

Balık Yetiştiriciliğinde Kullanılan Deniz Kafeslerinin Çevresel Kuvvetlerle Etkileşimi

Interaction of Sea Cages Used in Fish Farming with Environmental Forces

Bülent Verep

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Temel Bilimler Bölümü, 53100, Rize

Geliş Tarihi: **19.10.2020**; Kabul Edildiği Tarih: **27.12.2020**; Yayınlandığı Tarih: **28.12.2020**

Türk Hidrolik Dergisi (Tur. J. Hyd.), Cilt (Vol) : **4**, Sayı (Number) : **2**, Sayfa (Page) : **1-7 (2020)**

e-ISSN: **2636-8382**

SLOI: <http://www.dergipark.gov.tr>

Sorumlu yazar e-mail: bulent.verep@erdogan.edu.tr

Özet: Son yıllarda nüfus artışına paralel olarak artan kaliteli protein kaynağı ihtiyacını karşılamak üzere su ürünleri yetiştiriciliği gittikçe gelişmektedir. Karasal ortamlarda toprak ve beton havuzlarda balık yetiştiriciliği ilk uygulanan yöntemler olmakla beraber uygun yer ve su temininde ortaya çıkan zorluklar, şehirleşme, tarımsal üretim ve etkileri gibi sebeplerle alternatif üretim alanları ve yöntemleri uygulanmaya başlanmıştır. Göllerde ve denizlerin koy ve körfez gibi korunaklı bölgelerinde ağ kafeslerden oluşturulan balık havuzlarında yetiştiricilik faaliyetleri son dönemde giderek yaygınlaşmakta hatta önemli bir potansiyel oluşturmaya başlamıştır. Kıyıda açıklara doğru belirli mesafelere sabitlenen ağ kafeslerin üretim materyalleri, boyutları ve şekilleri zamanla gelişmekte ve çeşitlenmektedir. Son yıllarda kıyıda daha uzak alanlarda oldukça sert deniz koşullarına dayanabilen çapları 30-40 m'lere ulaşan büyük deniz kafeslerinin deniz ve okyanus kıyılarında balık yetiştiriciliğinde kullanıldığını görüyoruz. Deniz ortamının dinamiği, deniz suyunun içerdiği mineraller ve plankton sayesinde besleyici özelliği deniz kafeslerinde su ürünleri yetiştiriciliğinin dünyada gittikçe payını yükseltmesini sağlamıştır. Deniz ortamının avantajlı yönleri yanında çevresel koşullar ve kuvvetlerin kafesler ve balıklar üzerindeki etkileri gibi dezavantajlı durumlarda söz konusudur. Tüm yönleriyle deniz kafeslerinde balık yetiştiriciliğinin ele alındığı bu çalışmada deniz kafeslerinin fiziksel elemanları yanında özellikle kafesleri etkileyen rüzgâr, akıntı ve dalga gibi çevresel kuvvetlerin etkileri üzerinde özellikle durulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Deniz Kafesleri, Yetiştiricilik, Balıkçılık Teknolojisi, Su Ürünleri, Karadeniz

Abstract: In recent years, aquaculture has been developing in order to meet the need for high quality protein resources in parallel with the increase in population. Although fish farming in soil and concrete ponds in the terrestrial environments is the first methods applied, alternative production areas and methods have been started to be applied due to reasons such as difficulties in supplying suitable land and water, urbanization, agricultural production and its effects. Aquaculture activities in lakes and fish ponds formed from net cages in sheltered areas such as coves and gulfs have recently become widespread and have even started to generate significant potential. The production materials, dimensions and shapes of the net cages fixed at certain distances from the shore to the open are developing and diversifying over time. In recent years, we see that large sea cages, which can withstand very harsh marine conditions, reach 30-40 m in areas farther away from the shore, and are used in fish farming on the coasts of the sea and ocean. Thanks to the dynamics of the marine environment, the minerals and plankton contained in sea water, its nutritious nature has enabled sea cages to increase the share of aquaculture in the world. In addition to the advantageous aspects of the marine environment, there are disadvantageous situations such as environmental conditions and the effects of forces on cages and fish. In this study, which deals with fish farming in sea cages in all aspects, besides the physical elements of the sea cages, the effects of environmental forces such as wind, currents and waves that affect the cages are especially emphasized.

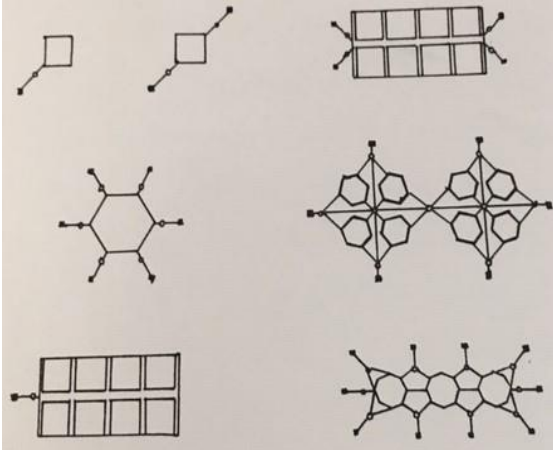
Keywords: Marine Cages; Aquaculture; Fisheries Technology; Fisheries; Blacksea

1. GİRİŞ (Introduction)

Son yıllardaki teknolojik gelişmeler ışığında, insanoğlu için vazgeçilmez bir protein kaynağı olan balıkçılığını elde etmek için deniz ortamında çeşitli şekillerde kafeslerde balık üretimi hızla yaygınlaşmaktadır. Dünyada ve bölgemizde yaygınlaşmakta olan kafeslerde balık yetiştiriciliği genellikle kıyılarda ve açık denizlerde gerçekleştirilmektedir [Verap, 1995].

Deniz ortamında ağ kafeslerde balık yetiştiriciliği, sanayileşme ve nüfus yoğunluğu artışıyla deniz kıyılarının kirlenmesi ve balık yetiştiriciliğine elverişsiz hale gelmesi nedeniyle daha temiz sulara ya da açık denize kaymaktadır. Ancak korumalı kıyı alanlarından daha az korumalı kıyı açıklarına veya açık denizlere gidildikçe çevresel etkilerin miktarı ve şiddeti de artmaktadır.

Son yıllarda balıkçılık teknolojisinde Avrupa ve Asya'da hızlı bir gelişme olup oldukça ağır deniz koşullarına dayanıklı (5-10 m dalga yüksekliği, 1-1.5 m/sn akıntı hızları ve 35 m/sn rüzgâr hızları) okyanus tipi, pahalı olan balık yetiştirme kafesleri veya sistemleri yüksek teknolojiyle üretilmektedir [Svealve, 1991].



Şekil 1. Deniz kafesleri yerleşimi [Beveridge, 1987]

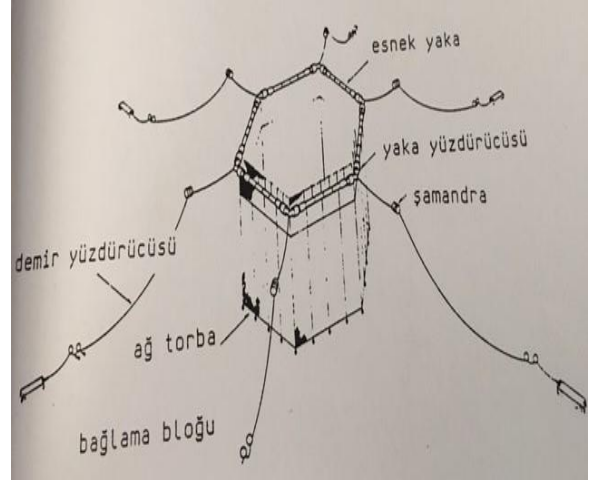
Türkiye'de de balıkçılık teknolojisi gelişme yolunda olup modern, dayanıklı ve büyük balık yetiştirme kafesleri kullanılmaya başlanmıştır. Ağ kafeslerin ve yetiştirilmekte olan balıkların ekonomik değeri küçük bir üreticinin bile milyonları aşan meblağlarda rizikolar oluşturmaktadır. Bu nedenle ağ kafeslerin yerleştirileceği yerin tespitinde dip yapısı ve deniz suyunun biyolojik ve kimyasal özelliklerinin yanında bazı çevresel parametrelerin (rüzgâr, akıntı ve dalgalar) belirlenmesi de önemli rol oynamaktadır.

Deniz ortamında balıklar için bir barınak oluşturmak amacıyla imal edilen deniz ağ kafeslerinde temel düşünce aynıdır. Deniz ağ kafesleri genellikle balıkların belirli bir ortamda kalmasını sağlayan ve kaçmasını önleyen bir ağ torba, ağ torbasını su

yüzeyinde gergin bir şekilde asılı tutan ve ağ torbaya bir şekil veren taşıyıcı ve yüzdürücülerden oluşmaktadır. Bunun yanında servis yolları, yem ve korkuluk gibi diğer ekipmanlarda yine yüzdürücü yaka üzerinde çok çeşitli tiplerde düzenlenmiş ağ kafes friborduna (kafes su üstü yapısı) yerleştirilmiştir.

1.1. Deniz Kafesleri

Deniz ağ kafesleri kıyı, körfez, lagün gibi girintili çıkıntılı deniz kenarlarında belli sığ su alanlarının etrafı çevrilerek oluşturulan, belirli bir yere sabitleştirilmiş çitle çevrili su ürünleri üretim alanları dışında deniz ortamında gerektiğinde yeri değiştirilebilen, ortam koşulları uygun olmadığı zaman daha uygun alanlara ulaştırılabilen avantajlı yapılardır. Bunlar şekil olarak birçok şekillerde kare, dikdörtgen, altıgen ve yuvarlak şekillerde olabilmektedirler (Şekil 1). Bunun yanında deniz kafesleri tekli veya birçok kafesin bir arada bağlanarak oluşturulan kafes filoları şeklinde de kullanılabilirler.



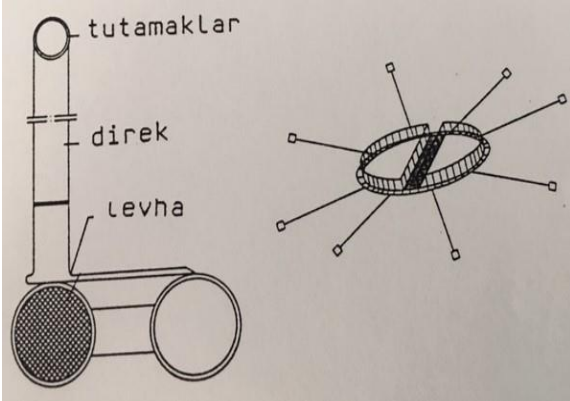
Şekil 2. Bridgestone Hi-Seas balık kafesi [Svealve, 1991]

Deniz ağ kafeslerinin yapımında bugün tekniğin ilerlemesiyle oldukça kullanışlı ağ, yüzdürücü yaka ve ekipmanları kullanılmasının yanında bazı ülkelerde hala geleneksel doğal malzemeler kullanılarak (bambu ve bitkisel lifler) kafesler inşa edilebilmektedir. Günümüzde Türkiye dahil ileri ülkelerde, daha çok sentetik olarak imal edilmiş, otomatik makinelerde dokunan ağlar ve polyester, fiberglas, PVC, polipropilen, poliüretan ve plastik borular gibi tamamen sentetik ürünlerden ve galvanizli çelik gibi esnek olmayan yapılardan oluşan yakalar (kafese şeklini veren) kullanılmaktadır.

Doğu Türkiye ve Karadeniz genelinde kullanılan deniz kafesleri dairesel, çokgen ve kare şekillerinde olup yapısal özelliklerini tamamen sentetik malzemeler oluşturmaktadır.

1.2. Deniz Kafeslerinin Yapısal Özellikleri

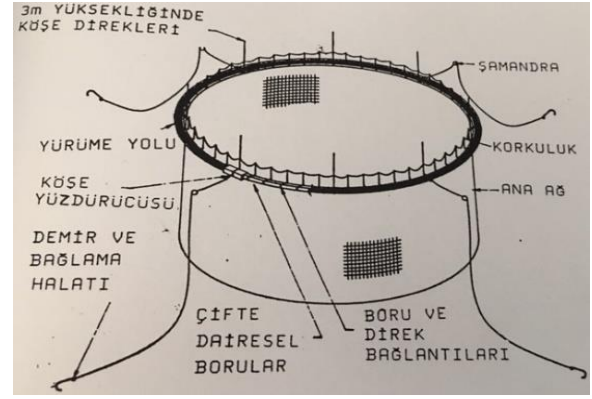
Bir ağ kafeste temel olarak yüzdürücüler, ağ kafes gövdesi, hizmet platformu, çeşitli türlerde ip ve halatlar, ağlar, sabitleştirici beton bloklar, gemici demirleri ve zincirler bulunur. Ağ kafeslerin yüzdürülmesinde plastik ve madeni bidonlar, fiçiler, ahşap malzemeler, mantar yakalar ve köpük gibi yüzdürücü malzemeler kullanılabilir. Ancak son yıllarda dünyada ve ülkemizde kullanılan deniz ağ kafeslerinde içi straforlar doldurulmuş silindirik yapıda fiberglas (cam elyaf) veya PVC (Poli Vinil Klorür) ve PE (Poli Etilen) borular kullanılmaktadır. Bunlardan fiberglas daha dayanıklı olduğu için yaygınlaşmıştır. Farklı çaplarda iç içe yerleştirilmiş yuvarlak fiberglas yüzdürücüler belli aralıklarla birbirlerine kuvvetlice birleştirilmişlerdir. Bu içi köpükle doldurulmuş taşıyıcılar ek yüzdürücü gerektirmemektedirler. Bunların yanında açık denizde kullanılan kafeslerde kullanılan taşıyıcı yakalar yada yüzdürücüler deniz ortamında petrol ulaştırılmasında kullanılan esnek ve çelik malzeme ile iç yapısı desteklenmiş oldukça pahalı yapılardır. Esnek olmaları nedeniyle oldukça büyük dalga ve şiddetli rüzgâr ve akıntılara karşı açık denizlerde veya çevresel koşullara maruz alanlarda kullanılabilme avantajları vardır.



Şekil 3. Polarcirrel Gigante balık kafesi [Svealve, 1991]

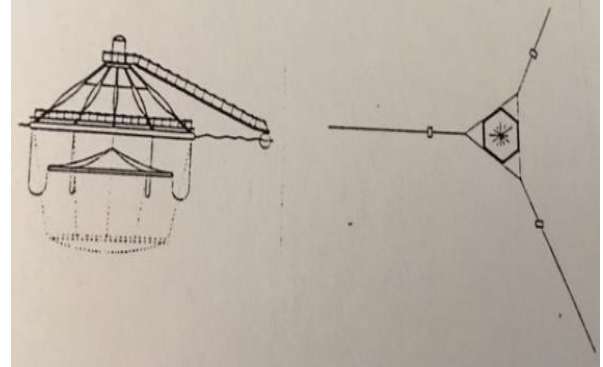
Yüzdürücüler üzerinde kafeslerin çaplarına göre ayarlanabilen hizmet platformları vardır. Bunlarda yine sentetik polyester, polietilen veya plastik malzemelerden imal edilmiş olup yüzdürücü özellikleri vardır. Kafeslerin ağlarının bağlandığı çerçeve veya balıkların kaçmasını engelleyen fribord ağın yerleştirildiği korkuluklar yüzdürücü yakalara yerleştirilmektedir. Ağlar kafeslerde üç farklı yerde kullanılır. Bunlar balıkların yerleştiği ağ torba, balıkların kaçmasını önleyen 1-1,5 m yüksekliğindeki fribord ağ ve su yüzeyi üzerinde balıkların deniz kuşlarından korunmasını sağlayan koruyucu ağlardır. Kafes yapımında kullanılan ağ ipliklerinin ana materyali naylon, ulstron, courlene, polithen ve cupro-proof gibi sentetik maddelerdir. Bu malzemelerden imal edilen düğümlü ve düğümsüz yapıda ağlar kullanılmaktadır. Ancak düğümsüz ağlar daha az

fouling (yosunlaşma) oluşması nedeniyle daha yaygındır [Alpbaz, 1990].



Şekil 4. DunlopTempest balık kafesi [Svealve, 1991]

Ağ gözleri genişliğinin su sirkülasyonu açısından büyük olması yararlıdır. Ancak bu değer balıkların boyutlarına bağlıdır. Ne balıkların kaçmalarına fırsat verecek genişlikte ne de su sirkülasyonunu önleyecek şekilde dar olmalıdır. Ağ göz açıklığı yerleştirilecek balığın boy uzunluğunun 1/10'undan geniş olmamalıdır. Kafes çerçevesine yerleştirilip su içine torba şeklinde sarkıtılan ağlarda geometrik şekil tam olarak sağlanamadığı için stoklamada kafes hacminin %15'i eksik hesaplanır [Çelikkale, 1988].



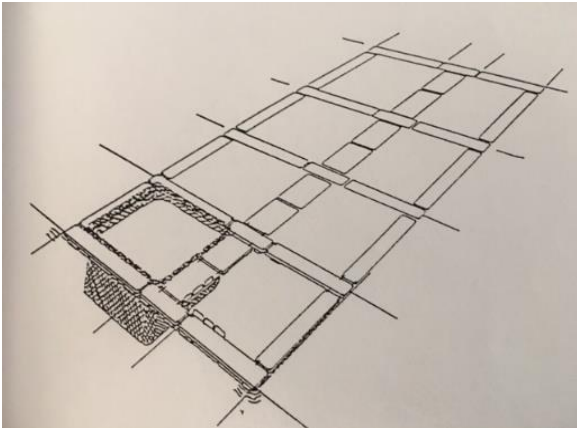
Şekil 5. Farmocean-3500 balık kafesi [Svealve, 1991]

Su hattında serbest olarak yüzmekte olan ağ kafeslerin akıntı ve rüzgâr nedeniyle sürüklenmemesi için belirli bir ortamda sabitleştirilmektedirler. Kafesleri sabitleştirmek için her biri 1-2 ton arasında değişen beton bloklar veya demirler kullanılmaktadır. Genellikle tekli olarak yerleştirilen kafeslerin dört tarafına yerleştirilmektedir. Bu beton sabitleştiriciler zincir veya çelik halatlarla yüzey şamandıralarına bağlanmakta dolayısıyla da bu yüzey şamandıraları da kafese esneme payı bırakacak şekilde polietilen halatlarla bağlanmaktadır. Halatların burulmasını önlemek için şamandıra uçlarına firdöndü, klemens, rodansa ve bağlantıları yapılmaktadır. İşaret şamandıraları olarak 40 cm çaplı fosfor boyalı plastik şamandıralar kullanılmaktadır. Bunların yanında ağ torbanın gerginliğini sağlamak ve akıntı nedeniyle ağın büzülmesini önlemek için askı betonları da kullanılmaktadır.

1.3. Kafes Tipleri

Balıkçılık teknolojisinde kullanılan deniz kafesleri genel olarak yüzen kafesler, belli bir yere tespit edilmiş kafesler ve orta su veya dibe yerleştirilmiş dalgıç kafesler olarak sınıflandırılabilir. Belli bir yere tespit edilmiş kafesler koy, körfez, liman gibi korunmalı yerlerde kıyıyla irtibatlı deniz kafesleridir. Orta suya veya dibe yerleştirilmiş dalgıç kafesler, dalgaların dalga boyunun yarısı kadar derinlikten sonra etkilerinin olmamasından ve nispeten sıcaklık değişimi ve akıntı etkisinin az olması nedeniyle tercih edilmektedir. Serbest olarak su hattında yüzmekte olan deniz kafesleri en fazla kullanılan kafeslerdir. Bu tür kafesler daha az korunmalı yerlerde ve açık denizlerde kullanılmaktadır.

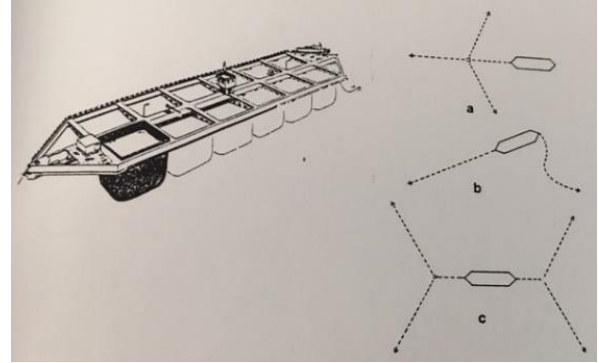
Açık deniz veya kıyı açıklarında Karadeniz'in tüm kıyılarında kullanılabilecek ve anormal deniz koşullarına karşı koyabilecek balık kafesleri bugün Kuzey Avrupa denizlerinde, okyanus kıyılarında kullanılmaktadır. Bu tür kafesler oldukça büyük olup (20-30 m çaplarında) yüksek teknoloji ile imal edilmişlerdir. Açıkdeniz balık çiftçiliğinde kullanılmakta olan deniz kafesleri başlıca beş ana gruba ayrılabilir. Bunlar basit esnek tek ağ torbalı kafesler, esnek olmayan tek ağ torbalı kafesler, basit esnek olmayan çok ağ torbalı kafesler ve dalgıç kafesleridir. Basit esnek tek ağ torbalı kafesler, genellikle yuvarlak şekilli olup farklı çaplarda iç içe yerleştirilmiş silindirik borulardan oluşmaktadır. Bu silindirler esnek yapıda olup gelebilecek her türlü etkiyi esneklikleri vasıtasıyla giderebilmektedirler. Bu kafeslerde tek bir ağ torbası olup içteki silindirik boruya monte edilmiştir. Doğu Karadeniz kıyılarında kullanılan kafesler bu tip kafeslerdir. Bu kafeslere örnek olarak Bridgestone Hi-Seas balık kafesi (Şekil 2), Polarcirkel Gigante (Şekil 3) ve Dunlop Tempest balık kafesleri verilebilir (Şekil 4) [Svealve, 1991].



Şekil 6. Wavemaster balık kafes sistemi [Svealve, 1991]

Esnek olmayan tek ağ torbalı kafesler, genellikle alüminyum-çelik alaşımları gibi metal ve alaşımlardan imal edilen taşıyıcı çerçevelerden oluşmuş dikdörtgen

veya çokgen tek ağ torbalı kafeslerdir. Bütünlük arz eden bir sistem olup örnek olarak Farmoccean-3500 (Şekil 5) verilebilir. Basit esnek olmayan çok ağ torbalı deniz kafesleri, taşıyıcıları yine alüminyum, çelik ve alaşımlardan oluşan birkaç tek ağ torbalı kafesin birleştirilerek oluşturulan kafes sistemleridir. Bu tür kafeslere örnek olarak ağır çevresel koşullara maruz deniz alanları için imal edilmiş Wavemaster (Şekil 6) verilebilir. Esnek olmayan çok ağ torbalı büyük yapılar ise açık deniz koşulları için imal edilmiş olup oldukça büyük yapılar. Öyle ki bu tür kafeslere örnek olarak verilebilecek Aquasystem-104 (Şekil 7) kafes sistemi 12 adet ve Seacon (Şekil 8) 15 adet tek ağ torbalı kafeslerden oluşmaktadır. Dalgıç kafesler ise genellikle uygun olmayan hava ve çevre koşullarında yüzeyden 2-5 m derinliğe batırılabilen kafeslerdir (Şekil 9).



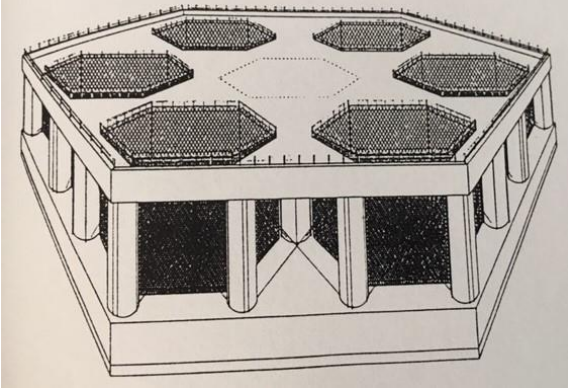
Şekil 7. Aquasystem-104 balık kafes sistemi [Svealve, 1991]

2 DENİZ KAFESLERİNİ ETKİLEYEN ÇEVRESEL KUVVETLER

Balık yetiştiriciliği amacıyla kullanılan deniz kafeslerinin üretim kapasiteleri ve biyolojik özellikleri yanında çevresel kuvvetlerle etkileşimi de önemlidir. Deniz kafesleri hizmet koşulları altında çevresel şartlarla devamlı ilişki içersindedir. Bu çevresel şartlar genel olarak esen rüzgârlar, deniz yüzey akıntıları ve ortamda görülen deniz dalgaları olarak sayılabilir. Bu çevresel koşullarda rüzgar ve akıntıların hız ve yönlerinin, deniz dalgalarının ise yükseklik, periyot ve yönlerinin belli bir bölge için belirlenmesi, o bölgeye kurulması düşünülen veya kurulmuş deniz kafes çiftliklerinin emniyeti için oldukça önem arz etmektedir.

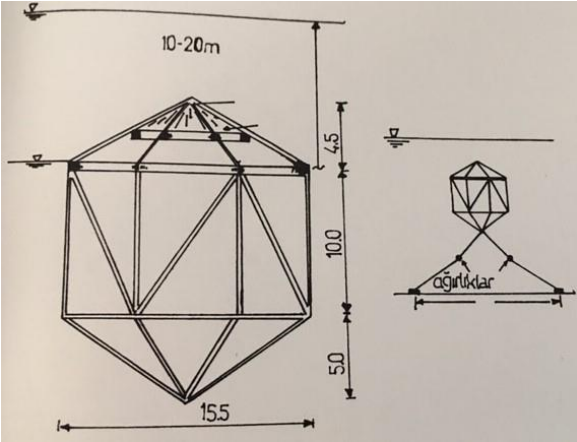
Deniz kafesi bir bütün olarak düşünüldüğünde kafesi etkileyen yükler statik ve dinamik kuvvetler olarak sınıflandırılabilir. Statik yükler, kafesleri oluşturan ağlar, kafes yapısının kendi ağırlığı, yüzdürücüler, personel, ekipman, depolama üniteleri, yemler, taşıyıcı sistemler, yürüme yolları ve korkuluk gibi üst yapı malzemeleri, ağların gerginliğini oluşturan ağırlıklar ve yosunlaşma etkisi ile oluşan yükler oluşturur. Dinamik yükleri ise çevresel koşulların kafes elemanları üzerinde oluşturduğu kuvvetler meydana getirir.

Çevresel kuvvetler nedeniyle deniz kafes elemanları üzerinde etkiyen dinamik yükler demirleme, rüzgâr, akıntı ve dalga kuvvetleri olarak sayılabilir.



Şekil 8. Seacon kafes sistemi [Svealve, 1991]

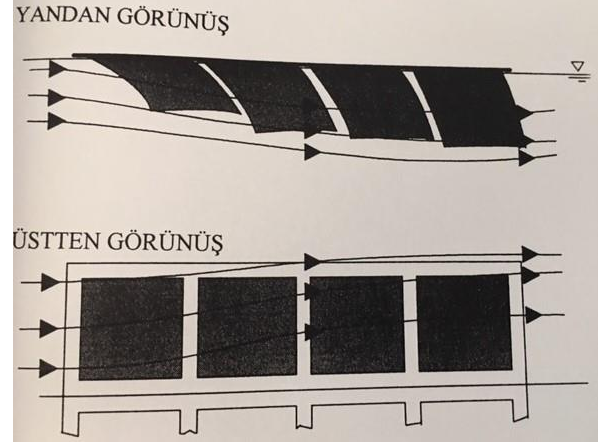
Rüzgârlar deniz kafeslerinin su dışında bulunan elemanları üzerinde yük oluşturur. Bunlar yüzdürücü ve taşıyıcıların su üstünde kalan kısımları, balıkların sıçrayıp kaçmalarını önleyen fribord ağlar ve kafes üst yapısını oluşturan kısımlar ve koruluklar olarak sayılabilir. Gelgit ve rüzgâr nedeniyle oluşan deniz akıntıları deniz kafeslerinin ağ torbası ve taşıyıcıları üzerinde etkiler oluşturur. Ancak akıntılarının akıntılarının en büyük etkisi ağlar üzerinde gerçekleşir. Balıkların yerleştirildikleri ortam ağ torbayla oluşturulduğundan sahip olunan hacim, akıntı nedeniyle ağların şeklinde bozulma ve sapma oluşturduğundan azalmaktadır (Şekil 10). Bu durum hem balıklar üzerinde stres oluşturması ve hem de yapı üzerinde oluşacak yük açısından önemlidir. Esasen akıntılar ağlar üzerinde yatay bir sürtünme kuvveti uygularlar.



Şekil 9. Dalgıç kafes [Svealve, 1991]

Bunların yanında ağ torba üzerinde onunla devamlı etkileşim içerisinde bulunan dalgalar da etkilidir. Dalga içerisindeki su partiküllerinin dairesel hareketi nedeniyle sahip olduğu kinetik enerji ağlar üzerinde yatay bir sürtünme kuvveti oluşturur. Deniz dalgalarıyla kafeslerin etkileşiminde daha önemli olan dalgaların kafeslerin yüzdürücü yakaları üzerinde

oluşturdukları menfi etkilerdir. Deniz kafeslerinin yakaları üzerine etkiyen dalga kuvvetlerinin yada dalga enerjisinin bir kısmı yansıtılacak olup geri kalan kısım ise yaka tarafından absorbe edilecektir. Absorbe edilen enerjinin bir kısmı kinetik ve potansiyel enerjiye çevrilecektir. Böylece kafesin hareket etmesine sebep olacaktır. Arta kalan kuvvetler yapı içerisinde harcanmakta veya kafesin bitişiğindeki elemanlar, demirler ve su arasında dağılmaktadır.



Şekil 10. Akıntıların ağ kafeslere etkisi [Arsnes, vd. 1990]

Deniz kafesleri, yüzen herhangi bir cisim gibi akıntı, rüzgâr ve dalgaların bir arada veya tek başlarına kafeslere uyguladıkları etkiler nedeniyle üç doğrusal ve üç döngüsel hareket yapabilirler. Doğrusal hareketler dikey kalkma hareketi (heave), yatay eksen boyunca uzunlamasına yatay dalgalanma hareketi (surge) ve enine eksen boyunca yatay sallanma hareketi (sway)'leridir. Döngüsel hareketler ise dikey eksen etrafında dönme şeklinde sağa sola sapma hareketi (yaw), boyuna eksen etrafında dönerek yuvarlanma hareketi (roll) ve enine eksen boyunca dönme hareketleri (sway)'dir. Bir deniz kafesi serbest olarak yüzüyor iken dalgalanma hareketi nedeniyle büyük ölçüde dikey yönde kalkma, boyuna eksen boyunca dönme (roll) ve alçalma ve yükselme (pitch) hareketleri yapar. Dengeden uzaklaşan kafesin dengesi kütlesi üzerindeki yer çekim ivmesiyle düzeltilir. Kafesler demirlendiği zaman üç ek doğal hareket oluşur. Bunlar boyuna eksen boyunca doğrusal hareket, enine eksen boyunca yatay doğrusal hareket ve dikey eksen boyunca dönme hareketleridir.

Demirleme, tek noktadan demirlenmiş kafes grupları üzerinde bu hareketlerin gerçekleşmesinde etkisi az iken çok noktadan demirleme durumunda kafes gruplarına demirleme etkisi önemli derecede azalacaktır.

Yaka içerisinde toplanan enerji kafes çerçeve elemanları ve bitişiklerinin deformasyonuna harcanır. Rijid metal alaşımlardan (Al-çelik) yapılmış kare veya dikdörtgen kafesler ve esnek olmayan plastik, PVC ve fiberglas gibi malzemelerden oluşmuş yakaları olan kare veya dairesel kafeslere dikey olarak etkiyen yatay

kuvvetler kenarlar boyunca kıvrılmaya veya dönmeye ve yakının kırılmasına sebep olacaktır. Diğer esnek plastik borulardan oluşan yakalar ise oluşan dalga yüklerini esneklikleri ve elastikiyetleri nispetinde gidereceklerdir. Hatta bugün oldukça yüksek dalgalara karşı koyabilen okyanus tipi kafesler balıkçılık teknolojisinde kullanılmaktadır.

Deniz kafeslerini etkileyen çevresel kuvvet ve etkilerle ilgili bilimsel literatürde çok fazla çalışma mevcut değildir. Trabzon kıyılarında balık yetiştiriciliğinde kullanılan deniz kafeslerine etkileyen rüzgâr, akıntı ve dalga kuvvetleriyle ilgili Verep (1995) tarafından bir araştırma mevcuttur. Bu çalışmada deniz kafeslerini etkileyen rüzgâr ve akıntı kuvvetlerinin belirlenmesinde ani esen en hızlı rüzgârların kullanıldığı belirtilmiştir. Bu amaçla kullanılan dizayn rüzgar verileri WNW yönünde olup 25.09-25.92 m/sn olduğu ifade edilmektedir. Dolayısıyla Trabzon kıyılarında kullanılacak deniz kafeslerinin su seviyesi üzerindeki sıçrama ağ panellerinde oluşturduğu kuvvetler farklı göz açıklarındaki ağlar için (2.42-3.20 kg/m²) ve ağısı olmayan katı ve dolgun yapılar olan korkuluklar ve yüzdürücü üzerindeki kuvvetler (64.00-64.88 kg/m²) tespit edilmiştir.

Deniz kafeslerine akıntılarının etkileriyle ilgili olarak balıkların yerleştirildiği ağ torbalar üzerindeki etkiler üzerinde durulmuştur. Trabzon kıyılarında en hızlı rüzgâr verileri kullanılarak tahmin edilmiş deniz yüzey akıntıları ortalama 26.50 cm/s (10.94-51.86)'dir. Dolayısıyla ağ torbalar üzerinde akıntılar nedeniyle oluşan kuvvetlerin ağ göz açıklıklarına bağlı olarak değiştiği, ağ göz açıklığı küçüldükçe arttığı ve 196.57 kg/m² ile 448 kg/m² arasında olabileceği belirlenmiştir. Ağ torba üzerinde oluşan bu kuvvetler nedeniyle ağ torba şeklinin değişimi, hacim kaybı ve ağ torba içerisindeki balıklar üzerinde stres gibi istenmeyen durumlar oluşabilmektedir (Şekil 10).

Dalgaların deniz kafeslerine etkileri yüzdürücü yakaları üzerindeki dalga kuvvetlerinin hesaplanmasıyla tespit edilmektedir. Dalga kuvvetlerinin hesabında 10, 25 ve 50 yıllık tekerrür periyotlarına sahip belirgin, ortalama ve maksimum yükseklikteki dalgalar 5.36 m, 6.09 m ve 6.63 m; 3.43 m, 3.89 m ve 4.24 m; 10.02 m, 11.38 m ve 12.39 m sırasıyla kullanılmış olup kuvvetlerin hesabında Morison ve Froude-Krylov metotları dikkate alınmıştır.

Trabzon kıyılarında kullanılan deniz kafeslerinde kullanılan yüzdürücü yaka ve diğer elemanların çapları 25-30 cm aralıklarında olduğundan burada en yüksek çap değeri alınmıştır. Kuvvet hesabında kullanılacak metod seçiminde dalgalar nedeniyle kafes elemanları üzerinde etkili sürtünme ve atalet kuvvetlerinin durumu önemli olmakta ve sürtünmenin önemli olduğu durumlarda Morison metodunun seçimi tavsiye edilmektedir (Svealve, 1991). Dolayısıyla yapılan değerlendirmeler ışığında Trabzon veya Doğu

Karadeniz kıyılarında sürtünme kuvvetinin daha etkili olduğu ve Morison metodunun kullanılmasının daha doğru olacağı anlaşılmaktadır (Verep, 1995).

Deniz kafesleri üzerinde en etkili çevresel kuvvet faktörü olan dalgalar, kafeslerle geniş ölçüde ilişki içerisinde olduğundan kafeslerde istenmeyen hareketlerin yanında yapısal sağlamlığı etkileyebilecek kuvvetler ortaya çıkarabilmektedirler. Bu amaçla Trabzon kıyılarında dalgalar nedeniyle kafeslerin silindirik yakaları üzerinde oluşacak belirgin, ortalama ve maksimum dalga kuvvetleri belirlenmiş olup Morison metoduyla bulunan sonuçların kafeslerin tasarım aşamalarında emniyet ve güvenilirlik açısından kafeslere etkiyebilecek kuvvetleri temsil edebileceği ortaya çıkmıştır. Dolayısıyla 10-50 yıllık tekrarlamalı peryotlarında 186 N/m ile 1644 N/m arasında kuvvetlerin dalgalar nedeniyle kafeslerin silindirik rijid elemanları üzerinde oluşabileceği tespit edilmiştir (Verep, 1995).

3 SONUÇ ve ÖNERİLER (Conclusions and Recommendations)

Su ürünleri yetiştiriciliği toprak ve beton havuzlar yanında baraj, kanal ve denizlerde kafeslerde üretilmeye başlanması su ürünleri üretiminin önemli boyutlara ulaşmasını sağlamıştır. Kafeslerde su ürünleri yetiştiriciliğinin denizlerdeki payı tüm yetiştiriciliğin %67'sine ulaşmıştır.

Deniz suyunun tuzluluğu, içerdiği mineraller, sestonik maddeler ve planktonik organizmalar sayesinde besleyiciliğinin tatlısulara göre daha avantajlı olması, alansal ve hacimsel imkanların karalara göre daha fazla olması yanında belirli mevsimsel dönemlerde üretim faaliyetleri yapılabilir de deniz kafeslerinde yetiştiricilik faaliyetleri çok daha fazla rağbet görmektedir.

Denizlerde balık yetiştiriciliği faaliyetleri sebebiyle ortama bırakılan katı, sıvı ve organik atıkların deniz çevresini kirletmesi yerel turizm sektörü, balıkçılar ve çevrecilerin tepkisini çekmiştir. Çevre politikalarının deniz kıyılarında deniz kafeslerinin kıyılarından açıklara doğru gittikçe artan mesafelerde (0,6-1 DM), belirli derinlik (>30 m) ve akıntı hızlarını (>0,1 m/s) sağlayacak şekilde açığa doğru yönlendirilmesi kafeslerin kıyılarından daha sert çevresel kuvvetlere (rüzgâr, akıntı ve dalga) maruz kalmasını sağlamıştır.

Bu durum çok daha büyük ve gelişmiş kafes sistemlerinin ülkemiz kıyılarında yetiştiricilik sektöründe kullanılmasını gerektirmiştir. Dolayısıyla ülkemizin üç tarafını çevreleyen denizlerin birbirinden çok farklı coğrafik, oşinografik ve meteorolojik şartlara sahip olması deniz ortamında gerek yer tespiti ve gerekse en uygun deniz kafeslerinin dizayn edilmesinde farklı faktörlerin dikkate alınması gerekliliğini ortaya koymuştur.

KAYNAKLAR (References)

- [1] Verep, B., 1995, Trabzon Kıyılarında Deniz Kafeslerine Etkiyen Çevresel Kuvvetler, Yüksek Lisans Tezi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 116s.
- [2] Svealve, T., 1991, Strategies and Technologies in Offshore Fish Farming, Fisheries Research, 10, 329-349.
- [3] Alpbaz, A.G., 1990, Deniz Balıkları Yetiştiriciliği, Ege üniversitesi Su Ürünleri Yüksekokulu Yayınları, İzmir.
- [4] Çelikkale, M.S., 1988. İçsu Balıkları Yetiştiriciliği, KTÜ Sürmene Deniz Bilimleri ve Teknolojisi Yüksekokulu Yayınları, Trabzon.
- [5] Beveridge, M.C.M, 1987, Cage Aquaculture, Fishing news Books Ltd., Farnham, Surrey, UK.
- [6] Aarsnes, J.V, Loland, G. and Rudi, H., 1990, Current Forces on Cage, Net Deflection, Engineering for Fish Farming, Proceedings of the Conference organised by the Institution of Civil Engineers and held in Glasgow on 17-18 October 1990, London, Thomas Telford Pub. Ltd., 137-152.