis* (Heron-Allen ve Earland), *Lagena striata* (d'Orbigny), *B. spathulata* (Williamson), *R. Phlegeri* le Calvez, *B. elongata* d'Orbigny, *B. marginata* d'Orbigny ve *F. acuta* (d'Orbigny)'dır.

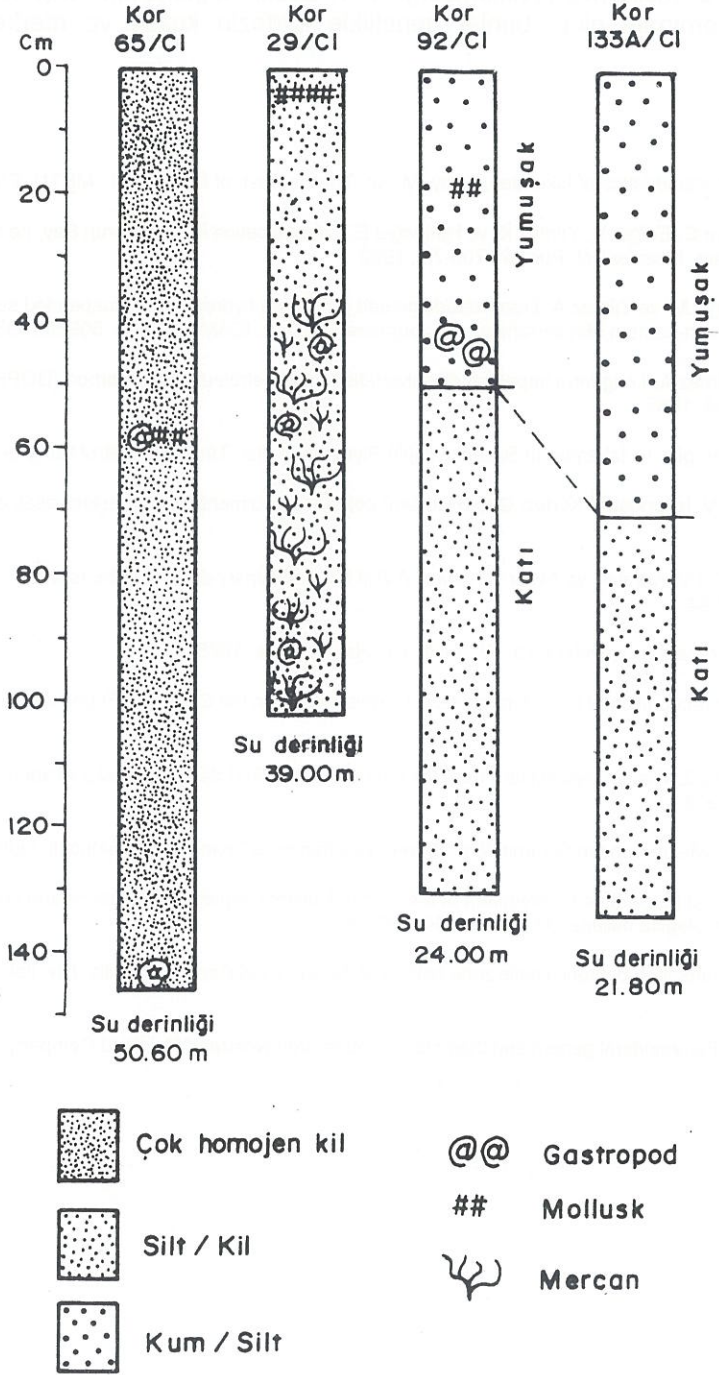
Topluluk 10. Körfezin girişinde, killi bir tabanda (76m), birkaç istasyonda (130, 135) *Valvulineria bradyana* (Fornasini)'nin dominant olduğu topluluk bulunmaktadır. Bu topluluk içinde *B. aculeata* d'Orbigny, *Uvigerina peregrina* Cushman ve *U. mediterranea* Hofker bulunmaktadır.

Topluluk 11, 12 ve 13. Sırasıyla *Reophax scorpiurus* Montfort, *Lagenamma fusiformis* (Williamson) ve *Textularia bocki* Höglund gibi aglutinant foraminiferlerin dominant olduğu topluluklardır. Bunların haricinde *Trochammina inflata* (Montagu) ve *Eggerella propinqua* (Brady)'da mevcut olup, dominant değildir.



Şekil- 2. İskenderun Körfezi 'nde dominant türlerin dağılım haritası.

Bu topluluklar genellikle körfezin kuzey ve merkezi kısımlarında (72, 99; 90, 91 ve 107) bulunmaktadır. Bunların içerisinde *A. cliarensis* (Heron-Allen ve Earland), *L. striata* (d'Orbigny), *B. spathulata* (Williamson), *R. phlegeri* le Calvez, *G. lactea* Walker ve Jacob ve *B. marginata* d'Orbigny gibi foraminiferler belirlenmiştir.



Şekil-3. İskenderun Körfezi'nden derlenen 4 sondaj korunun litolojik özellikleri [7].

IV. TARTIŞMA VE SONUÇ

İskenderun Körfezi'nden derlenen örneklerde 36 familyaya ait toplam 126 tür tayin edilmiş ve bölgede 13 adet foraminifer topluluğu ayrılanmıştır.

Bu topluluklardan 10'unda kalker kavkılı türler dominant olup, *A. tepida* Cushman, *P. pertusus* (Forskal), *P. planatus* (Fichtel ve Moll), *A. lobifera* Larsen, *A. cliarenensis* (Heron-Allen ve Earland) ve *P. spinigera* (le Calvez) gibi türler sığ denizi ve *B. elongata* d'Orbigny, *R. phlegeri* le Calvez, *G. lactea* Walker ve Jacob ile *V. bradyana* (Fornasini) gibi türler ise derin deniz ortamını karakterize etmektedir.

R. scorpiurus Montfort, *L. fusiformis* (Williamson) ve *T. bocki* Höglund'nin oluşturduğu üç toplulukta aglutinant foraminiferler dominant olup, bunlar genellikle körfezin kuzey ve merkezi kısımlarında yer almaktadır.

KAYNAKLAR

- [1] İyiduyar O. Hydrographic characteristics of İskenderun Bay. M. Sc. Thesis, Inst. of Marine Sci., METU, Erdemli, 57 s, 1986
- [2] Yılmaz A. Baştürk O. Saydam C. Ediğer V. Yılmaz K. ve Hatipoğlu E. Eutrophication in İskenderun Bay, north- astern Mediterranean. In: Science of total environment. Elsevier Sci. Publish. 705-717, 1992
- [3] Saydam C. Salihoğlu İ. Sakarya M. ve Yılmaz A. Dissolved/dispersed petroleum hydrocarbons suspended sediment, plastic pelagic tar and other litter in the northern-eastern Mediterranean. VII Journees Pollution. IESM, Lucerne. 509-518, 1984
- [4] Salihoğlu İ. Saydam C. ve Yılmaz A. Long term impact of dissolved/dispersed petroleum hydrocarbon (DOPH) in Gulf of İskenderun. Chemosphere, 16, 2/3, 381-394, 1987
- [5] Uffenorde H. Lund J J. ve Georgi K H. İskenderun Baseni Neojen Biyostratigrafisi. Türkiye 8. Petrol Kongresi, 363-370, 1990
- [6] Ergin M. Kazan B. ve Ediger V. İskenderun Körfezi Geç (Holosen) çökellerin sedimentolojik ve jeokimyasal özellikleri. TJK Bült., 10, 230-235, 1995
- [7] Basso D. Spezzaferri S. Yanko V. Koral H. ve Avşar N. Cruise AVI-II 93: preliminary data from the İskenderun Bay (Turkey). Rend Fis. Acc. Lincei, 9, 5, 233-245, 1994
- [8] Boltowskoy E. ve Wright R. Recent foraminifera. Dr. W. Junk, The Hague, 515 s, 1976
- [9] Walton W R. Techniques for recognition of living foraminifera. Contribution from the Cushman Foundation for Foraminiferal Research, 3 (2), 56-60, 1952
- [10] Hottinger L. Halicz E. ve Reiss Z. Recent foraminifera from the Gulf of Aqaba, Red Sea. Slovenska Akademija Znanosti in Umetnosti, Ljubljana, 179 s, 230 levha, 1993
- [11] Cimerman F. ve Langer M R. Mediterranean Foraminifera. Slovenska Akademija Znanosti in Umetnosti, Ljubljana, 118 s, 93 levha, 1991
- [12] Sgarella F. ve Moncharmont Zei M. Benthic Foraminifera of the Gulf of Naples (Naples): systematics and autoecology, Modena. Bolletino della Societa Paleontologica Italiana, 32 (2), 145-264, 1-26, 1993
- [13] Parisi E. Distribuzione dei foraminiferi bentonici nelle zone batiali del Tirreno e del Canale di Sicilia. Riv. Ital. Paleont., 87 (2), 293-328, 1981
- [14] Loeblich A R. ve Tappan H. Foraminiferal genera and their classification. Van Nostrand Reinhold Company, New York, 2 cilt, 970 s, 847 levha, 1988

YAZAR DİZİNİ

Aker H. G. 108
Aktaş Ş. 17, 24, 54
Aydın M. 64
Aydın S. 24
Avşar N. 183, 187, 220
Bahadırlar Y. 24
Bilgin T. 58
Brubakk A .O. 1, 9
Cecan H. 138
Cengiz M. 108
Dönmez R. 69
Egi S. M. 24, 52
Eftedal O. 24, 97, 103
Ekinci E. 69
Erenoğlu C. 157
Ergünt R. H. 134, 165
Günsenin N. 163
Imbert J. P. 30, 42
Karaer O. 157
Kocabaş H. 177
Kosyan R. D. 126, 130
Köktürk P. 58
Le Péchon J. C. 142, 147
Lök A. 212
Meriç E. 183, 187, 220
Nikolaev V.P. 119, 123, 126, 130
Özkal U. 17
Öztürk B. 208
Saygın Ö. 75
Sevinç H. 154
Soyer Ç. 115
Şamlı A. C. 187
Şenol A.K. 165
Tokaç A. 212
Toklu A.S. 54
Tolay M. 69
Tüfekçioğlu H.B. 58
Türker A. 84
Ulaş A. 84
Uz B.M. 75, 79
Ünsal S. 212
Yeşilleyen F. 24
Yıldız Y. 173
Yokeş B. 152, 193

Arthur Andersen

EUROPE, MIDDLE EAST INDIA AND AFRICA

Algeria	Maldives
Andorra	Malta
Austria	Mauritius
Bahrain	Morocco
Bangladesh	Namibia
Belgium	Nepal
Bulgaria	Netherlands
Cameroon	Nigeria
Channel Islands	Norway
Croatia	Oman
Cyprus	Pakistan
Czech Republic	Poland
Denmark	Portugal
Egypt	Qatar
Finland	Romania
France	Russia
Germany	Saudi Arabia
Greece	Senegal
Hungary	Slovakia
Iceland	South Africa
India	Spain
Iran	Sri Lanka
Ireland	Sudan
Israel	Sweden
Italy	Switzerland
Ivory Coast	Syria
Jordan	Tunisia
Kazakhstan	Uganda
Kenya	Ukraine
Kuwait	United Arab Emirates
Latvia	United Kingdom
Lebanon	Uzbekistan
Libya	Yemen
Luxembourg	Yugoslavia
Madeira	Zimbabwe

AMERICAS

Anguilla	Guatemala
Antigua	Jamaica
Argentina	Martinique
Bahamas	Mexico
Barbados	Montserrat
Belize	Netherlands Antilles
Bermuda	Nevis
Brazil	Panama
Canada	Peru
Cayman Islands	Puerto Rico
Chile	St.Kitts
Colombia	St.Lucia
Ecuador	St.Vincent
Grenada	United States
Guadeloupe	Venezuela

ASIA/PASIFIC

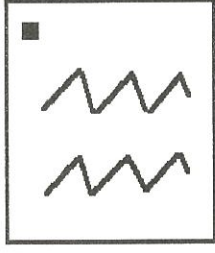
Australia	New Zealand
Brunei	Papua New Guinea
China	Philippines
Fiji	Singapore
Hong Kong	South Korea
Indonesia	Taiwan
Japan	Thailand
Malaysia	Vietnam
Myanmar	

and in TÜRKİYE

Büyükdere cad. Beytem Plaza Kat:10 Şişli 80220 İstanbul
Tel:(0212) 232 12 10 Pbx - 232 92 90 - Fax:(0212) 230 82 91

Other Offices

Ankara: Arjantin cad. No:17/8 Kavaklıdere
İzmir: Halit Ziya Bulvarı No:74 Kat:2 A2 Alsancak



GD

Tic. Sicil No./Com. Reg. No: 336618-284200

Gemi Kurtarma
Sualtı Taahhüt
Mühendislik-Müşavirlik
Müşavirlik-Kontrol
Römorkaj Hizmetleri

Salvage
Underwater Construction
Engineering-Consulting
Control
Tug-boat Services

Kiralık Ekipmanlarımız
10-150 tonluk yüzervinç
Romorkör
100-3000 tonluk şat

Hired Equipment
10 to 150 tons
Floating Crane
Tug-boat
100 to 3000 tons barges

GENTA DENİZCİLİK VE İNŞAAT
TİCARET A.Ş.
ULU SOK. NO:29
GÜLTEPE / İSTANBUL

TEL: 0 532 312 77 15
0 212 281 41 03
0 212 281 41 15
0 212 281 41 65



“SHERWOOD İLE, YALNIZCA FOTOĞRAFA KONSANTRE OLURUZ, EKİPMANA DEĞİL”

-Liz ve Andrew Wight
Profesyonel dalgıç ve film yapımcısı

“Biz su altı canlılarının en güzel görüntülerini fotoğraflamak amacıyla dalıyoruz.

Bu yüzden, kendimizi güvende hissedebileceğimiz ve çalışmalarımızı aksatmayacak malzeme kullanmak zorundayız. Hatta, ahtapot regülatör gibi her dalışta kullanılmayan ekipmanda bile... Ancak eminim ki, eğer ona gerek duyarsam, beni güç durumda bırakmayacak.

Kullandığım ahtapotun tasarımı mükemmel ve oldukça küçük. Biliyorum, o her zaman yerinde ve kullanıma hazır.”

“Endişeye gerek yok, o bir Sherwood.”

-Liz Wight

EMNİYETLİ DALIŞLAR

Sherwood'un yeni ahtapotu - Ahtapot amacıyla tasarlanmış ilk regülatör.

Standart ahtapotlardan % 35 daha küçük.

Küçültülmüş profil-hafifletilmiş gövde.

BC'ye bağlanabilir veya BC cebinde korunabilir.

Mercan reefleri ve çevre ile dost.

Triax® gövde ile daha uzun ömür.

Hızlı tahliye için ergonomik tasarım.

Küçük hacim.

Standart ahtapotlara oranla daha kolay temizlenebilir.

Her konumda kullanılabilir -hatta tersken bile.

Serbest akış olasılığını azaltır hava tasarrufu sağlar.

İstem durumunda rahat ve konforlu bir hava akışı sağlar.

**SHERWOOD
SCUBA**

Yılmaz 
BALIKADAM
DONATIM SANAYİ LTD.
Zümrütevler Çilek Sok. No:3 Maltepe 81550 İST.
Tel: 216-399 1515 Faks: 216-352 2436



METROPOL

WELSOBOT



YENI ZUTKUNUZ

Metropol FM 103

Türkiye Çimento ve Hazır Betonda Dünyayla Entegre Oldu

YİBİTAŞ LAFARGE

YİBİTAŞ LAFARGE ORTA ANADOLU ÇİMENTO SANAYİ VE TİCARET A.Ş.

Yibitaş, Türkiye'nin önde gelen çimento ve hazır beton üreticisi. Lafarge, dünyanın

bu sektördeki ikinci en büyük ismi. Yibitaş Lafarge ortaklığı çimento ve hazır

betonda evrensel standartlarda hizmet ve kalite sunuyor, üç çimento fabrikası,

üç öğütme ve paketleme tesisi, dört hazır beton tesisi ile Türkiye için üretiyor.

YİBİTAŞ LAFARGE

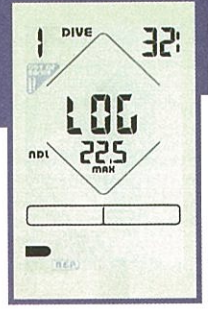
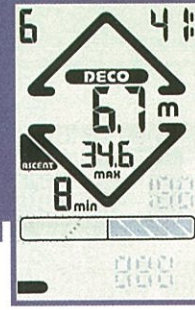
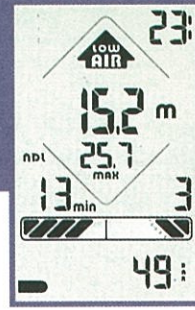
Portakal Çiçeği Sokak No:33
06540 Çankaya / ANKARA
Tel: (312) 441 58 00 (20 Hat)
Fax: (312) 441 58 33

Yozgat Çimento Fabrikası
Çorum Çimento Fabrikası
Sivas Çimento Fabrikası
Hasanoğlan Öğütme ve Paketleme Tesisi
Nevşehir Öğütme ve Paketleme Tesisi

Samsun Öğütme ve Paketleme Tesisi
Ankara Hazır Beton Tesisleri
Kırıkkale Hazır Beton Tesisleri
Kayseri Hazır Beton Tesisleri
Samsun Hazır Beton Tesisleri

TRAC

Time Remaining Air Computer



ScubaproTrac, dekompresyon esaslarına ve kalan havaya göre anında dalgıcın kalan dip zamanını hem dijital hem de grafik olarak gösterir. Bu iki bilgi sizin dalış yönetiminiz için kritik olan karşılaştırmayı yapmanızı sağlar. P6 algoritmine göre düzenlenmiş olan TRAC, ek güvenlik faktörü olarak da kalan hava zamanını (ATR) 450 psi'lik rezerve ve görevinizi tamamlamaya yetecek hava ihtiyacınıza göre hesaplamaktadır. Kısaca, TRAC'le her dalışınızı güvenle ve tam doğrulukla planlayabilir, yeni dalış senaryoları üretebilirsiniz.



Özellikleri

Tip Hava entegrasyonlu dalış bilgisayarı

Max derinlik 90 m.

Max yükseklik 2500 m.

Log book kapasitesi 6 dalış

Boyutları 120 mmx70 mmx28 mm

İlave Özellikleri

Isı, uçuş zamanı, durmalarda dekompresyon zamanı, dijital olarak kalan hava, tank basıncı ve yükseklik programını gösterir, tüpte az kalan hava için uyarı verir.

Batarya 3 voltluk lityum pil (yıldz. 200 dalıştan 9 yıl)

Algoritm: Hahn P6, 9 bölümlü, 5-700 dakikalık yarı zamanlama.

Morintek

DENİZ MALZEMELERİ TİC.A.Ş.

MERKEZ / HEAD OFFICE :
Atatürk Mah. İkitelli Cad. 34670 Halkalı
İstanbul Turkey

Tel : 90.212.696 15 08-696 57 81
696 57 88-696 53 27

Fax : 90.212.696 53 86-548 40 09
TEKNE FABRİKASI / BOAT PLANT :

Hızır Reis Sok. No:10 81540 Cevizli
Maltepe İstanbul Turkey

Tel : 90.216.305 63 12 - 13

Fax : 90.216.305 63 12

SHOWROOM : Bağdat Cad. No.39 81030

Kızıltoprak İstanbul Turkey

Tel : 90.216.349 16 61-348 29 02

Fax : 90.216.346 75 52

SHOWROOM : Uluyol Altı Şençan

Sok. 17/A 16050 Bursa Turkey

Tel : 90.224.256 98 02/03

Fax : 90.224.256 98 03

ALADIN AIR X



YENİ

ALADIN PRO

UVVATEC SWISS MADE

dinamik

DOĞA SPORLARI

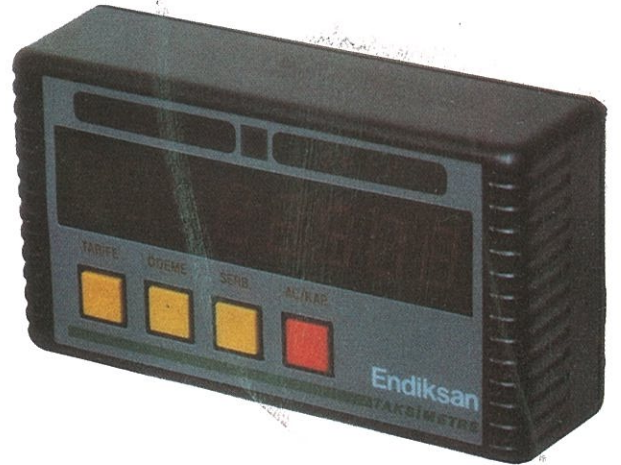
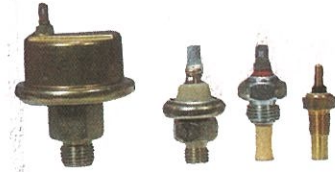
DİNAMİK DOĞA SPORLARI TURİZM SAN. VE TİC. LTD. ŞTİ.
Şehit Muhtar Mah. Kurabiye Sok. No:1/A Beyoğlu 80080 İstanbul
Tel: 0.212. 251 04 01 - 245 39 13 Fax: 0.212. 251 16 77

Endiksan

GÖSTERGELER, GÖNDERGELER,

TAKOGRAF ve TAKSİMETRE

ÜRETİMİNDE DENEYİMİN GÜVENCESİ...



LİDER OLMANIN SORUMLULUĞU...

Dünya'da ve Türkiye'de Hazır Beton Sektörü'nde
ISO-9001 Sertifikası alan ilk kuruluş
olan Lafarge Ekmel Beton,
sorumluluğunu yükselen kalite ve hizmetiyle sürdürecektir.



Önceliğimiz: Hazır betonda
"24 SAAT MÜŞTERİ MUTLULUĞU"



LAFARGE EKMEL BETON A.Ş.
Büyükdere Caddesi Noramin İş Merkezi Kat:3 No: 308 Maslak-İSTANBUL
TEL: 0(212) 276 61 10/7 Hat Fax: 0(212) 276 69 31

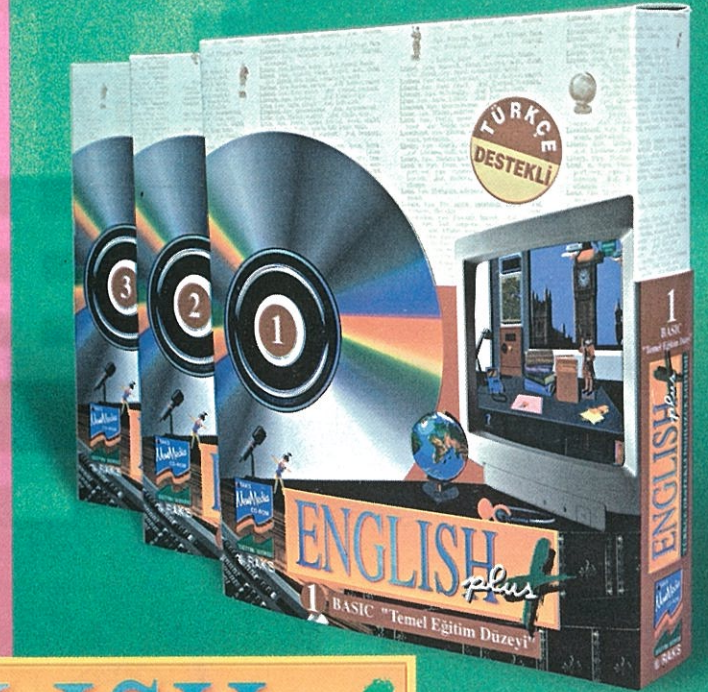
"Let's Start" ile başlayanlar bilirler
İngilizce eğitiminde
en doğru adımlar
ENGLISH PLUS serisi ile atılır...

2 Adım Basic

Türkçe Destekli

CD ROM
teknolojisiyle
İngilizce eğitimi

- + Tüm diyalogların Türkçe tercümesi.
- + Dilediğiniz an yararlanabileceğiniz Türkçe sözlük, Türkçe gramer kitabı ve Türkçe yardım menüleri.
- + 7000'i aşkın sözcük ve deyim.
- + Etkileşimli diyaloglarda kendi sesinizi kaydedip dinleme, orijinali ile karşılaştırma imkanı.
- + Her CD'de 120 saatten fazla etkileşimli eğitim olanğı.
- + Kullanılan tüm sözcük, cümle ve deyimlerin gramer özellikleri.
- + Alıştırma ve testler.
- + Gerçek video görüntüleri, animasyonlar, İngilizce oyunlar.



ENGLISH plus

Tel : (0-212) 213 06 23
Fax : (0-212) 213 06 30

Ana Dağıtıcı:

3P Bilgisayar San. Tic.
ve Danışmanlık Ltd. Şti.
Esentepe Cad. No:10/1 80300
Mecidiyeköy İstanbul
Tel: (212) 212 36 57
Fax: (212) 212 36 63

Ayrıca tüm Raksotek Mağazalarında

Merkez: (212)886 62 76/77•Fax:(212)886 6380•Ankara: Maltepe Migros (312)232 2610•Gima (312)413 13 88•İstanbul: Ortaköy (212)260 79 18 • Bahçeşehir Migros (212)669 27 71 • Galleria Migros (212)661 36 05 • Göztepe/Soyak (216)317 67 23 • Maslak Migros (212)285 42 32 • Şişli YKM (212)296 34 18•İzmir: Alsancak (232)464 34 07 • Bornova Kipa (232)373 7159 • İletişim (232)463 23 03•Karşıyaka (232)323 10 75• Tansaş (232)370 52 08•Bursa:Sönmez Migros (224)261 10 06• Altıparmak (224) 223 06 03•Kumluk (224)257 06 19• Gima (224)220 73 39• Adana: (322)453 24 27• Antalya: (242)241 74 41• Konya: (332)235 86 54•Mersin:YKM(324)238 10 85• Eskişehir:(222)230 92 32• Denizli:(258)263 07 20•Kuşadası:(256)614 65 15•