

KÜRESEL ISINMANIN BALIKÇILIĞA ETKİLERİ EFFECTS OF GLOBAL WARMING ON FISHERIES

Hasan Hüseyin ATAR¹, A. Burak KIZILGÖK²

Geliş Tarihi: 13.09.2018

Kabul Tarihi: 16.11.2018

Özet:

Küresel ısınma süreci ile yerküredeki tüm su ortamları bu ısınmaya tepki vermekte ve değişen fizikokimyasal özelliklerle sucul ekosistemlerin yaşam koşullarını etkileyen birçok sonuç doğuracağı düşünülmektedir. Hali hazırda iklim dışı faktörler ile baskı altında olan balıkçılık ve yetiştiricilik sektörlerinde iklim değişikliğinden kaynaklanan faktörler ile bu baskı yönetilemez bir senaryoya dönüşebilir. İklim dışı faktörlerden olan aşırı av baskısı, kirlilik, habitat yıkımı gibi stoklar üzerinde stres yaratan faktörlere ek olarak küresel ısınmanın yol açtığı; deniz ve tatlı sularda sıcaklık artışı, asidifikasyon, deniz seviyesi yükselişi, yağış ve su kalitesi değişimleri gibi etkiler eklendiğinde sucul organizmaların tamamı bu değişimden etkilenmektedir. Bu faktörler kompozisyonu balık stoklarında; tür kompozisyonunda, stoğa katılımda, ürün ve verim durumunda, türlerin tolerans seviyelerinde, dağılım ve göçlerinde değişim ile sonuçlanabilir. Belirli bir bölgede görülen hastalık çeşitlerinde artış ve mercan resiflerinde tahribat artışı ayrıca tedarik zinciri ve ürün maliyetlerinde kötüleşme gerçekleşebilir. Ayrıca iklim değişikliği ekonomik balıkçılıkta; rekabet, göç ve sektör değişimine ek olarak tüketici olarak insanlarda ise; balık ihtiyacı ve tüketiminde artış olarak etki yaratacaktır.

Anahtar Kelimeler: Küresel Isınma, iklim değişikliği, balık stokları, avcılık, yetiştiricilik

Abstract:

The global warming process and all the aquatic environments in the earth react to this warming, and as a result, it is thought that with varying physicochemical properties, there will be many consequences affecting the living conditions of aquatic ecosystems. In the fisheries and aquaculture sectors, which are currently under pressure by non-climate factors, this pressure can be transformed into an unmanageable scenario with factors arising from climate change. In addition to non-climate factors that create stress on stocks such as over-fishing, pollution, habitat destruction; as a result of global warming; all the aquatic organisms are affected by such changes as temperature increase in sea and fresh water, acidification, sea level rise, precipitation and water quality changes. These factors may change the fish stocks as species composition, recruitment, product and yield, species tolerance levels, distribution and migration. Increasing in disease types in any habitat and damage increase in coral reefs also supply chain and product costs may deteriorate. In addition, climate change will have an impact on economic fisheries as competition, migration and sector change, as well as increase in fish demand and consumption in humans as consumers.

¹ Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Su Ürünleri Mühendisliği Bölümü, Ankara,
Hasan.H.Atar@agri.ankara.edu.tr

² Tarım ve Kırsal Kalkınmayı Destekleme Kurumu, Erzincan İl Koordinatörlüğü, Erzincan

Key Words: Global warming, climate change, fish stocks, fisheries, aquaculture
GİRİŞ

Literatür araştırmalarında incelenen ve metinde yer alan atıflarda belirtilmiş olan uluslararası antlaşmalar, sempozyumlar, bilimsel araştırmalar, kitaplar, dergiler, makaleler ve raporlar gibi küresel ısınma üzerine yapılan çalışmalarda; tüm dünyada iklim değişikliklerinin meydana geldiği açıkça ortaya konmakta olup ortaya çıkan iklimsel anomalilerin büyük oranda antropolojik sera gazı salınımı nedeniyle meydana gelen küresel ısınma kaynaklı olduğu yaygın görüştür. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (IPCC) üçüncü değerlendirme raporundaki geniş katılımlı ortak görüş (IPCC, 2001); son 50 yılda gözlemlenen ısınmanın çoğunun insan faaliyetlerinden kaynaklandığına dair kanıtlar bulunduğu şeklindedir.

Küresel ısınma veya iklim değişikliği şeklinde adlandırılan bu durumun genel olarak su ürünleri disiplini kapsamında; avcılık, yetiştiricilik, işleme ve hastalıklar kapsamında incelenebilmesi için öncelikle, dünya sıcaklık artışının nasıl çalıştığı, karalara ve su kütleye etkilerinin belirlenmesi ve bu faktörlerin sucul ekosistemlerin fiziki, kimyasal ve biyolojik özelliklerine etkilerinin değerlendirilmesi ve izlenmesi gerekliliği kaçınılmazdır. Bu bağlamda ilk bölümde küresel ısınmanın genel etkileri, ısınmanın artış nedenleri, şekli ve hızının ortaya koyan ilgili disiplinlerin konu hakkındaki çalışmaları özetlenmeye çalışılmıştır.

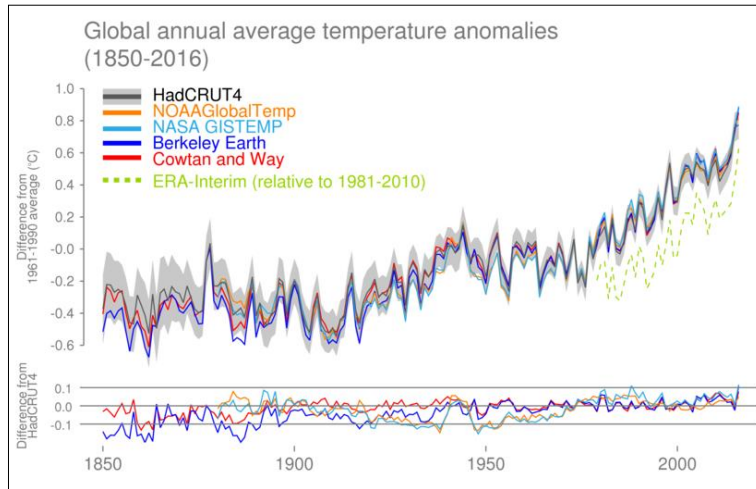
KÜRESEL ISINMANIN GENEL ETKİLERİ

Atmosferde, karalarda ve okyanuslarda çeşitli şekillerde gerçekleşen ısınma süreci; deniz seviyelerinin yükselişi, kutuplarda erimeler, yüksek dağlardaki buzul ve kar kütlelerinin azalması, yağış rejimlerinin değişmesi vb. birçok çevresel değişime de yol açmaktadır.

Küresel ısınma sürecinde, dikkat çeken en önemli noktalardan biri de gezegendeki tüm su ortamlarının bu ısınmaya vereceği tepki ve bunun sonucunda sucul ekosistemlerin bu değişimle nasıl şekilleneceğidir. Dünyamızın yaklaşık % 71'inin sularla kaplı olması, okyanusların doğrudan atmosferle ilişkisi, atmosferik gazların okyanus ortamına geçişi, suyun ısınması ve sığasının yüksek oluşu, sucul ekosistemlerdeki besin ve enerji zincirlerinin etkilenmesi gibi hususlar ortaya çıkmakta olan bu değişimleri daha da önemli kılıyor.

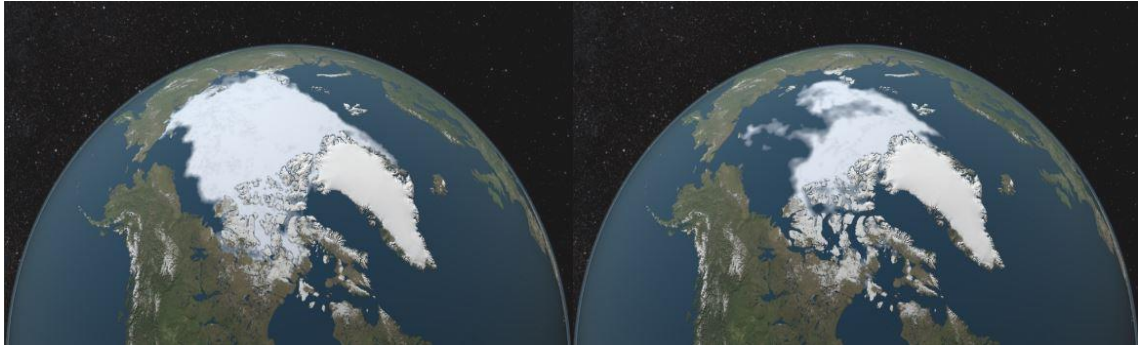
Şekil 1'de de gösterildiği gibi ve ayrıca Dabanlı (2017) tarafından bildirildiğine göre, IPCC 2013 raporunda; tüm dünyada ortalama yüzey sıcaklığı, 1901'den itibaren 0,89 °C yükselmiş ve bu artışın 0,6 °C'lik kısmı 1950'den sonra gerçekleştiği kaydedilmiş olup karalarda ve okyanuslarda yüzey sıcaklığı artmaya devam etmekte olduğu ve kutup bölgesinde bulunan Grönland'da buzul kaybı yıllık 215 milyar ton, Antarktika'da ise yıllık eriyen buzul kütlesi 147 milyar ton civarında olduğu kaydedildiği bildirilmiştir.

Türkeş vd. (2013)' ün bildirdiğine göre; dünyada sıcaklıklar artmaya, kara ve denizlerde yer alan buzullar erimeye, deniz seviyesi yükselmeye, şiddetli hava olaylarını sayıları ve sıklığı da artmaya devam etmektedir. Gerçekleşen bu olayların nedeninin ağırlıklı olarak insan kaynaklı faktörler ile atmosfere salınan sera gazları olduğu vurgulanmaktadır. Gelecek ile ilgili projeksiyonlarda ise ilgili önlemler alınmadıkça bu değişimlerin şimdiye kadar gerçekleştiği yönde gelişmeye devam edeceğinin kaçınılmaz olduğu ortaya konmaktadır.



Şekil 1. 1850-2016 yılları arasındaki küresel yıllık ortalama sıcaklık anomalileri (metoffice.gov.uk, 2017)

Şekil 2' de ise Kuzey Buz Denizi'nde 1979-2012 yılları arasında, aynı bölgenin fotoğraflarının alındığı çalışma verileri sonucunda, NASA (National Aeronautics and Space Administration), arktik buzulların değişimlerini gözlemlemeye devam ettiklerini ve yaz mevsimindeki deniz buzunun bu yüzyılda tamamen kaybolacağını tahmin ettiklerini bildirmiştir.



Şekil 2. NASA tarafından yayınlanan arktik buz-deniz yayılımının 1984 ve 2012 yılları arasında değişimini gösteren karşılaştırmalı versiyonu (climate.nasa.gov, 2017)

Sera gazları, hem doğal hem de antropojenik etkilerle; toprak yüzeyinden, atmosferin katmanlarından ve bulutlardan yayılan ve yansıyan karasal radyasyon spektrumu içerisinde belirli dalga boylarında emici ve emisyon yapan gazlar olarak değerlendirilmektedir (www.ces.fau.edu 2018). Atmosferde biriken bu gazların güneşten aldıkları enerji ile ısınması ve bu ısıyı koruması sonucunda oluşan atmosfer ortamının, bitkisel üretimde kullanılan “sera” ortamına benzetildiğinden bu durum için sera etkisi tanımı kullanılmaktadır. Aslında sera etkisi tamamen zararlı bir olgu demek hatalı olacaktır çünkü atmosferin doğal yapısında yer alan karbondioksit, metan ve su buharı atmosferde bir katman oluşturarak yeryüzündeki yaşam için elverişli ısıyı ayarlamakta ve muhafaza etmektedir. Bu ısıyı muhafaza özelliği ile okyanus ve tatlı suların donması engellenmiş ve sıcaklık dalgalanmalarının dengede olmasını sağlamaktadır.

Atmosferdeki CO₂, CH₄ ve N₂O miktarlarının, 800.000 yıllık dönemin araştırıldığı, buz karotları incelemesinde tespit edilen en yüksek birikimleri önemli oranda aştığı ve geçen yüzyıldaki ortalama artış oranlarının, çok yüksek güvenilirlikle son 2.000 yıllık dönemde daha önce hiç gerçekleşmediği düzeyde olduğu kaydedilmiştir (IPCC, 2014). Bu kapsamda, atmosferde en fazla kütleye ve etkiye sahip olan sera gazı özelliğindeki gazlar; su buharı (H₂O), karbondioksit (CO₂),

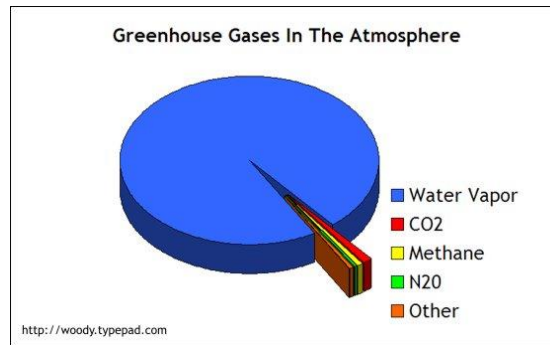
diazotmonoksit (N_2O), metan (CH_4) ve ozondur (O_3) (IPCC, 2014). Konumuzda adı geçen ve dünyamızın bu kadar ısınmasında rol oynadığı belirtilen bu sera gazlarına; atmosferde kapladıkları hacim açısından bakmak konunun önemi hakkında farklı mesajlar verecektir. Tüm atmosferdeki gazların dağılımına bakıldığında % 78 azot, % 21 oksijenden oluştuğu bilinmektedir. Sera etkisi gazları açısından bakıldığında, kalan % 1'lik dilimin Şekil 3'de de gösterildiği üzere büyük bir çoğunluğunu da atmosferde dolaşım halindeki su buharı oluşturmaktadır. Bu bağlamda, bu sera gazlarının hacimlerinin yanı sıra, sera gazı etkilerinin (*Global Warming Potential*), yarılanma süreleri ve antropolojik kaynaklı olanların atmosferde birikme hızları dikkat çekici hususlardır.

Tablo 1. En önemli/etkili sera gazları

Sera Gazları	Konsantrasyon			Atmosferde Yarılanma Süresi (yıl)	GWP	Antropojenik Kaynakları
	Endüstri Öncesi	Güncel	Sera Gazları içindeki %			
CO_2	~280 ppm	407 ppm	% 82	~100-300	1	Fosil yakıt, Toprak kullanım dönüşümü, Çimento üretimi, Orman yıkımı
CH_4	722 ppb	1834 ppb	% 9	12	8	Fosil yakıt, Çeltik, B.Baş&K.B Hayvancılık, Madencilik
N_2O	270 ppb	328 ppb	% 6	121	65	Endüstriyel ve Tarımsal atıklar, gübre

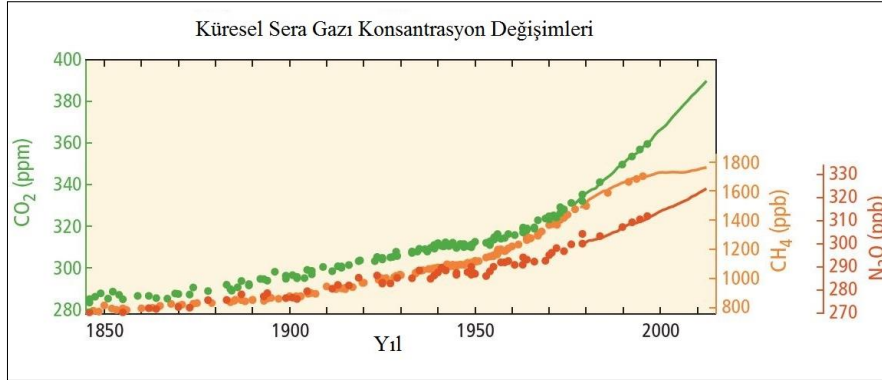
GWP: Global Warming Potential

Sera gazı etkisine sahip en önemli gazlardan biri de su buharıdır (Şekil 3). Atmosferde troposfer katmanında yer alan su buharı, sürekli olarak var olmakla birlikte miktarı çeşitli etmenlerle değişmekte ve su döngüsü kapsamında doğal buharlaşma yoluyla salınmaktadır. Ayrıca atmosferde, klor, brom içeren maddeler ve halokarbonlar gibi tamamen insan kaynaklı sera gazları bulunmakta olup, Kyoto Protokolü'nce kullanım miktarlarının indirilmesi kararı alınan gazlar; CO_2 , N_2O ve CH_4 'ün yanında sülfür hekzaflüorür (SF_6), hidroflorokarbonlar (HFC) ve perflorokarbonlar (PFC) dır (IPCC, 2001).



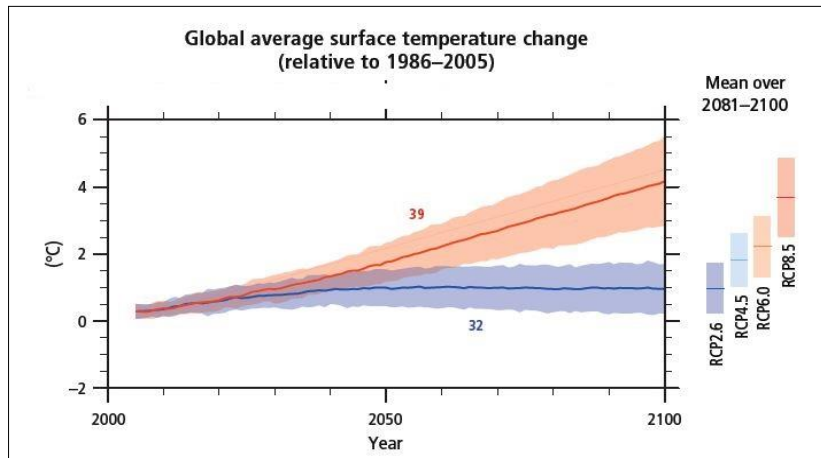
Şekil 3. Atmosferdeki önemli sera gazları (zerogeoengineering.com, 2016)

Atmosfer bileşiminde bulunan çoğu sera gazı, atmosferdeki ısı artışına katkı sağlayıcı özelliktedir ve florlu gazlar haricindeki antropolojik olmayıp hali hazırda atmosferde olan gazlardır. CO₂, N₂O ve CH₄ gibi insan faaliyetleri haricinde de meydana gelen bu gazların (IPCC, 2014), ısınmayı arttıran ve sera etkisini ortaya çıkaran husus atmosfer karışımı içerisindeki miktarlarının ivmeli bir şekilde (Şekil 4), antropolojik sebeplerle, olması gerekenden daha fazla miktarlara ulaşmalarıdır. Bu gazların atmosferdeki yarılanma sürelerinin uzunluğu ise (Çizelge 1) bu artışın etkilerini arttıran faktörlerdendir.



Şekil 4. Küresel en önemli sera gazı konsantrasyonları grafiği (IPCC 2014) 'den modifiye edilmiştir.

2014 yılında yayınlanan IPCC politika raporunda ise 1986-2005 yılları arasında kaydedilen veriler referans alınarak hesaplanan sonuçlarda; 2016-2035 arasında 0,3°C - 0,7°C aralığında olacağını bildirilmektedir. Bu değerlendirmenin çok sayıda faktöre dayanmakta olduğu ve toplam güneş ışınımındaki büyük volkanik patlamaların veya seküler değişikliklerin hesaplamaya dahil edilmediği bildirilmektedir. Aynı araştırmada doğal iç değişkenliğe göre, mevsimsel ortalama ve yıllık ortalama sıcaklıkların yakın dönemdeki artışlarının, tropik bölgelerde ve alt tropiklerde, orta enlemlerde olduğundan daha fazla olması beklendiği yayınlanmıştır. Ayrıca 1986-2005 yılları arasında kaydedilen veriler referans alınarak 2081-2100 için küresel ortalama yüzey sıcaklığının artması, konsantrasyona dayalı CMIP5 model simülasyonlarında elde edilen senaryolar; (RCP2.6) 0,3°C ila 1,7°C, (RCP4.5) 1,1°C ila 2,6°C, (RCP 6.0) 1,4°C ila 3,1°C, (RCP8.5) 2,6°C ila 4,8°C olarak hesaplandığı bildirilmektedir (Şekil 5).



Şekil 5. 1986-2005 yılları arasında kaydedilen veriler referans alınarak 2081-2100 için küresel ortalama yüzey sıcaklığı değişimi senaryoları (IPCC, 2014)

Kuzey kutbu ise küresel ortalamadan daha hızlı bir şekilde ısınacak ve karalardaki ısınma okyanustakinden daha yüksek olacaktır. Küresel ortalama sıcaklıklar arttıkça, günlük ve mevsimsel zaman aralıklarında çoğu arazi üzerinde daha sıcak ve daha soğuk değişim olaylarının sıklıkla görüleceği neredeyse kesin durumdadır. Isı dalgalarının daha yüksek frekans ve süre ile oluşması muhtemeldir. Ara sıra soğuk kış ekstrem olayları ortaya çıkmaya devam edecektir (IPCC, 2014).

Küresel Isınmanın Türkiye'deki Etkileri

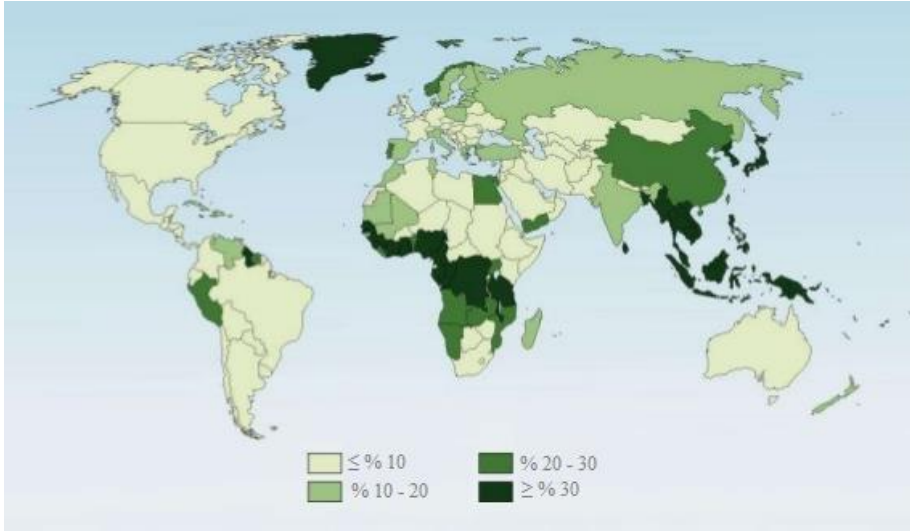
Türkiye'nin içinde bulunduğu Akdeniz havzası yağışlarında önemli azalmalar olacağı hemen hemen bütün modeller tarafından ortaya konmaktadır. Bu konuda dünyanın bazı yerlerinde belirsizlikler daha fazla olmasına rağmen Akdeniz havzasında belirsizlik durumu söz konusu değildir. Akdeniz havzası, çöl iklimini meydana getiren tropikler altı yüksek basınç alanının etkisinde yer almakta ve küresel ısınmadan dolayı sıcaklıklar artmaya devam ettikçe bu tropikler altı yüksek basınç sistemi kuzeye doğru kaymaktadır. Türkiye'nin güney kıyıları, Ege kıyıları, Yunanistan'ın güney kısımları ve İspanya'ya kadar bu sistemin etkisi altına girecek ve yağışlar azalacaktır. İster kötümser senaryoya göre ister iyimser senaryoya göre olsun, yapılan bütün çalışmalar hepsi aynı sonuçta buluşmaktadır. Bütün tahminlerin uzlaştığı senaryoya göre; 21. yüzyılın ortalarına doğru Türkiye'nin Akdeniz kıyılarında ve Ege kıyılarında yağışlarda %20-30 civarında azalma öngörülmektedir (Şen vd. 2013).

Şen vd. (2008) tarafından bildirildiğine göre; en iyimser küresel ısınma senaryosuna göre oluşturulan iklim modellerinde, 2100 yılına kadar küresel sıcaklık 1,1°C ile 4°C derece artacak. Türkiye'nin de içinde bulunduğu yarı kurak kuşakta su kaynakları önemli oranda azalacağı tahmin edilmiştir. Akdeniz Havzasında yaz mensimi diğer mevsimlerden daha fazla ısınmaya devam etmekte ve sıcak mevsim genişleyerek etkisi daha uzun sürmektedir. Özellikle 70'li yıllardan itibaren, aynı bölgelerdeki aylık sıcaklık ortalamaları incelendiğinde ekstrem değişikliklerin daha sık görülmeye başlandığı görülmektedir. Yıllık toplam yağış miktarı çok değişmemekte ancak sonbahar yağışlarındaki artış eğilimi dikkat çekmektedir. Dağların yüksek alanlarındaki buzullarda çekilme ve bahar, yaz aylarındaki erime zamanlarının erkene kayması sıcaklıktaki artışı gösteren diğer göstergelerdendir.

Doğrudan Türkiye'deki iklim değişikliklerine bağlı olduğuna dair kesin kanıtlar tespit edilemese de kıyılarımızda, deniz seviyesi yükselmeleri kaydedilmektedir. Ekstrem hava olaylarının gerçekleşme sıklığındaki değişim ile sıcaklık değişimi arasında yakın bir ilişki olduğu ve Akdeniz Havzası hakkında da yapılan gelecek projeksiyonlarının ortak noktasının bu bölgede yağışların azalacağı yönde sonuçları olduğu görülmektedir.

KÜRESEL ISINMA - BALIK STOKLARI İLİŞKİSİ

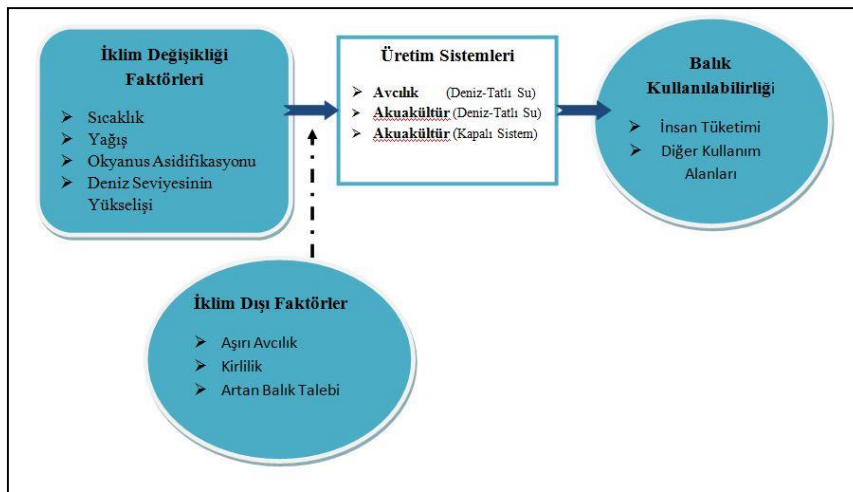
Balık insan metabolizması için gerekli temel besinlere ulaşma bağlamında değerli bir protein olmanın yanı sıra, temel vitamin ve yağ asitlerinin önemli bir kaynağıdır. Ülkelerin üretim miktarları ve balık ithalat, ihracat rakamları ve nüfus sayıları değerlendirildiğinde, balık, tüketilen toplam hayvansal protein içindeki ulusal ortalama yüzdeleri bölgesel olarak Şekil 6'de de gösterilen, dünya çapında bir milyardan fazla insanın hayvansal proteininin ana kaynağıdır denebilir. Ayrıca, Ruby (2017) tarafından bildirildiğine göre balık kaynaklı protein, küresel olarak tüketilen tüm hayvansal proteinin % 16' sını temsil etmektedir.



Şekil 6. Balık kaynaklı protein tüketiminin, tüketilen toplam hayvansal protein içindeki ulusal ortalama yüzdeleri (Little 2013'den modifiye edilmiştir)

Bir fenomen olarak iklim değişikliği; sıcaklık, yağış, okyanus asidifikasyonu ve deniz seviyesinin yükselmesi gibi alt fenomenlere ayrılmış faktörlerden oluştuğu genel olarak kabul edilebilir. Bu faktörler ayrı ayrı olarak, deniz ve tatlı su sistemlerinde avcılık ya da akuakültür sistemlerini etkileyebilir ve balık kullanılabilirliğinde değişikliğe neden olabilir. İklim değişikliği faktörleri tek başına veya birlikte balık üretim sistemlerini etkileyebilirler ayrıca aşırı avcılık, kirlilik ve balık talebindeki artış gibi bir dizi iklim dışı faktörlerin de etkisi altında çalışırlar.

İklim değişikliği ve iklim değişikliğinin balıkçılığa hangi senaryoları yaşatacağı konusunda çok sayıda rapor edilmiş çalışma vardır. Balıkçılık ve akuakültür üzerindeki iklim değişikliği etkileri üzerine konuların bağlantılarını anlamak için bu karmaşık yapıyı çerçevelemek gerekliliği hissedilmiştir. Bu araştırmamızda, incelenen literatürün ekseriyetinde kullanılan sınıflandırmaların ortak noktaları da incelenerek Şekil 7' de gösterildiği gibi Paul P.S. vd., (2017)'nin ortaya koydukları kavramsal çerçevenin birçok sınıflandırmanın kesişimini temsil ettiği görüldüğünden bu çerçeve, sınıflandırmada kullanılmıştır.



Şekil 7. İklim değişikliğinin balık kullanılabilirliği üzerindeki etkilerini değerlendirmek için oluşturulan kavramsal çerçeve (Paul P.S. vd., 2017'den modifiye edilmiştir.)

Denizlerde ve Tatlı Sularda Sıcaklık Artışı

Okyanus sıcaklığındaki artış, üst okyanus katmanlarının ısınmasına neden olur ve bu da planktonları ve planktonları avlayan balık türlerini kutupsal olarak değiştirebilir. Suların ısınması, fitoplankton patlamaları ve zooplankton kompozisyonundaki zamanlama değişimlerini etkiler. Bunun sonucunda avlanan türlerin verim ve primer üretimdeki değişimi, av (plankton) ve avcı (avlanan türler) arasındaki olası uyuşmazlığın etkisi ile stok bolluğunda ve gelişiminde değişimlere neden olabilmektedir.

Küresel ısınma sonucunda artan su sıcaklığı ile fizyolojik tolerans limitlerinde veya sınırının yakınındaki türlerde strese neden olmaktadır. Isınma trendinin devamında, sucul organizmaların birçoğu sıcaklık ve yağışa karşı değişik fizyolojik toleranslar geliştirirler. Bazı türler, yüksek sıcaklıklara adaptasyon sağlayamayıp ölebilir ya da daha uygun koşullara sahip bölgelere doğru göç edebilirler. Nitekim dünya genelinde bazı ekonomik deniz canlıları, ılıman sulardan kuzey bölgelerindeki denizlere göç etmektedir (Sağlam, N.E., vd. 2008).

Daha yüksek deniz sıcaklığı, dünyanın dört bir yanındaki resif ekosistemlerinin zarar görmesinin önemli bir nedenidir. 1998 yılında yaşanan resif beyazlaşması olayı, okyanus akımlarının yerini ve zamanlamasını değiştiren ve deniz yüzey sıcaklığında önemli yıllık değişikliklere neden olan El Nino tarafından tahrik edildiği ve dünya mercanlarının yaklaşık % 16'sının yok olmasına neden olduğu bildirilmektedir (Handisyde vd., 2006).

Deniz balık stoklarındaki değişim, daha yüksek su sıcaklıkları ve okyanus akıntılarındaki değişikliklerle de ilişkilendirilebilir. Isınma sonucunda; okyanusların fizikokimyasal özelliklerini, avlanan türlerin fizyolojisi ve cinsiyet oranlarını, yumurtlama zamanlamalarını, göçleri, stok bolluğunu, artan istilacı türleri, hastalıkları ve alglerin fizyolojisini değiştirebilir. Bu değişikliklerle deniz ve tatlı su sistemleri arasında potansiyel düşük üretim seviyelerine neden olabilir veya deniz ve tatlısu sistemlerinde belirli türlerin üretimini azaltabilecek veya arttırabilecek sonuçlar çıkarabilir. Fiziksel özelliği değişen okyanus akıntılarındaki değişikliklerin türlerin belirli boyutlara erişme yeteneği veya üreme aşamasına bir etkisi olabileceği ve bunun da balıkların stoğa katılım boylarında ve zamanlarında değişime sebep olarak deniz ve tatlısu üretim/avcılık miktarlarında değişikliklere neden olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca durgun içsülardaki ısınma, yeşil alg patlamalarının gerçekleşmesi için elverişli ortamlar olacağından, bu göl ve göletlerde ötrafikasyon beklenebilir.

Pauly ve Cheung (2017)' ye göre; daha sıcak okyanuslar, balıklar için daha fazla oksijen ihtiyacı anlamına gelmektedir, ancak solungaçları, metabolizmaları ile aynı oranda büyümektedir; bu da vücut büyüklüğünün azalmasına yol açmaktadır. Bulguların balık, köpekbalığı, kalamar ve istakoz gibi solungaçları olan hayvanlar için geçerli olduğunu ve bu türlerin ve diğerlerinin ektoterm canlılar olduğunu ve vücut ısısının çevre sıcaklığına bağlı olmasından dolayı okyanuslar ısındıkça bedenlerinin de buna uyum sağlamaya çalışacağını bildirmişlerdir. Balıkların tolere edebileceği derecedeki yüksek sıcaklık; genellikle balık bünyesindeki biyokimyasal reaksiyon hızını ve vücut metabolizma hızını arttırmaktadır. Metabolik hız, bir hayvanın oksijen tüketimini de ifade etmekle birlikte, balıklar yetişkinliğe geçtikçe ve vücut kütleleri büyüdükçe doğal olarak artmaktadır. Bu yeni durum için balıkların daha fazla O₂ alarak adapte olmaya çalışması gerekir ancak solungaç gelişimine belli bir noktaya kadar uyum sağlanabileceği dile getirilirken bu elverişsizliğin sebebinin; solungaçların yüzey alanının vücudun geri kalan kısmı ile aynı hızda büyüyemediğine dikkat çekerek açıklamaktadırlar. Araştırmacılar, Pauly ve Cheung'un "Solungaç-Oksijen Sınırlama Teorisi" adını verdikleri bu ilkeler setinin, bu kadar çok sayıda deniz türünün neden küçüldüğünü açıklamasına yardımcı olduğuna inanmaktadırlar. Okyanus sıcaklıkları iklim değişikliği nedeniyle tırmanmaya devam etmesi durumunda, bazı balıkların bu

şekilde vücut boy ve genişliklerinde düşüşlerin %20-30 aralığında gerçekleşebileceğini öngördüklerini bildirmişlerdir.

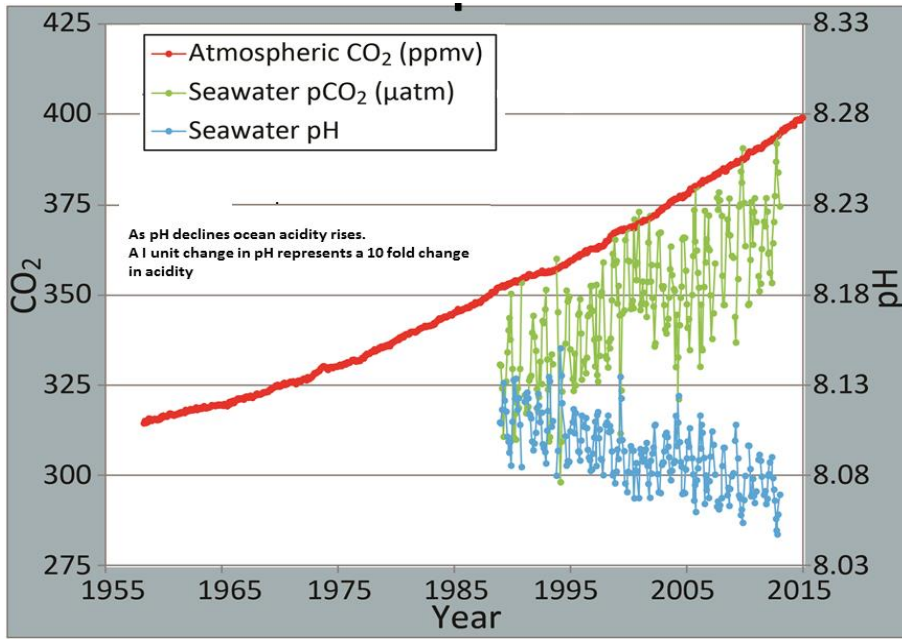
Dünyanın en önemli ticari balıklarından biri olan ton balığı yaşam biçimini korumak için çok fazla oksijene ihtiyaç duyan aktif, mobil ve hızlı yüzen bir canlıdır. Yeterli oksijen elde etmek için solungaçlarından daha fazla su alarak yüzmeyi kesintisiz devam ettirmeleri gerekmektedir. Bu nedenle, sıcaklık arttıkça, vücutlarındaki gelişmeleri desteklemek için oksijen ihtiyacı konusunda özellikle hassas durumdadırlar. Mevcut projeksiyonlara göre 21. yüzyılın ortalarında dünyanın her yerinde okyanuslarda meydana gelmesi beklenen su sıcaklığında ortalama 2°C'lik artışın (IPCC, 2014) gerçekleşmesi durumunda Pauly ve Cheung (2017), Atlantik mavi yüzgeçli orkinos gibi balıkların vücut boyutlarında % 20-30 aralığında bir oranda düşüşe neden olacaklarını da hesapladıklarını bildirmektedirler. Aynı araştırmada, birçoğu zaten yok olma tehdidiyle karşı karşıya olan köpekbalıklarının özellikle büyük türlerinde olmak üzere, boyutlarında azalma olacağını tahmin ettiklerini bildirmişlerdir.

Okyanusların Asidifikasyonu

Okyanus asidifikasyonu (asitleşmesi), okyanusun pH'sında genellikle on yıllarca veya daha uzun bir süre boyunca, atmosferdeki karbondioksitin okyanus suyunda çözünmesiyle ortaya çıkan, aynı zamanda okyanustaki diğer kimyasal ilave veya eksilmelerinin neden olduğu, pH değerinde bir azalmaya yani pH skalasında asitleşme yönünde bir kimyasal tepkimeye işaret etmektedir. Bu kimyasal olayın insan aktivitelerinden kaynaklı olduğu durumlar için Antropojenik Okyanus Asidifikasyonu değerlendirmesi de kullanılmaktadır.

Okyanus atmosfere salınan CO₂'nin yaklaşık %30'unu emer ve atmosferdeki CO₂ arttıkça okyanustaki CO₂ derişimini de dolaylı olarak yükseltir (NOAA, 2018). Deniz suyu tarafından emilen CO₂ kimyasal tepkime sonucu karbonik asite (H₂CO₃) dönüşür ve bu da deniz suyunun pH'ının azalmasına sebep olur. Aslında, okyanus asidifikasyonu olarak adlandırılan bu olaydaki deniz suyundaki karbondioksit artışı, küresel karbon döngüsünün bir parçasıdır. Bu döngüden etkilenecek olan sucul organizmaların primer üretimdeki görevleri ve önemleri düşünüldüğünde, okyanusta ekstrem bir şekilde artan karbondioksit miktarı, dünya üzerindeki tüm canlıların yaşamına doğrudan veya dolaylı olarak etkileyen bir faktör olacağı açıkça görülmektedir.

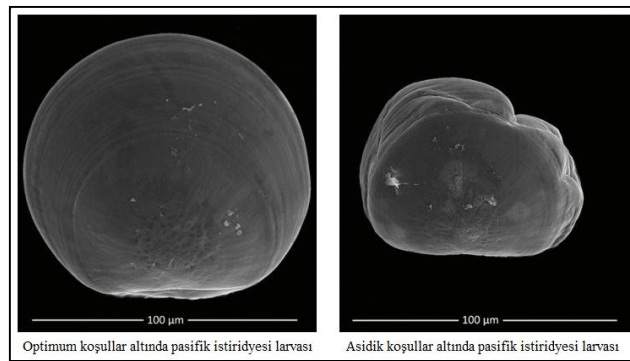
Birçok önemli balık türü ve algler için kalıcı bir yaşam alanı olan mercan resifleri; başta juvenil evreleri olmak üzere, besin kaynağı olarak birçok tür için hayati önem taşır. Bu bağlamda besin zincirinde primer üretimde önemleri büyüktür. Balıkçılık alanlarına doğrudan avantajlar sunmanın yanı sıra mercan kayalıkları, turizm ekonomisi ve kıyı şeridini koruma gibi çeşitli değerli hizmetler de gerçekleştirir. Birleşmiş Milletler tarafından yaptırılan iklim değişikliği araştırma raporuna göre 2014-2016 döneminde en uzun süren mercan resifi beyazlaması Avustralya'da bulunan Büyük Bariyer Resifi'nde gerçekleşmiştir. Bu mercan resifinin % 90'ının beyazladığını ve mercan kayalıklarının % 20'sinin yok olduğu kaydedilmiştir (edition.cnn.com, 2016). Bu beyazlamanın sebebinin sadece bir faktörün etkisinde olduğunu söylemek zor olmakla beraber etki eden faktörlerden; ısınma, asidifikasyon, kasırgalar ve diğer çevresel faktörler, kolektif etki sağlamakta ve birbirleri arasında nedensellik ve korelasyon ilişkileri bulunduğu bilinmektedir.



Şekil 8. Atmosferdeki CO₂ değişim ve deniz suyundaki çözünmüş CO₂, pH etkileşim grafiği (www.static.secure, 2015)

Günümüzde okyanus yüzeyi ortalama pH skalası değeri 8,2'den 8,1'e seviyelerine, yani yaklaşık 0,1 birim düşmüştür. Logaritmik değişim özelliği gösteren pH skalasındaki bu 0,1'lik fark, asidifikasyon derecesine yaklaşık %26'lık bir artışa sebep olmaktadır (pmel.noaa.gov., 2018). IPCC (2007) raporuna göre; Okyanus yüzey suyu pH skalasındaki 2100 yılı tahmin modeline göre 0,3-0,4 pH birim civarında bir azalma yani asitleşme tahmini hesaplandığı bildirilmektedir.

Tüm sucul ekosistemlerde gerçekleşen kimyasal tepkimeler belirli pH aralıklarında gerçekleşmektedir. İskelet ve kabuk yapılarında kalsiyum karbonat kullanan birçok canlı bu yüzden su asitliliği derecelerine çeşitli düzeylerde tepki vermektedir. Asidik ortama karşı tolerasyonu düşük olan kabuklular, mercan resifleri, bentik mollusklar, crustacealar, echinodermiler ve balıklar gibi sucul organizmaların iskelet ve kabuk formları zarar görmekte ya da büyüme süreci değişmekte veya durmaktadır. Gelecek projeksiyonlarına bakıldığında yüzyıl sona ermeden okyanus suyunun; bu mevcut formların da çözülebileceği veya yenilenemeyeceği kadar asidik olacağı ayrıca bazı ekosistemlerdeki bazı türlerin üreme yeteneklerinin bu değişime adapte olamayarak tamamen yok olabileceği tahminleri bildirilmektedir (Pauly ve Cheung, 2017).



Şekil 9. Aside maruz bırakılan pasifik istiridyasının gelişim farkı (blog.gao.gov., 2016 dan modifiye edilmiştir)

Buna rağmen, organizmaların tamamı asidifikasyona karşı aynı şekilde tepki vermemektedirler çünkü kabuk oluşumunda kullandıkları kalsiyum karbonatı farklı biçimlerde değerlendirmektedirler. Araştırmalar, okyanus asitleşmesinin, istiridye ve mercanlar gibi birçok omurgasız deniz türlerinin kabuk ve dış iskeletlerinin gelişmesini engelleyerek tehdit ettiğini ortaya koyarken, bazı türlerin artan asitlikten gerçekten fayda sağladığını göstermektedir. Ries (2009)'ün araştırmasında; türleri geniş bir dağılım aralığını kapsayacak şekilde seçilen (crustacea, cnidaria, echinoidea, rhodophyta, chlorophyta, gastropoda, bivalvia, annelida) 18 deniz organizmasını, dört aşamalı okyanus asiditesini asitlik öncesi düzeylerin on katına maruz bıraktıktan sonra asitlik seviyeleri arttıkça, istiridye, deniz tarağı ve ılıman mercanların daha ince, daha zayıf kabukçuklar olduğunu keşfetti. Araştırmada istiridye ve deniz kestanesinin dış iskelet çözünmesinin en üst düzeye çıktığını bildirmiştir. Fakat mavi yengeçler, ıstakozlar ve karidesler de dahil olmak üzere bazı türlerde avcılara karşı daha dirençli olabilecek daha kalın kabuk gelişimi gözlemlendiğini bildirilmektedir. Bununla birlikte, yüksek asit seviyeleri ile başa çıkmak için harcanan enerjinin, bağışıklık tepkileri gibi diğer işlevlerden etkilenip etkilenmediğinin henüz belli olmadığını aktarmaktadır. Araştırma sonucunda; okyanus asidifikasyonuna verilen tepkilerin düşünüldüğünden çok daha nüanslı ve karmaşık olacağına kanaat getirildiğini dile getirmektedir.

Yağış ve Su Kalitesi Değişimleri

Yağıştaki mevsimsel ve yıllık değişkenliklerin artması ve sonucu ortaya çıkan sel ve kuraklıklar, içsu balıkçılığında ve balık yetiştiriciliğinde en kötü senaryolardan biri olabilecek potansiyeldedir. Taşkınlar ve daha yüksek yağışlı mevsimlerde, akarsu akıntılarının, nehir balıklarının yumurtlama başarısının azalmasına, kuraklık dönemlerinde ise balıkların hayatta kalma potansiyelinin azalmasına sebep olabilmektedir. Durgun sularda ise; özellikle derin olmayan göllerde su seviyesi stok boyutunu belirleyen en önemli faktördür ve göl seviyeleri düşük olduğunda avlanma oranları da düşmektedir.

Handisyde vd. (2006)'ya göre; yıllık yağış ortalamalarında ve kurak sezon yağışlarında azalma ile su ürünleri yetiştiriciliği, tarımsal ve endüstriyel faaliyetlerde bulunanlar ile evsel kullanıcıların su kullanım fırsat çatışması yaşanması yüksek olasılıktır. Genellikle daha küçük göletlerin daha az su tutması, daha çabuk kuruması ve bu nedenle akuakültürde kısalmış büyüme sezonlarına, hasatların azalmasına ve daha az alternatifli bir tür seçimi; en yoksul su ürünleri yetiştiricileri tarafından en güçlü şekilde hissedilecektir.

Su kalitesi açısından değerlendirildiğinde, oksijenin su içerisindeki durumunu etkileyen en önemli faktör sıcaklık olarak değerlendirilebilir. Suların ısınması, muhteviyatındaki erimiş O₂ miktarını düşürecektir ve bu da belirli bir habitattaki fitoplanktondan balıklara kadar tüm sucul organizmalarda strese, hastalıklara, göçe veya kayıplara neden olabilir.

Küresel ısınmadan kaynaklı yağış düzensizlikleri, birçok nehir ve gölün kurumasına neden olmuştur. Balıkçılık kaynağı olarak kullanılan bu habitatlarda aşırı yağışlar ve taşkın ve sellerden dolayı göl ve nehirlerde ekonomik balık stoklarında kayıplar meydana gelmiştir. Örneğin sürü oluştururken su sıcaklığını da referans alan hamsi balıkları, kar yağışının olmadığı ve su sıcaklığının 16-17 °C'lere düşmediği dönemlerde kıyılarıımıza yaptıkları göç gecikmiş veya sürü oluşturmamışlardır. Bu da gırgırlarla avlanan hamsi avcılığını olumsuz yönde etkilemiştir (Sağlam vd. 2008).

Deniz Seviyesinin Yükselişi

IPCC, (2013) beşinci değerlendirme raporunda bildirildiğine göre; dünya genelinde deniz seviyesi, 1901 yılındaki seviyesinden 19 cm' den daha yüksektir ve halen ortalama 3,2 mm/yıl yükselmektedir.

Kıyıların, iklim değişikliği ve deniz seviyesinin yükselmesi nedeniyle kıyı erozyonu da dahil olmak üzere artan risklere maruz kalacağı tahmin edilmektedir. Etki, kıyı bölgelerinde insan kaynaklı baskıların artmasıyla daha da kötüleşecektir. Afrika'daki yerel gıda kaynaklarının artan su sıcaklığından dolayı büyük göllerde azalan balıkçılık kaynaklarının olumsuz şekilde etkilenmesi ve bunun aşırı avlanmanın artışı destekleyeceği düşünülmektedir. Asya genelinde deniz ve kıyı ekosistemlerinin, deniz seviyesinin yükselmesi ve yüzey sularının sıcaklıklarının artması beklenmektedir. IPCC 2007 raporunda ki genel görüş; tahmini deniz seviyesindeki artış, her yıl milyonlarca insanın yaşam alanlarını su basmasına neden olabileceği gibi deniz suyu işgali, tuzlu su balıkçılık alanlarını artırabileceği ancak su ürünleri yetiştiriciliği endüstrisine önemli ölçüde zarar vereceği şeklindedir.

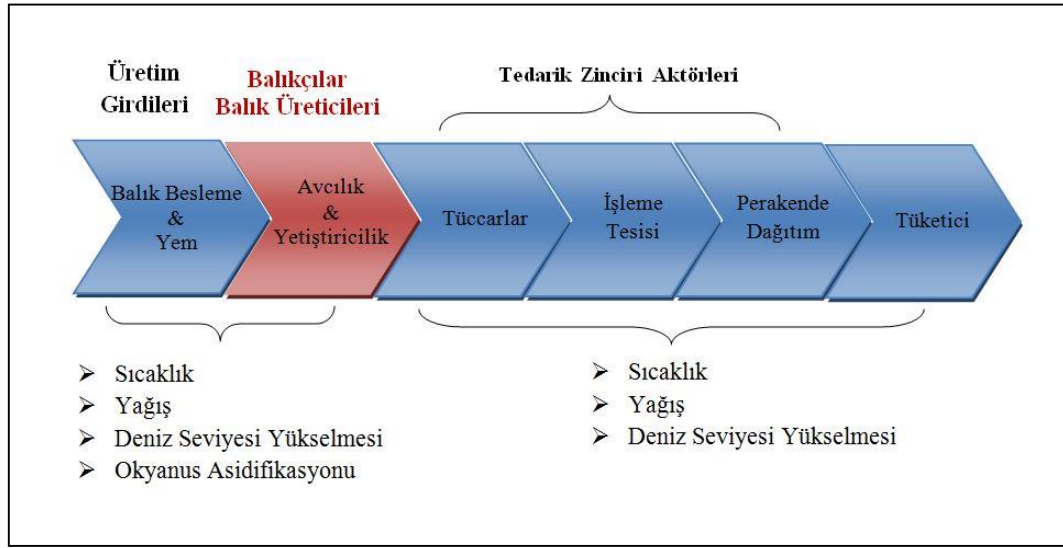
Deniz seviyesinin yükselmesi, kıyı habitatlarının kaybına ve tatlısu habitatlarına tuzlu suyun girmesine neden olabilir; bu da kıyı deniz ve tatlısu sistemlerinin ve buna bağlı balıkçılık üretiminin azalmasına neden olacaktır (Sağlam vd. 2008).

Gerçekleştirilen araştırma ve literatür taramalarında su ürünleri yetiştiriciliği ve balıkçılık için olumsuz etkiler öngörüldürken, ısınmanın devam etmesi nedeniyle belirli balık türlerinin dağılımı ve üretimindeki bölgesel değişiklikler beklenmektedir (Sağlam ve Düzgüneş, 2008., Pauly ve Cheung, 2017, Ries, 2009., Fujihara vd. 2007., Handisyde, 2006., Houghton, 2001.).

Balıkçılık Ekonomisi

Şen (2013), kasırgaların oluşumu ile iklim değişikliği arasında doğrudan bir ilişki olduğu tam olarak ispatlanamasa da son on yılda kasırgaların sıklığına, şiddet ve etkilerine bakıldığında önemli bir artış olduğu ve en fazla ekonomik zarara sebep olan ilk on kasırganın dokuz tanesinin 2000 yılından sonra meydana geldiğini dile getirmektedir. Bunlara örnek olarak da 1992 yılında Amerika kıtasının güney doğusunda gerçekleşen kasırganın 26-27 milyar dolar maddi zarara sebep olduğunu bildirmiştir.

Tüm resiflerin üçte ikisi gelişmekte olan ülkelerdedir ve tropik bölgelerdeki 500 milyon insan yiyecek, geçim kaynağı, doğal felaketlerden ve diğer temel ihtiyaçlardan korunmak için resiflere çok bağımlıdır. Sahil bölgesinde yaşayan insanlar genellikle hizmetlere erişimi sınırlı olan, yoksul ve doğal kaynaklar üzerindeki etkilere karşı savunmasızdır. Resif alanlarındaki birçok sahil topluluğu için balıkçılık faaliyetleri tek gelir kaynağıdır (Teng vd. 2017).



Şekil 10. Balık tedarik zinciri (Teng vd. 2017'den modifiye edilmiştir)

Yoksul balıkçılar için önemli olan türler üzerindeki potansiyel etkileri araştırmak değerli olsa da tüm balıkçılar adına dış kaynaklı hesap edilmemiş problemlerle baş edebilmek için daha güçlü bir araştırmaya odaklanma öngörülürü daima belirsizdir. Balıkçılar, daha geniş bir tür yelpazesinden faydalanmayı öğrenerek ve gelir kaynaklarını çeşitlendirerek dar bir kaynak tabanına olan bağımlılığını azaltmalıdır. İklim değişikliğinin balıkçılar için geçim seçeneklerini azaltacağını ve bu nedenle alternatif kırsal ve kentsel işletmelere yatırım yapmak için ihtiyaçların neler olduğunu daha iyi anlamaya ihtiyaçları vardır (Handisyde vd. 2006).

Küresel Isınmanın Avcılık Ekonomisine Etkileri

İklimde gerçekleşen değişiklikler balık stoklarını ve küresel balık tedariğini etkileyerek balıkçılık ve akuakültürü doğrudan etkileyebilir ya da dolaylı olarak balık fiyatları veya balıkçıların ve balık çiftçilerinin ihtiyaç duyduğu malların ve hizmetlerin maliyetini etkilemesi beklenmektedir.

Ton balığı, mezgit, morina ve diğer birçok ekonomik türlerin üretimde görülebilecek küçülmenin potansiyel balıkçılık üretimini azaltacağı tahmin edilmektedir. Deniz ekosistemleri, kısmen organizmaların vücut boyutuna göre yapılandırıldığından vücut boyutlarındaki değişiklikler muhtemelen av-avcı etkileşimlerinin yapısı ve işlevlerini de etkileyecektir. Ayrıca, aşırı avlanma balık gövdesinin boyutunu azaltmakta bu nedenle aşırı avlanmayı ortadan kaldırmak balık küçülmelerinin boyutunu azaltmaya yardımcı olabileceği düşünülmektedir. Araştırmacılar, Tropik Bölgelerin kıyı topluluklarının diyetleri için balık stoklarına çok bağımlı oldukları için, tropiklerin balık gövde boyutlarında bir azalma, bu toplulukları daha çok etkileyeceğini savunmaktadırlar (Pauly ve Cheung 2017).

Ancak yine Pauly ve Cheung (2017)'ye göre; tüm deniz türlerinin küçülmesi beklenmemektedir. İstisnalar arasında balinalar ve diğer solungaç solunumu yapmayan deniz memelileri de olmakla birlikte, yine de bu canlılar iklim değişikliğinin getirdiği diğer risklerle karşı karşıya durumdadırlar.

Ülkemiz balıkçılık ekonomisi açısından en önemli türü olan hamsi hakkında Sağlam vd. (2008)'in bildirdiğine göre; su sıcaklığının yükselmesi ile birlikte göç davranışı ve yollarında değişimler beklenmelidir. Beslenmek üzere kıyılarımıza gelen hamsi sürüleri, kuzey Karadeniz sularının ısınması ve besin üretiminin artması ile birlikte daha ısınmış güney Karadeniz yerine kuzey sularında kalmayı tercih edebileceklerdir. Bu da balık üretiminin % 80'ini sağlayan kaynağın ortadan kalkacağı, balıkçıların işlerini kaybedecekleri anlamına gelmektedir.

Küresel Isınmanın Kültür Balıkçılığı Ekonomisine Etkileri

Atmosferde sera gazlarının birikimi ile küresel iklimin 21. yüzyıl boyunca değişmeye devam etmesi bekleniyor. Dahası, küresel ısınmanın nehir havzalarının hidrolojisi ve su kaynakları üzerinde önemli bir etkisi olacağı düşünülmektedir (Fujihara, Y. 2007). Küresel ısınmadan kaynaklı yağış düzensizliklerinin, balık yetiştiriciliği yapılan, kaynak olarak kullanılan birçok akarsu ve durgun su kütlelerinin kurumasına, dolayısıyla habitat kayıplarına neden olmaktadır. Dolayısıyla karalarda yapılan yetiştiricilik faaliyetleri için, bu kuraklıktan dolayı yeterli su kaynağına ulaşılamama riski vardır.

Akuakültürde üretim maliyetlerinin olabilecek en düşük sınırdaki tutmak üretim karlılığı ve yetiştiricilik faaliyetinin sürdürülebilirliği için çok önemlidir. Üretim maliyetleri kapsamında işletme sabit giderleri, sel ve taşkınlardan kaynaklanan tesis fiziki varlıklarında kayıplar oluşabilecektir (Handisyde vd. 2006).

Suların ısınması ile yetiştiricilik yapılan özellikle durgun su kütlelerinde ötrofikasyon, alg patlamaları, çözünmüş O₂ miktarında azalma ve bunların etkisinin de tetiklediği paraziter hastalık potansiyelinde artış ve sonrasında ise plankton kompozisyonunda değişiklikler olacağı öngörülebilir. Bu değişiklikler sonucunda ise; bu habitatlarda kirleticiler, istilacı türler, predatörler kaynaklı işletme maliyetlerinde meydana gelecek değişiklikler ve balık stoğunda düşüşler beklenebilir.

Deniz ve tatlı su kültür balıkçılığında su sıcaklığının atışı ile türden türe tolerasyon seviyelerine göre değişiklik gösterebilecek, balıkların yumurtlama, bolluk ve cinsiyet oranlarında da değişimler sonucu sperm kullanılabilirliği, döllenme başarısı üzerine olumlu ya da olumsuz etkiler ortaya çıkabilecek ve bu durum işletme karlılığına direkt etkileri olacaktır.

Küresel ısınma ile deniz seviyelerinin yükselmesi sonucunda, denizlerden karalara nüfuz eden tuzlu su, salinite tolerasyonu dar olan canlılar için hayatta kalma şansını elinden alacaktır. Özellikle nehir ağzındaki, haliç ve lagün sistemlerinde yapılan yetiştiricilik alanlarının bu değişime adapte olmasında güçlükler yaşanacak ve acı su türlerine geçişler yaşanabileceği düşünülebilir.

Suların ısınması her tür için kötü senaryoya sebep olmayabilir. Bazı ekosistemlerde balıklar için optimum sıcaklığa yakın derecelere kadar ısınması durumunda, özellikle kış aylarında doğal ölümlerin azalması, metabolik oranlarda ve büyüme oranlarının ve hızının artacağı ve uzayan büyüme dönemlerinde balık gelişimlerinin artacağı ve bunun yetiştiricilik ekonomisi için karlılık anlamında arzulan bir durum olduğu bilinmektedir. Bu durum ise kısa ve orta vadede küresel ısınmanın faydaları arasında gösterilebilir (Handisyde vd. 2006).

TARTIŞMA ve SONUÇ

Deniz suyunun temel fiziksel özelliklerinden sıcaklık artışı ile diğer fiziksel ve kimyasal özellikler de zincirleme olarak birbirini etkilemektedir. Bu bağlamda, sucul ekosistemde yaşayan farklı türlerin yaşam koşullarını etkileyen birçok sonuç doğacağı düşünülmektedir. Bu zincirleme reaksiyonun sonuçlarının aslında bu değişikliklerin gerçekleşmesinde birincil neden olan besin zincirinin üst katmanında yer alan insanlığa geri döneceğini belirtmek yanlış olmayacaktır. Okyanuslardaki sıcaklık artışı, asidifikasyon ve ekstrem hava olayları, Pasifik ve Hint okyanusundaki mercanların beyazlaması ve toplu ölümlerine yol açmıştır. Mercanların ortadan kalkması sadece denizlerdeki biyoçeşitliliğin yıkımına yol açmakla kalmamaktadır. Handisyde, (2006)'ın bildirdiğine göre; araştırmalar, mercan kayalıklarının % 60' ının 2030 yılına kadar kaybolabileceğini öne sürmektedir. Küresel ısınmadan birincil derece rolü olan CO₂ 'in denizler tarafından emilimi ile başlayan mercan resiflerinin kaybı ile uzun vadede çok daha geniş bir sistemin küresel çöküşüne kadar gidebilecek riskler doğurmaktadır.

Küresel ısınma, ektoterm türlerin içinde yaşadıkları habitatlardaki su sıcaklığından doğrudan etkilenerek fizyolojik dengelerinde değişimlere yol açmaktadır. Bu fizyolojik değişimler; üreme dönemlerinde ve eşeyssel olgunluğa erişme boy ve yaşlarındaki değişimler, beslenmelerinde kondisyonlarında, stoğa katılım periyotlarında, stok bolluğuna değişikliği beraberinde getirebileceği birçok araştırmada dikkat çeken hususlardır (Sağlam ve Düzgüneş, 2008., Pauly ve Cheung, 2017, Ries, 2009., Fujihara vd. 2007., Handisyde, 2006.)

Çizelge 2. Küresel ısınmanın balıkçılık dinamiklerine etkileri (Handisyde vd. 2006'dan modifiye edilmiştir)

İklim Değişikliğinin Balıkçılık Ve Akuakültür Üretimini Doğrudan Etkileyebileceği Potansiyel Faktörler.		
Etmenler	Fizyolojik Etkileri	Sonuçları
Deniz Yüzey Sıcaklığındaki Değişimler	➤ Daha sık görülen algal patlamalar; ➤ Daha az çözünmüş O₂ ➤ Paraziter hastalık artışı ➤ Yerel Ekosistemlerdeki rekabet dengesindeki değişimler, Av-Avcı ilişkisi ➤ Plankton kompozisyon değişimleri	• Akuakültürde; kirleticiler zararlılar, istilacı türler ve/veya predatörler kaynaklı işletme maliyetlerinde meydana gelen değişiklikler. • Avcılık için; balık stoklarının bolluğu ve türleri üzerindeki etkileri.
	➤ Daha uzun süren büyüme dönemleri; ➤ Kış aylarında doğal ölümlerin azalması; ➤ Artan metabolik oranlar ve büyüme oranları.	• Özellikle su ürünleri yetiştiriciliğinde artan üretim ve kâr potansiyeli.
	➤ Primer üretim artışı	• Muhtemel tür kompozisyonundaki değişimlerle, su ürünleri ve balıkçılık için potansiyel faydalar.
	➤ Göçlerin zamanlaması ve başarısındaki değişimler ➤ Yumurtlama ve bolluk ve cinsiyet oranları değişimleri	• Potansiyel tür kaybı veya av kompozisyonu değişimi • Su ürünleri yetiştiriciliğinde sperm

		kullanılabilirliği üzerindeki etkiler.
	➤ Belirli türler için yaşam alanlarında uygun konum ve sınırlarının değişimi.	• Aquakültür alanları kazanımları ve kayıpları. • Potansiyel tür kayıpları ve av kompozisyonu değişimleri
	➤ Kıyı şeridinin dalga hareketinden korunmasına yardımcı olabilecek mercanlarının hasar görmesi.	• Stoğa katılım oranında düşüş
(ENSO) El Nino- Güneyli Salınımlar	➤ Okyanus akımlarının yeri /zamanlaması ve yükselmesi, yüzey sularındaki besin arzını ve dolayısıyla birincil üretkenliği değiştirir.	• Açık deniz balıkçılığında türlerin dağılımı ve verimliliğindeki değişiklikler
	➤ Okyanus sıcaklığının ve mercan resiflerinin renk değişimi	• Resif balıkçılığında verimlilik düşüşü
	➤ Yağış rejimlerinde değişim ve kuraklık	• Yağış rejimlerinde, kuraklık ve sel baskınında denizel etkiler.
Deniz seviyesinin yükselmesi	➤ Toprak kaybı	• Su ürünleri için elverişli alanların kaybı. Tatlı su balıkçılığındaki düşüş/kayıplar
	➤ Nehir ağzı/Haliç sistemlerindeki değişim	• Tür çeşitliliği/ bolluğundaki, stok kompozisyonu dağılımındaki ve yetiştiricilik tohum kaynaklarındaki değişim.
	➤ Tuzlu suyun yer altı sularına karışması	• Tatlı su balıkçılığı av miktarına olumsuz etkisi • Akuakültürde tatlı su kullanılabilirliğinde düşüş ve acı su türlerine geçiş.

	➤ Mangrov ormanları gibi kıyı ekosistemlerinin kaybedilmesi.	• Avılık ve yetiştiricilik için stoğa katılım oranı ve stoğun azalması
İç sularda sıcaklığın yükselmesi	➤ Göllerde tabakalaşmanın ve/veya karışmasının azalması, primer üretim ve nihayetinde balık türleri için besin maddelerinin azalması.	• Balık stoğunda azalma.
	➤ Su kalitesi, çözünmüş oksijen seviyeleri ve besin arzı yeterli durumda olursa yüksek metabolik hız beslenme oranını artırır, aksi halde beslenme ve büyümeyi azaltabilir. ➤ Primer üretimin artış potansiyeli.	• Avcılık ürünü balık stokları için balık stokları artabilir aksi takdirde besin arzının sıcaklık ile yeteri kadar artmadığı durumlarda büyüme azalabilir. • Özellikle yoğun ve yarı-yoğun gölet sistemlerindeki aquakültür için olası faydalar doğabilir.
	➤ Bazı türlerin potansiyel yayılım aralığını, yerini ve büyüklüğünü değiştirir.	• Aquakültür fırsatları bağlamında hem pozitif hem de negatif etkileri olacaktır. Avcılık adına tür kayıpları veya stok kompozisyonunda değişimler olabilir.
	➤ Su kalitesinde olumsuzluk, (özellikle çözünmüş oksijen açısından) ➤ Patojenler, predatör türler ve rekabet halindeki türlerin bolluğun ve dengelerindeki değişiklikler; ➤ İstilacı türlerin yayılması.	• Avcılıkta, değişen stok ve kompozisyonu • Aquakültürde değişen kültür türleri ve muhtemel kayıplar ve hastalık tehdidi (artan işletme giderleri) ve havalandırma ekipmanı veya daha derin göletler için muhtemelen daha yüksek sermaye maliyeti.

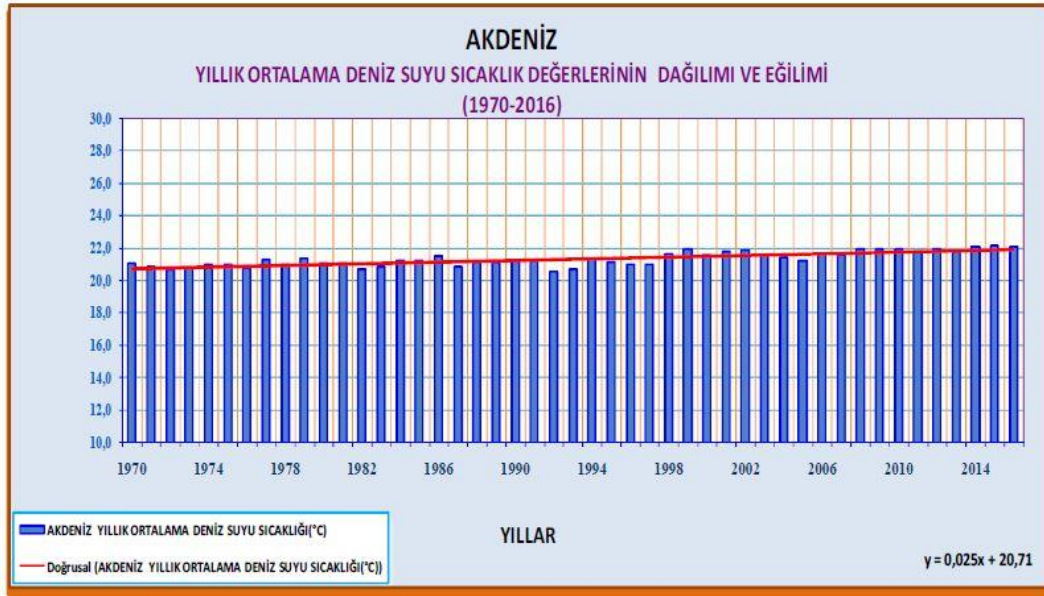
	➤ Göç zamanlaması ve göçün başarısındaki değişimler, yumurtlama ve bolluğundaki değişimler.	• Türlerin kaybolması potansiyeli veya avcılık için tür kompozisyonunun kayması; • Aquakültürde sperm kullanılabilirliği üzerindeki etkiler.
Yağış ve Su kalitesindeki değişimler	➤ Balık göçü ve stoğa katılım modellerinde değişiklikler ve dolayısıyla başarı durumu.	• Stok ve rekabet kompozisyonundaki değişimler. • Aquakültürde döl verimi üzerindeki olumsuz etkiler.
	➤ Aquakültür için daha düşük su kullanılabilirliği. ➤ Hastalığa neden olabilecek daha kötü su kalitesi değerleri. ➤ Diğer sucul organizmalar ile rekabet artışı. ➤ Tatlı su kaynaklarında azalma ve kuraklık riski artışı.	• Göllerde azalan su seviyesi ve stok kayıplarından kaynaklı maliyet artışları. • Üretim kapasitesi düşüşü. • Ortamdaki diğer sucul organizmalarla rekabet artışı. • Kültürü yapılan tür seçimlerinde değişiklik.
	➤ Göl ve nehir seviyelerindeki değişiklikler ve yüzey suyunun genel kapsamı ve su hareketleri.	• Balık stoklarının dağılımı, kompozisyonu ve bolluğun değişimi. Balıkçıların daha zor şartlarda ekonomik faaliyet göstermeleri ve göç ile karşı karşıya kalmaları.
Fırtınaların şiddeti ve/veya frekansının sıklaşması	➤ Büyük dalgalar ve fırtına taşkınları. Yoğun yağışlar sonucu oluşan seller. Tuzluluk değişimleri. Taşkın atakları sırasında su ürünleri yetiştirme tesislerine hastalık veya	• Aquakültür stoklarında kayıplar, tesislerin fiziki varlıklarının ve av araçlarının hasar görmesi veya kayıplar. Diğer türlerin stoğa katılmaları ve stok üzerine etkiler.

	avcılarının üretim alanına girişi.	Sigorta masrafları ve tadilat maliyetleri.
Kuraklık	➤ Su kalitesi ve aquakültür için uygunluk. Tuzluluk oranı değişimleri.	• Avcılık ve aquakültürde ortaya çıkan stok kayıpları.
	➤ Göl suyu seviyeleri ve nehir rejimlerindeki değişimler.	• Balık stoklarının azalması, balıkçılık alanları için rekabetin yoğunlaşması ve balıkçıların göç etmeyle karşı karşıya kalması.

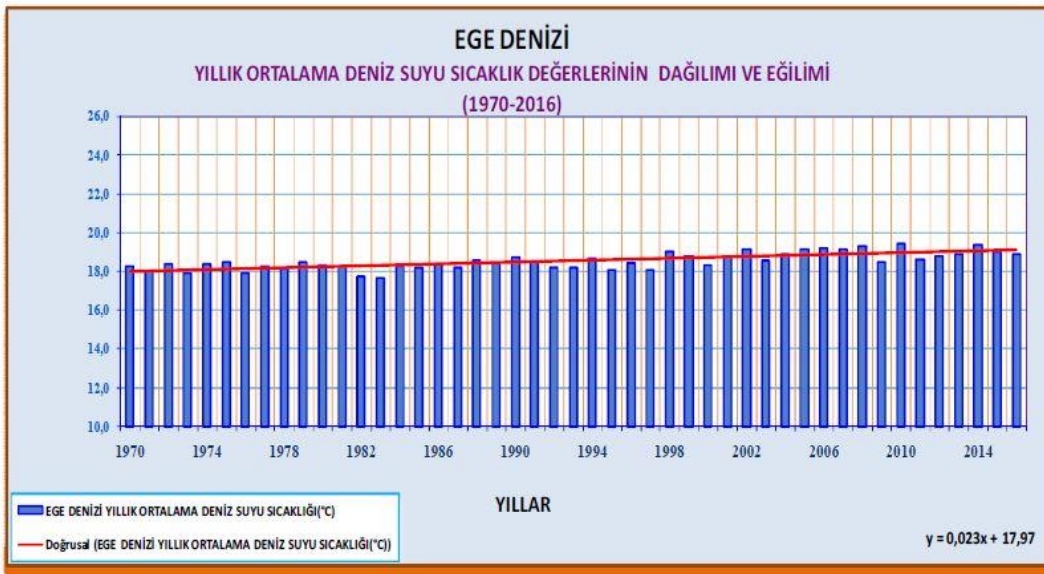
Küresel ısınmanın Türkiye balıkçılığına etkileri açısından değerlendirilmeye çalışıldığında ise; küresel ısınma ve iklim değişikliğinin balık popülasyonlarının yaşam alanlarını belirlemesi üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu bilinmektedir. İklimsel anomalilerden etkilenecek olan denizlerimizdeki balık popülasyonlarında da önemli değişikliklere neden olabileceği ve özellikle türlerin kendine has fizyolojilerine göre daha elverişli alanlara göç etmeleri beklenebilir. Ayrıca aynı faktörlerden dolayı daha önce denizlerimizde görülmeyen lesepsiye türleri artık ülkemiz denizlerinde de rastlanabileceğini muhtemeldir. Öyle ki, hali hazırda Akdeniz havzasında, Kızıldeniz göçmeni balıkların stok oluşturduğu ve havzada daha önce görülmeyen bazı yeni türleri bu bölgede rastlanmaya başladığı bilinmektedir.

Su sıcaklığının artması, tarımsal kirlilik ve atık suların neden olduğu ötrofikasyon, iç su ve denizlerimizde su seviyesinin yükselmesi ile birlikte su bitkilerinin artmasına, karasallaşma problemine ve suda oksijen yetersizliğine yol açtığını ve örnek olarak da; Sakarya Nehri ve İzmit Körfezi'nde zaman zaman görülen kitle halinde balık ölümleri bu nedene bağlanabileceğini bildirmiştir (Sağlam, vd. 2008).

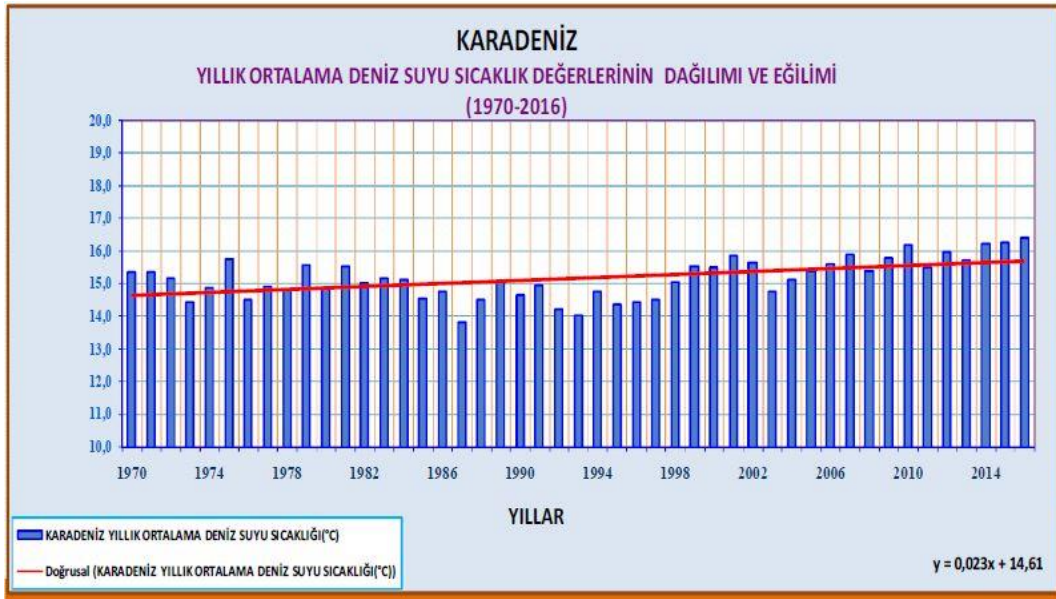
Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından 2016 yılında yayınlanan, ülkemiz çevreleyen denizlerinden 1970-2016 yılları arasındaki, Akdeniz, Ege, Karadeniz ve Marmara Denizi'nde kaydedilen deniz suyu sıcaklıkları, yıllık ortalamalarından elde edilen istatistik veriler grafik haline getirilerek yayınlanmıştır. Sırasıyla Şekil 11, Şekil 12, Şekil 13, Şekil 14' de ülkemizi çevreleyen denizlerimizin ortalama deniz suyu sıcaklığında artış olduğu görülmektedir.



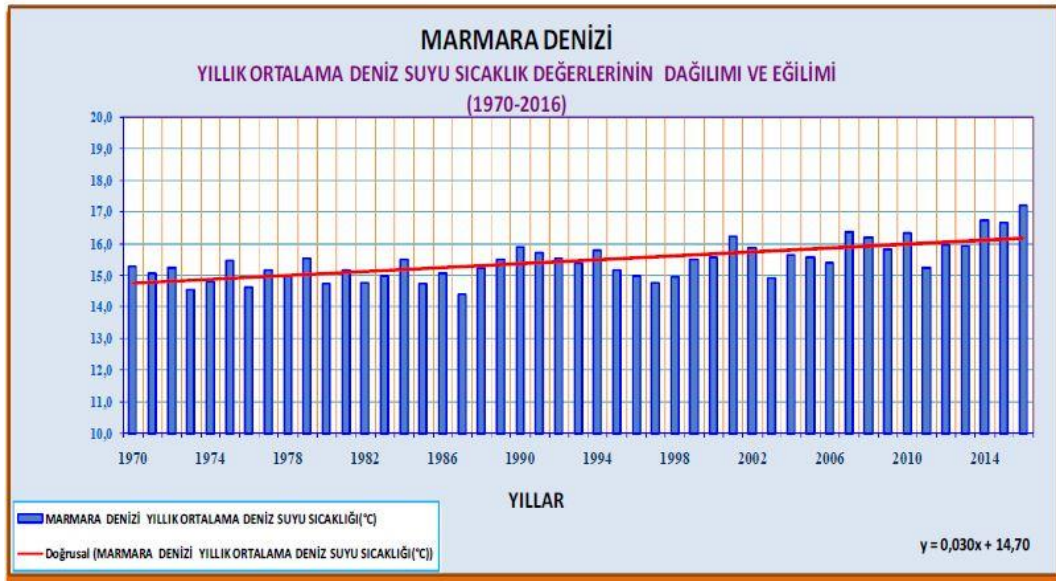
Şekil 11. 1970-2016 arası Akdeniz deniz suyu sıcaklık ortalamaları grafiği (Meteoroloji Gen. Müd. 2016)



Şekil 12. 1970-2016 arası Ege Denizi suyu sıcaklık ortalamaları grafiği (Meteoroloji Gen. Müd. 2016)



Şekil 13. 1970-2016 arası Karadeniz deniz suyu sıcaklık ortalamaları grafiği (Meteoroloji Gen. Müd. 2016)



Şekil 14. 1970-2016 arası Marmara deniz suyu sıcaklık ortalamaları grafiği (Meteoroloji Gen. Müd. 2016)

Türkiye denizlerindeki ortalama sıcaklık artışını etkileyen faktörleri coğrafi konumunun 30. enleme yakınlığı ve Akdeniz Havzası içinde oluşu gibi etkiler kuvvetlendirmektedir. Bu bağlamda, grafiklerdeki sıcaklık artışını küresel ısınmanın etkileri olduğu bilinmesine rağmen yegane faktör küresel ısınmadır söylemin doğru olmadığı, bu artışları tetikleyen başka etmenlerin göz ardı edilmemesi gerektiği savı yaygındır (Şen, 2013).

Günümüze kadar gerçekleşen iklim özelliklerinin değişimi sonucunda deniz ve iç sularımızdaki biyoçeşitlilik de etkilenmiş, bu bağlamda Akdeniz’de daha önce rastlanmayan lesepsiye türleri rastlanmaya başlamış ve tür sayısının da arttığı bilinmektedir. Sağlam vd., (2008)’e göre Karadeniz’deki bazı tür popülasyonları tehlike altındadır ve neredeyse yok olmuştur.

Mevcut aşırı avcılık baskısı ve iklim değişikliğinin neden olduğu etmenler, kirlilik gibi stoklar üzerindeki etkiler son yıllarda daha belirgin hale gelmiştir. İç sularda ise göl, gölet gibi durgun sularda ısınma, yeşil alg patlamalarının sıklığını arttırmıştır.

ÖNERİLER

Küresel iklim değişikliğine neden olan sera gazı seviyelerindeki artışın ana kaynağının enerji sektörü olduğu anlaşılmaktadır. Dolayısıyla çözümler de yine enerji sektöründeki revizyonlarla olmalı ve bu konuda araştırma yapan bilim insanlarının yaptığı uyarılar dikkate alınmalıdır. Fosil yakıtlara dayalı enerji projeleri ve yatırımları yerine enerjinin verimli kullanımını sağlamak ve yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı, sürdürülebilir enerji altyapısını oluşturmak için her bireyin ve her ülkenin üzerine düşeni yerine getirmek için harekete geçmesi gerekmektedir.

Sucul ekosistemlerin ve ilgili faaliyetlerin iklim değişikliğinin öngörülemeyen etkilerinden korunabilmesi amacıyla, konunun stratejik yönetim yaklaşımı prensipleri doğrultusunda ele alınması, sektörel sürdürülebilirliğin sağlanması hedeflerine ulaşmadaki önceliklerin başlarında gelmektedir. Bu nedenle, tehdit altında olduğu kesin olan içsu ürünleri üretim faaliyetlerinin, mevcut öngörüler doğrultusunda, hassasiyetinin azaltılması ve direnç kapasitesinin artırılmasına dönük stratejik planlamalarının birincil paydaşların katılımı ve katkısı ile en kısa zamanda başlatılması gerekmektedir (Ganioğlu 2016).

İklim değişikliğinin su ürünleri yetiştiriciliğini ve balıkçılık faaliyetlerini nasıl ve neden etkileyebileceğini anlamayı amaçlayan çabaların ve araştırmaların, belki de akuakültür için daha önemli olmak üzere, iklim değişikliği ile baş edebilmek için ve daha geniş adaptasyon sağlamada önemli rol oynayabileceği vurgulanmalıdır. Bununla birlikte iklim değişikliğinin doğal olarak öngörülemezliği, balıkçılık ve su ürünleri yetiştiriciliğinin geçim kaynaklarını iklim etkilerini oldukça karmaşık hale getirmektedir. Dünyada balıkçılık ve su ürünleri yetiştiriciliğinin öngörülen ve öngörülmeyen yeni zorluklarla başa çıkmasına yardımcı olabilecek genel uyarlanabilir kapasitenin geliştirilmesine çok güçlü bir odaklanma ortaya konması gerekmektedir (Hadisyde 2006).

Balık kaynaklı protein ihtiyacını karşılamak adına, kültür balıkçılığına ağırlık vermek; gelecekteki kuraklık dönemlerinde veya suya ulaşımın kısıtlı olduğu alanlarda verimliliği artırmak için fırsatlar sağlayabilir. Su kaynağının daha etkin kullanıldığı kapalı sistem su ürünleri yetiştiriciliği teknolojilerinin daha etkili hale getirilmesi ve bu sistemin yaygınlaştırılması alternatif oluşturabilir.

Gölet su ürünleri yetiştiriciliğini geleneksel bitkilerle bütünleştiren projeler, çiftçilerin kuraklığa karşı savunmasızlıklarını başarıyla azaltabilir. Ekonomik sucul bitki türlerinin üretimi ile kaliteli bir protein kaynağı sağlayarak genel üretim ve karını artırabilir. Su kullanım verimliliği açısından, su ürünleri yetiştiriciliğinden artan/dönüştürülen suyu kullanan kapalı sistemler, kara bitkileri ve hayvancılık üretimi ile oldukça olumlu bir kompozisyon kurarak polikültür kapsamında verimliliği arttırabileceği düşünülmelidir.

KAYNAKLAR

Dabanlı, İ. 2017. Türkiye'de İklim Değişikliğinin Yağış-Sıcaklığa Etkisi Ve Kuraklık Analizi: Akarçay Örneği. Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı, 11, İstanbul.

Fujihara, Y., Tanaka, K., Nagano, T., Kojiri, T., Watanabe, T. 2007. Assessing The Impact Of Climate Change On The Water Resources Of The Seyhan River Basin, Turkey International Congress On River Basin Management, 22-24 March, 454, Antalya

Ganioğlu, B. 2016. Küresel İklim Değişikliğinin Yetiştiricilik Üzerine Etkileri. Alternatif İçsu Ürünleri Türleri Yetiştiriciliği Çalıştay Raporu, 11-13 Ocak; 23-24, Antalya.

- Handisyde, N.T., Ross, L.G., Badjeck, M.C. and Allison, E.H. 2006. The effects of climate change on worldaquaculture: A global perspective, The threat to fisheries and aquaculture from climate change, World Fish Center, Policy Brief, Penang, Malaysia.
- Houghton, J.T., Ding, Y., Griggs, D.J., Noguer, M., van der Linden, P.J., Dai, X., Maskell, K., and Johnson, C.A. 2001. The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge.
- <https://www.metoffice.gov.uk/research/news/2017/overview-global-temperature-2016>, 26.12.2017
- <https://climate.nasa.gov/images-of-change?id=623#623-arctic-sea-ice-coverage-hits-record-low>, 25.12.2017.
- <http://www.ces.fau.edu/nasa/module-2/how-greenhouse-effect-works.php>, 12.08.2018
- <https://zerogeoengineering.com/2016/water-vapor-not-co2-science-101>, 07.08.2018.
- <https://edition.cnn.com/2016/04/20/asia/great-barrier-reef-coral-bleaching/index.html>, 08.08.2018.
- <https://static.secure.website/wscfus/8154141/3022103/ocean-acid-noaa-to-2015.png>, 12.01.2018.
- <https://www.heirstoouroceans.com/blog-collection/2017/3/1/u2ywm7kggk5brp42uketndv56rzm8p>, 08.08.2018
- <https://www.pmel.noaa.gov/co2/story/Quality+of+pH+Measurements+in+the+NODC+Data+Archives>, 14.08.2018
- <https://blog.gao.gov/2016/06/08/examining-ocean-acidification-on-world-oceans-day/>, 14.08.2018
- <https://oceanservice.noaa.gov/facts/acidification.html>, 08.08.2018
- IPCC, (2001). Climate Change 2001, The Scientific Basis, Summary for Policymakers p:10. The Edinburgh Building, Cambridge CB2 2RU, UK.
- IPCC, (2007). Climate Change: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M., Miller, H.L., Cambridge, United Kingdom
- IPCC, (2013) Intergovernmental Panel on Climate Change 2014 fifth Assessment Report 11 November 2013 Warsaw, Poland
- IPCC, (2014). Intergovernmental Panel on Climate Change 2014 Synthesis Report Summary for Policymakers p:3-11
- Little, D. 2013. Fish-farming the new driver of the blue economy? Overview of the significance of the farming sector: challenges and opportunities, 3 July, Brussels Development Briefing n.32, 7 University of Stirling, Brussels.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2016. Türkiye Çevresindeki Denizlerin Su Sıcaklıkları Parametresinin İstatistiksel Analizi Raporu (1970-2016), Ankara.
- Paul P.S.Teng, Jonatan L., Mely C.A, 2017. Climate change and fish availability, World Scientific, Cosmos, Vol. 12, No 1, (2016), 29-42
- Pauly, D., Cheung, W. L. 2017. Web Sitesi: <https://www.seeker.com/earth/animals/ climate-change-is-causing-fish-to-shrink> Erişim Tarihi: 09.01.2018.
- Ries, J.B. 2009. Web Sitesi: <http://e360.yale.edu/digest/ocean-acidification-benefits-some-marine-organisms-study-says> Erişim Tarihi: 09.01.2018.
- Ruby, P., Ahilan B. 2017. An overview of climate change impact in fisheries and aquaculture. Climate Change. 4(13), 87-94.
- Sağlam, N.E., Düzgüneş, E., Balık, İ. 2008. Küresel Isınma ve İklim Değişikliği. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi. 25 (89-94).

- Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M., Miller, H.L. 2007. The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Cambridge, United Kingdom and New York, USA, 12, 13, 24, 60
- Şen, Ö.L., Kındap T., Bozkurt, D. 2008. Küresel Isınma ve Türkiye İyimser Senaryo. Yeşil Atlas Dergisi, (11), 79-89.
- Şen, Ö.L., 2013. Web Sitesi: <http://acikradyo.com.tr/arsiv-icerigi/iklimbilimci-omer-lutfi-senle-iklim-degisikliginin-turkiyedeki-etkileri-uzerine> Erişim Tarihi: 25.12.2017
- Teng, P.P.S., Lassa, J., Anthony, M. C. 2017. Climate Change and Fish Availability. World Scientific. Cosmos, Vol. 12, No 1 29-42.
- Türkeş, M., Şen, Ö.L., Kurnaz, L., Madra, Ö., Şahin, Ü. 2013. İklim Değişikliğinde Son Gelişmeler: IPCC 2013 Raporu, İstanbul Politikalar Merkezi, Sabancı Üniversitesi, Aralık 2013, İstanbul.