



Global Climate Change And Viral Infections

Ayhan AKMAN¹ Semra GÜMÜŞOVA²

¹ Veterinary Control Institute, Department of Virology, Samsun, Turkey

² Ondokuz Mayıs University, Faculty of Veterinary Medicine, Department of Virology, Samsun, Turkey

Received: 07.08.2015

Accepted: 16.10.2015

SUMMARY

Increased of surface temperature, rising of the sea levels, decrease of snow and ice, and plants and animals responding to these changes by moving to colder area are accepted evidence of climate change. It is reported that climate change not only effects the ecosystems, can changes the health factors, synchronization between the life cycle of the agent and vector may deteriorate and habitat specific outbreaks may occur as a results of global climate change. We aimed to with this review that investigation of impacts of climate change on viral infections and to determine the expected probable outcomes.

Key Words: Climate change, Viral infections, Zoonoses

ÖZET

Küresel İklim Değişiklikleri ve Viral Enfeksiyonlar

Artan yüzey sıcaklıkları, deniz seviyelerindeki yükselmeler, kar ve buzun azalması, bitki ve hayvanların bu değişikliklere reaksiyon olarak daha soğuk yerlere hareketi iklim değişikliklerinin ispatları olarak kabul edilmektedir. İklim değişikliklerinin, ekosistemleri değiştirdiği gibi sağlık faktörlerini de değiştirebileceği, küresel iklim değişiklikleri sonucu etken ve vektör arasındaki yaşam sikluslarının bozulabileceği ve habitata özgün salgınların oluşabileceği bildirilmiştir. Bu derleme, iklim değişikliklerinin viral enfeksiyonlar üzerindeki etkileri konusunda yapılan çalışmalarını derlemek ve beklenen olası sonuçları ortaya koyabilmek amacıyla yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: İklim değişikliği, Viral enfeksiyonlar, Zoonozlar

1. GİRİŞ

Küresel iklim değişiklikleri; kara, deniz ve atmosferin sürekli ve düzenli olarak ısınması olarak bilinir (Stone 2008). 1992-2001 yılları arasında bildirilen felaketlerin % 43'ünün sebebinin seller olduğu (McMichael ve ark. 2006), gelecekte de, sayısız sel felaketleri ile bunun sonucunda gelişebilecek ani ve yoğun insan hareketlerinin bulaşıcı hastalıkların yayılmasını kolaylaştırabileceği bildirilmektedir (Schvoerer ve ark. 2008).

Küresel iklim değişikliklerinin sonuçları tam olarak belli olmasa da her organizmanın bu değişimlere aynı tepkiyi vermeyeceği, genelde, gıda, su, parazit ve vektör kaynaklı hastalık etkenlerinin konakçı dışında geçirdikleri yaşam sikluslarının bundan daha çok etkileneceği düşünülmektedir (Purse ve ark. 2008). Bu teorilerden hareketle, viroloji uzmanları, başta arbovirus enfeksiyonları olmak üzere sivrisinek ilişkili hastalıklarda artış olabileceğini savunmaktadırlar (Schvoerer ve ark. 2008).

Bu derlemede, iklim değişikliklerinin viral enfeksiyonlar üzerindeki etkileri konusunda yapılan araştırmalar incelenmiş ve bu etkiler sonucu ortaya çıkması muhtemel

sonuçlara dikkat çekilmeye çalışılmıştır.

2. İKLİM, HAYVAN SAĞLIĞI VE HALK SAĞLIĞI İLİŞKİSİ

Araştırmacılar, insan aktiviteleri ile yeni coğrafik alanlara taşınan konakçı ve vektörlerin çeşitliliğinde değişim olabileceğini bildirmişlerdir (Benedict ve ark. 2007). Bu durum bazı artropod kaynaklı zoonoz hastalıkların sıklığının artışının da nedeni olarak gösterilmiştir (Thompson ve ark. 2002). Ayrıca, iklim değişikliklerine bağlı olarak bazı nesillerin tükenmesinin, hem vahşi yaşamda hem de insanlarda zoonotik enfeksiyonların riskini arttırabileceği bildirilmiştir (Mills ve ark. 2010). Yine oluşan ısı değişimleri ile ilişkili olarak etken ve vektör arasındaki yaşam sikluslarının senkronizasyonu bozulabileceğinden habitata spesifik salgınların oluşabileceği ifade edilmiştir (Slenning 2010).

Çevresel değişikliklerin neden olduğu stresin enfeksiyonlar üzerindeki dolaylı etkileri ile ilgili yapılan çalışmalarda, konakçı stresinin *arenavirus* (Barnard ve ark. 1996) ve *hantavirus* (Lehmer ve ark. 2007) enfeksiyonlarına duyarlı konakçı türünü arttırdığı ve konakçı immün yanıtının azalmasına neden olduğu gösterilmiştir (Nelson ve ark. 1995). Ayrıca, sıcaklık

stresini de kapsayan stres şartlarının, bazı insan viruslarını (*Varicella Zoster Virus*) reaktifte edebildiği de belgelenmiştir (Mehta ve ark. 2004).

Kuşların, yuvalanma sırasında yetersiz besin kullanmaları hastalık prevalansını arttıran önemli bir stres faktörüdür ve iklim değişikliklerinin göçmen kuşların yuvalanmaları ve besin bolluğu arasında uyumsuzluğa neden olduğu saptanmıştır (Gilbert ve ark. 2008). Aynı zamanda, iklim değişikliklerine bağlı olarak kullanılabilir habitatların daralabileceği, çok daha küçük alanlarda birkaç kuş türünün toplanmasını zorunlu hale getiren bu durumun türler arası ve tür içi hastalık bulaşma riskini arttırabileceği bildirilmiştir. Ayrıca oldukça patojen *H5N1* Avian Influenza'nın son yıllardaki yayılımı da çevresel değişikliklerle ilişkilendirilmiştir (Gale ve ark. 2009).

3. İKLİM DEĞİŞİKLİKLERİ VE VİRAL ENFEKSİYONLAR

3.1. Dengue Virus

Aedes aegypti ve *Aedes albopictus* tarafından bulaştırılan bu Flavivirus enfeksiyonu, Asya, Afrika ve Amerika'nın ekvatorial alanlarında bildirilmiştir (Mackenzie ve ark. 2004). Hales ve arkadaşları (2002), yaptıkları çalışmalarında nemli bölgelerde yaşayan insanlar için dengue ateşinin insidensinin, daha az nemli bölgelerde yaşayanlara göre %30 daha fazla olduğunu göstermişler ve buhar basıncının hastalık üzerindeki etkisini ortaya koymuşlardır (Zhang ve ark. 2008). Ayrıca çalışmalarda iklim değişikliğinin özellikle ılıman iklimler için, *A. aegypti*'ye uygun karasal alanları arttırabileceği ve sıcaklıklardaki hafif bir artışın, dünyada dengue epidemilerine neden olabileceği de bildirilmiştir. Araştırmacılar, Tayland'da ortaya çıkan dengue epidemilerini de iklim değişikliklerinin durağan olmayan etkileri olarak açıklamışlardır (Thammapalo ve ark. 2005).

3.2. Sarı Humma Virus

Çoğunlukla Amerika ve Asya'nın ekvatorial alanlarında gözlemlenen bu Filavivirus enfeksiyonu, ormanlarda ve kentsel yerleşim yerlerinde *Aedes aegypti* tarafından bulaştırılır. İklimsel ısınma ile ormanların değişiminin insanlar ile ormandaki bulaşma döngüsü arasındaki teması ve epidemileri arttırabileceği bildirilmiştir (Schvoerer ve ark. 2008).

3.3. Rift Vadisi Humması Virus(Rift Valley Fever Virus (RVFV))

Bunyaviridae familyasından *Flebovirus* genusunun bir üyesi olan RVFV (OIE 2014), enfekte *Phlebotomus duboscqi* (Çiftkanatlılar: Psychodidae) (Turell ve ark. 1990), *Aedes*, *Culex*, *Mansonia*, *Anopheles* ve *Eretmapodites* türleri ile insanlara bulaşır. Hastalığın yüksek yağış miktarını takiben salgınlara sebep olduğu bildirilmiş ve yirminci yüzyıldaki büyük sulama projeleri ile El Nino Güneyli Salınımları (ENSO) sırasında meydana gelen şiddetli yağışlar, Doğu Afrika'daki RVFV salgınları ile ilişkilendirilmiştir (Turell ve ark. 1996).

3.4. Kırım-Kongo Kanamalı Ateşi Virus

Kırım-Kongo Kanamalı Ateşi *Hyalomma* genusunun *Ixodid* keneleri tarafından bulaştırılan önemli bir bunyavirustur (Morikawa ve ark. 2007). Kuşların, çok sayıda enfekte *Hyalomma* kene türünün konakçısı olduğu tespit edilmiş ve iklim değişikliklerinin enfeksiyonun bulaşmasındaki etkileri, enfekte keneleri taşıyan göçmen kuşların rotalarında meydana gelen değişiklikler ile açıklanmıştır (Purnak ve ark. 2007). Türkiye'de enfeksiyonun görülme sıklığının artışı ise küresel ısınma nedeniyle enfekte kenelerin sayının artması ve virusun gelişim özelliklerini

değiştirerek endemik alanlar dışına çıkması olarak açıklanmıştır (Randolph ve ark. 2008).

3.5. Mavidil Virus (Bluetongue Virus(BTV))

Evcil ve yabani bir dizi ruminant için patojen olan mavidil virusu *Reoviridae* ailesinde *Orbivirus* genusunun bir üyesidir ve arboviruslardan farklı olarak zoonoz değildir. Virusun uzak mesafelere yayılmasında, enfekte tatarcıklar ve culicoideslerin rüzgarla taşınmasının etkili olduğu düşünülmektedir (Gibbs ve ark. 1988). BTV gibi insekt kaynaklı patojenler, vektörlerinin culicoidesler gibi küçük boyutlu olması ve vücut ısılarının, buldukları ortama tabi olması nedeniyle iklim değişikliğine karşı hassastırlar. Yapılan çalışmalar, sıcaklık ve nemin culicoideslerin ergin mortalitesini etkilediğini ortaya koymuştur (Wittmann ve ark. 2002). Yağışlar ise culicoides erginlerinin aktivitelerini ve mevsimsel beslenme alanlarının kullanmalarını etkilemektedir (Wilson ve Mellor 2008). Culicoidesler tarafından emilen kanın sindirilmesi için zamana ihtiyaç vardır ve beslenme süreleri arasında geçen zaman ortam sıcaklığına bağlıdır (Mullens ve Holbrook 1991). Ayrıca mevcut ortam sıcaklığı, viral RNA-polimeraz aktivite oranı ile buna bağlı virus replikasyon oranı için belirleyicidir (Paweska ve ark. 2002).

BTV'ü, tropikal ve subtropikal bölgeler dışında son on yılda 12 Avrupa ülkesinde de belirlenmiştir. Araştırmacılar, hastalığın vektörü olan *C. imicola*'nın iklim değişiklikleri nedeniyle Orta ve Batı Avrupa'dan daha kuzeye yayıldığını, böylece hastalık sınırlarının kuzeye doğru genişlediğini ve kış boyunca etkenin devamlılığının arttığını saptamışlardır (Gould ve ark. 2009).

3.6. Batı Nil Virus (West Nile Virus(WNV))

WNV, culex sivrisinekleri tarafından taşınan ve kuşlara bulaştırılan bir Flavivirus enfeksiyonudur. İnsanlar ve atlar bu virus için tesadüfi konakçıdır.

Paz ve Albersheim (2008), İsrail'de 2001-2005 yılları arasında insanlarda sık sık ortaya çıkan WNV humması ile *Culex pipiens* sivrisineği miktarı ve hava koşulları arasında (özellikle hava sıcaklığı) bir korelasyon tespit etmişlerdir. Ayrıca Epstein (2001), epidemilerinin başlamasını teşvik eden önemli faktörlerden birinin anormal sıcaklık koşulları olduğunu bildirmiş ve yüksek sıcaklık derecelerinin sivrisineklere virüs replikasyonunu hızlandırdığını ve direkt olarak sivrisineklerin olgunluğa ulaşmalarını kolaylaştırarak diğer konakçıları enfekte etme olasılıklarını arttırdığını saptamıştır. Schvoerer ve ark. (2008) ise, İsrail'de son zamanlarda meydana gelen sıcaklık artışlarının sivrisineklerin miktarının arttırdığını ve buna bağlı olarak da insanlarda WNV enfeksiyonlarında artışa neden olduğunu bildirmişler ve vakalarının çoğunun popülasyonu yoğun olan, nem ve sıcaklıkları yüksek Tel Aviv metropolünde oluşmasında dikkat çekici bulmuşlar ve iklim değişikliklerine bağlı gelecekteki belirsizlikler dikkate alındığında, WNV' un önemli bir sağlık sorunu olacağına dikkat çekmişlerdir. WNV ile yapılan bir başka çalışma, sıcaklıkların, virusun sivrisinekten vertebralı canlıya bulaşma oranını büyük ölçüde etkilediğini, 17 günlük enfeksiyon sırasında, sıcaklıklarda 26 °C den 18 °C ye kadar olan düşüşün, bulaşma oranında %97'den %48'e kadar bir azalmaya neden olduğunu ve yaz sıcaklıklarının Avrupa'da WNV aktivitesini değiştiren en önemli çevresel değişkenlerden biri olduğu ortaya koymuştur (Savage ve ark. 1999). Dohm ve Turell (2001) ise, *Culex pipiens*'lerdeki enfeksiyon oranının direkt olarak etkenin tutulduğu inkübasyon sıcaklıkları ile ilişkili olduğunu, 30 °C'de tutulan sivrisineklerin neredeyse hepsinde virus saptanırken, 18 °C de tutulan sivrisineklerde virus saptanamadığını bildirmişlerdir.

3.7. Chikungunya Virusu (CHIKV)

Togaviridae ailesinden *Alphavirus* genusunun bir üyesi olan CHIKV, insanlarda ateşli eklem ağrıları ile seyreden büyük salgınlardan sorumlu bulunmuştur (Johnston ve ark. 1996). Hastalık Afrika'nın birçok ormanlık bölgelerinin yakınında maymun ve insanlar arasında görülmüştür. Etkenin artropod vektörlerini, Afrika ormanları ve yakınlarındaki bozkır alanlarında yaşayan maymun türleri üzerinden beslenen *Aedes* spp. sivrisinekleri oluşturur. Virusun, enfekte maymunlardan kan emme sırasında sivrisineklerin yumurtalarına bulaştırıldığı düşünülmektedir. Bu nedenle, yağışlı dönemler sırasında, enfekte yumurtaların olgunlaşım transovaryal olarak sonraki nesilleri enfekte edebilecekleri ve sonrasında duyarlı maymunlara virusu bulaştırmada etkin olabilecekleri iddia edilmiştir. Ayrıca, kentsel meskenlerde konakçı olarak insanı tercih eden *Ae. Aegypti* ve/veya *Ae. Albopictus* türlerinden herhangi birinin bu bulaşma döngüsüne dahil olması ile bu alanlarda bir insan epidemisinin ortaya çıkabileceği olasılığı da bildirilmiştir (Gould ve ark. 2009).

3.8. Kene Kaynaklı Ensefalitis Virusu (Tick-borne ensefalit(TBE))

Flaviviridae familyasında bir *Arbovirus* olan TBE virusu, Batı Avrupa'dan Japonya'nın doğu kıyılarına kadar olan bölgede hem rezervuar hem de vektör olarak rol oynayan *Ixodes* keneleri vasıtasıyla bulaştırılan viral bir enfeksiyondur (Lindquist ve Vapalahti 2008). Diğer vektör kaynaklı hastalıklara benzer olarak sıcaklık, kenelerin gelişim döngülerini, yumurta üretimini, populasyon yoğunluğunu ve yayılımını hızlandırır. Uzun süredir iklim değişikliğinin *Ixodes ricinus* populasyonlarının dağılımında değişimlere neden olması muhtemeldir (Gray 2008). TBE virüsünün Çek Cumhuriyeti'nde artış gösterdiği, ve hastalığın kış mevsiminin ortaları ve ilkbahar başlarında arttığı bildirilmiştir (Lindquist ve Vapalahti 2008).

3.9. Viral Gastroenteritler

İklim değişikliklerinde ve bunu takiben oluşan sel ya da anormal iklim olaylarında su kaynaklı hastalıklar önemli risk oluştururlar. Bu nedenle, enterik patojenlere karşı su ağının korunması önem taşımaktadır (Schvoerer ve ark. 2008). Hepatit E virüs (HEV), hamile kadınlarda ölümcül hepatitise sebep olur ve kontamine su kaynakları ile bulaşırken, Hepatit A virüs (HAV) ise, akut hepatitise neden olur ve kontamine hem besin hem de su kaynakları ile bulaşır(Piper-Jenks ve ark. 2000). Sudan ve Vietnam'da yapılan çalışmalarda HAV ve HEV'un sel kaynaklı salgınları bildirilmiştir(McCarthy ve ark. 1994; Hau ve ark. 1999).

3.10.Hantavirus

Bunyaviridae ailesine ait olan Hantaviruslar (WHO 2005), Hantavirus akciğer sendromunun etkenidir (Chin 2000). Amerika'da hantavirusun neden olduğu akciğer sendromu salgını, iklimsel olaylardan *El Nino* ile (1992 ve 1993 yıllarındaki) artan olağanüstü yağışlar ile ilişkili bulunmuştur. Salgın, yağışlar sonrası besin kaynaklarında (bitkiler ve böcekler) meydana gelen bolluğa bağlı olarak, hastalığın bulaştırıcısı olan rodentlerin populasyonunda meydana gelen 20 katlık artışa bağlamışlardır (Engelthaler ve ark. 1999).

3.11. Şiddetli Akut Solunum Yetersizliği Sendromu (Severe acute respiratory syndrome (SARS))

2003 yılında SARS' a neden olan ölümcül bir coronavirus belirlenmiş (Poutanen ve ark. 2003) ve enfeksiyonun insanlar ile hayvanlar (kent marketlerinde satılan yabani misk kedileri, yarasalar) arasındaki yakın temasa bağlı olabileceği ve iklim değişiklikleri ve küreselleşme sonucu

dünya çapındaki insan hareketleri nedeniyle virusun yayılımının artabileceği bildirilmiştir (Weiss ve ark. 2004). Zhang ve ark. (2004), Beijing ve Hong Kong şehirlerinde SARS insidensi için tetikleyici mekanizmanın soğuk hava olayları, hava sıcaklığı ve basınçla ilişkili olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca, UV radyasyonundaki azalmaya neden olan güneş ışınımındaki azalma ile SARS'ın yüksek insidensleri ilişkilendirmişler ve sıcaklık 24-27 °C arasında iken Beijing ve Hong Kong' da hastalık riskinin arttığını saptamışlardır.

3.12. İnfluenza Virus

İklim değişikliği ve sonrasında görülen yoğun insan hareketlerinin oluşturduğu sorunlara İnfluenza virusu da dahil edilmelidir. 1918'de, kuşlardan kaynaklanan oldukça patojen influenza virusu ile insanların temasları ve bireylerin yetersiz immunitesi nedeniyle "İspanyol gribi" (H1N1) ortaya çıkmıştır. Sonraki iki pandemik vaka ise 1957 (H2N2) ve 1968'de saptanmış ve bu virusların Çin'de insan ve kuş influenza virus suşları arasındaki rekombinasyondan kaynaklandığı bildirilmiştir (Schvoerer ve ark. 2008). Ayrıca bir araştırmada, geniş ve şiddetli influenza epidemileri, soğuk ENSO fazları ile ilişkilendirilmiştir (Viboud ve ark. 2004). Güneşin UV radyasyonunun mevsimsel influenza pandemilerinin oluşumunda rol oynadığı ve iklim değişikliği durumunda değişime uğrayabileceği de bildirilmiştir (Sagripanti ve Lytle 2007). İnfluenza virusu üzerine yapılan bir çalışmadan ise, kobay ve domuz modellerinde influenza virusunun aerosol yayılımının hem nispi nem, hem de sıcaklığa bağlı olduğunu gösterilmiştir (Lowen ve ark. 2007).

Tüm influenza A viruslarının doğal rezervuarını oluşturan yabani su kuşlarında belirlenen avian influenza (AI) alt tipleri, virusun hem kuş türlerinde hem de ekocoğrafyadaki dağılımını belirlemiştir (Kawaoka ve ark. 1988). Kuşlarda göçmen türlerin sayısı ve davranışı iklim koşullarına bağlıdır. Sert ve soğuk iklimlerden donmamak için kaçan çoğu kuş türü, sonbaharda daha uzak güney bölgelere göç ederler. Bu nedenle iklim değişikliği, göç nedeniyle yabani kuş dağılımını da etkilemektedir ve birçok kuş türün kuzey yönündeki yayılımına bağlı değişimler iklim değişikliğine atfedilmiştir. İklim değişikliğinin, kuzey yükseltilerindeki çeşitliliğin artması nedeniyle tür kompozisyonunu da etkilediği ve uzun mesafeli göç eden türlerin sayısında düşüşe neden olduğu bildirilmiştir (Bohning-Gaese ve ark. 2004). Ayrıca göç çalışmaları, iklim değişiklikleri nedeniyle ilkbahar göçünün daha erken meydana geldiğini ve farklı türler ve göç yolları arasındaki AI alt tiplerinin dağılımını dolayısıyla da enfeksiyonun seyrini etkileyebileceğini ortaya koymuştur (Gilbert ve ark. 2008).

3.13. Ebola Virusu (EBOV)

Ebola virusu (EBOV) *Filoviridae* familyası içerisinde yer alır ve insanların ölümcül hemorajik hastalığına sebep olur (Peters ve ark. 1996). İnsan salgınları sırasında, EBOV'un zoonotik olduğu, yarasaların rezervuar olarak rol oynadığı ve yarasalarda herhangi bir klinik tablo görülmediği belirlenmiştir (Biek ve ark. 2006). İnsanlar için diğer filovirus kaynağı, ormanlardaki hayvan karkaslarıdır (Leroy ve ark. 2009). Artan ve sıklaşan salgınların, ormanların insanlar tarafından tahrip edilmesi nedeniyle oluşturduğu, virus rezervuarı ile insan temasının epidemileri arttırdığı bildirilmiştir (Polonsky ve ark. 2014). Hastalığın başlangıcının genellikle kurak mevsimlerin başında olduğu ve son on yılda orman alanlarının tahribatı yüzünden kurak mevsimlerin uzadığı ileri sürülmektedir (Leroy ve ark. 2004).

3.14. Arı Viral Hastalıkları ve İklim Değişiklikleri

Dünyanın her bölgesine dağılım gösteren *Apis* genusu arılarda (*Apis mellifera*) görülen Varroasis ve İsrail Akut Paraliz Virusu gibi hastalıklar arıların doğal popülasyonlarını etkilemiştir (Pinto ve ark. 2008). Varroalar, arıların immunu sistemini zayıflatarak viral enfeksiyonların oluşumuna sebep olurlar (Chen ve ark. 2006). *Varroa destructor* ve *Apis mellifera* ilişkisinde olduğu gibi asla birlikte evrim geçirmeyen patojenler ile bal arılarının temasını sağlayan iklim değişiklikleri, arılarda bazı viral enfeksiyonların ortaya çıkışına sebep gösterilmiştir (Salignac ve ark. 2005). Ayrıca *Apis mellifera*'larda İsrail Akut Paraliz Virusu' nun (Cox-Foster ve ark. 2007) tespiti de, iklim değişikliklerinin viral hastalıklar üzerindeki etkisinin göstergesi kabul edilmiştir (Sammataro ve ark. 2000).

3.15. Balık Viral Hastalıkları ve İklim Değişiklikleri

Viruslar, akuatik sistemdeki en fazla sayıdaki yaşam formlarıdır (Doney ve ark. 2009) ve biyo-jeokimyasal döngü, gen transferi, genetik bilgilerin paketlenmesi ve akuatik organizmaların değişimi gibi olaylarda önemli rol oynadıkları düşünülmektedir (Genner ve ark. 2004). Son 20 yılda yürütülen çalışmalar, deniz viruslarının, ekosistem dinamiklerinin belirlenmesinde ve akuatik toplulukların şekillenmesinde kritik bir rol oynadığını ortaya koymuştur (Suttle ve ark. 1990).

Son yıllarda belirlenen ısı artışlarının prokaryotik heterotrofik üretimi arttırdığı (Apple ve ark. 2006), viral replikasyon ve yaşam döngüsü, konakçı metabolizması ile yakın ilişkili olduğundan bu durumun viruslar ile enfekte ettikleri hücreler arasındaki ilişkiyi etkileyeceği ve prokaryotlarda büyüme oranı artarken, virus üretiminin de artabileceği iddia edilmiştir (Parada ve ark. 2006). Ayrıca, iklime bağlı şekillenen fizyolojik değişikliklerin, hastalıklara duyarlılığı artırarak veya direnci azaltarak deniz ekosistemlerinde hastalık oluşumuna neden olacağı da iddia edilmiştir (Alborali 2006). Araştırmacılar, iklim değişikliklerinin balıkları, homeotermik hayvanlardan daha erken ve daha şiddetli etkileyebileceğini ve artan tatlı su sıcaklıklarının, daha sıcak bölgelerden orijin almış akuatik hayvan türlerinin ve ekzotik patojenlerin ortaya çıkmasını kolaylaştırabileceğini belirtmişlerdir (Brander 2007). Patojen evriminin tür bariyerini azaltması ve oluşan yeni suşların konakçı miktarını arttırması da muhtemel görülmüştür (Kuiken ve ark. 2006). Nylund ve ark. (2003), bir *Orthomyxovirus* olan bulaşıcı Som Balığı Anemisi Virusu' nun (ISAV), en az iki okyanusta yabani ve zararsız bir soydan evrim geçirdiğini bildirilmişlerdir. Ayrıca sıcaklık, *Rhabdoviridae* familyası *Vesiculovirus* genusuna ait Sazan Balığının Bahar Viremi Virusu (SVCV) gibi birçok balık hastalığı için hastalık, mortalite, bağışıklık ve iyileşmenin anahtar belirleyicisi kabul edilmiştir (Brander 2007).

Horizontal olarak bulaşan patojenler, yeni bir konakçıyı enfekte etmeden önce sadece kısa bir periyot için konakçı dışında yaşamlarını sürdürmek zorunda olduklarından iklimdeki değişimlere daha duyarlıdır. *Rhabdoviridae* familyasından *Novirhabdovirus* genusuna ait Enfeksiyöz Hematopoietik Nekrozis Virusu (IHNV) ve Viral Hemorajik Septisemi Virusu (VHSV) bu patojenlerdendir (OIE 2012).

Yüksek su sıcaklıklarında (15°C- 29°C arasında) üreyen *Alloherpesviridae* familyasından, *Cyprinivirus* genusuna ait, Koi herpesvirus (KHV) tarafından oluşturulan hastalıklar (OIE 2010) iklim değişikliği sonucu artan su sıcaklıkları nedeniyle yıl içerisinde daha erken başlayıp daha geç sonlanan daha uzun bulaşma periyotları göstermiştir (Gubbins 2006).

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

1970'lerden itibaren iklim değişikliğinin etkisi kabul edilse de, birçok ülke bu değişimin viral salgınlara neden olabileceğini öngörememiştir. Bir kısmı da meydana gelecek hastalıklara karşı yeni geliştirilen mücadele yöntemlerinin etkili olabileceğini savunmuşlardır. Bugün ise birçok bilim adamı, iklime bağlı salgınlara biyolojik saldırılardan daha tehlikeli bir tehdit olduğunu belirtmektedir (Nikiforuk 2008).

İklim değişikliği neticesinde meydana gelen yeni koşullara birçok organizma adaptasyon sağlayamayıp olumsuz etkilenirken, viruslar bu koşullara en iyi adapte olan nadir organizmalardandır. Bu da iklim değişikliklerinin, viral salgınlara karşı mücadele yöntemleri geliştirilse de, virusların mutasyon ve yeni koşullara uyum sağlama yetenekleri ile önceki viral epidemilerden daha tehlikeli sonuçları meydana getirmeleri söz konusu olabilir. Ayrıca bir bölgede meydana gelen iklim değişikliği sonucunda oluşan salgınlara diğer bölgeleri de etkilemesi göz ardı edilmemelidir. Küreselleşen dünyamızda, gittikçe artan hayvan ticareti, göçmen kuşların yeni rotaları, vektörlerdeki sayısal artışlar ve turizmin etkisiyle viruslar kendilerine yeni endemik sahalara bulabilecekleri unutulmamalıdır. Sonuç olarak, bu derleme kapsamında incelediğimiz çalışmalar ve bunların sonuçları iklim değişikliğine bağlı şekillenmesi muhtemel viral salgınlara uluslararası önem taşıdığını ortaya koymaktadır. Bu nedenle öncelikle iklim değişikliğine neden olan faktörlerin belirlenmesi, bunların ortadan kaldırılması için etkili yöntemlerin geliştirilmesi ve geliştirilen yöntemlerin küresel çapta uygulanması gereklidir. Ayrıca, son yıllarda görülmeye başlanan viral hastalıkların, şiddetini ve yayılımını önleyebilmek için ortak eradikasyon programlarının uygulanması önemlidir. Ayrıca, ekosistemde meydana gelen değişimlerin hastalıklar üzerindeki etkileri ve zoonoz viral enfeksiyonlar ile etkin mücadele için veteriner hekimler ile insan hekimlerinin ortak çalışmaları gelecekte iklim değişikliklerine bağlı bizi bekleyen olası salgınlara önlenmesi ya da etkin mücadelelerin yapılabilmesi için önem arz etmektedir.

KAYNAKLAR

- Alborali, L (2006).** Climatic variations related to fish diseases and production. *Vet. Res. Commun*, 30, 93-97.
- Apple JK, Del Giorgio PA, Kemp WM (2006).** Temperature regulation of bacterial production, respiration, and growth efficiency in a temperate salt-marsh estuary. *Aquat Microb Ecol*, 43, 243-254.
- Barnard CJ, Behnke JM, Sewell J (1996).** Social status and resistance to disease in house mice (*Mus musculus*): status-related modulation of hormonal responses in relation to immunity costs in different social and physical environments. *Ethology*, 102, 63-84.
- Benedict MQ, Levine RS, Hawley WA, Lounibos LP (2007).** Spread of the tiger: global risk of invasion by the mosquito *Aedes albopictus*. *Vector Borne Zoonotic Dis*, 7, 76-85.
- Biek R, Walsh PD, Leroy EM, Real LA (2006).** Recent common ancestry of Ebola Zaire virus found in a bat reservoir. *PLoS Pathogens*, 2(10), e90.
- Bohning-Gaese K, Lemoine N, Moller A, Fiedler W, Berthold P (2004).** Importance of climate change for the ranges, communities and conservation of birds. In *Birds and climate change. Adv Ecol Res*, 35, 211-236.
- Brander KM (2007).** Global fish production and climate change. *Proc Natl Acad Sci U S A*, 104, 19709-19714.
- Chen YP, Evans J, Feldlaufer M (2006).** Horizontal and vertical transmission of viruses in the honeybee *Apis mellifera*. *J Invertebr Pathol*, 92 (3), 152-159.
- Chin J (2000).** Control of Communicable Diseases Manual. An official report of the American Public Health Association, 17th edn. American Public Health Association, Washington.

- Cox-Foster DL, Conlan S, Holmes EC, Palacios G, Evans JD, Moran NA, Quan PL, Briese T, Hornig M, Geiser DM, Martinson V, van Engelsdorp D, Kalkstein AL, Drysdale A, Hui J, Zhai JH, Cui LW, Hutchison SK, Simons JF, Egholm M, Pettis JS, Lipkin WI (2007). A metagenomic survey of microbes in honey bee colony collapse disorder. *Science*, 318 (5848), 283-287.
- Dohm DJ, Turell MJ (2001) Effect of incubation at overwintering temperatures on the replication of West Nile Virus in New York Culex pipiens (Diptera: Culicidae). *J Med Entomol*, 38, 462 – 464.
- Doney SC, Fabry VJ, Feely RA & Kleypas JA (2009) Ocean acidification: the other CO2 problem. *Annu Rev Mar Sci*, 1, 169–192.
- Engelthaler DM, Mosley DG, Cheek JE (1999) Climatic and environmental patterns associated with hantavirus pulmonary syndrome, Four Corners region, United States. *Emerg Infect Dis*, 5, 87-94.
- Epstein PR (2001). West Nile Virus and the climate. *J Urban Health*, 78, 367 – 371.
- Gale P, Drew T, Phipps LP, Wooldrige D, Wooldrige M (2009). The effect of climate change on the occurrence and prevalence of livestock diseases in Great Britain: a review. *J Appl Microbiol*, 106, 1409–1423.
- Genner MJ, Sims DW, Wearmouth VJ, Southall EJ, Southward AJ, Henderson PA & Hawkins SJ (2004). Regional climatic warming drives long-term community changes of British marine fish. *P Roy Soc B-Biol Sci*, 271, 655–661.
- Gibbs EPJ, Greiner EC (1988). Bluetongue and epizootic hemorrhagic disease. In: The arboviruses: epidemiology and ecology, Monath TP (Ed)., 39-70. CRC Press, Boca Raton, Florida
- Gilbert M, Slingenbergh J, Xiao X (2008). Climate change and avian influenza. *Rev Sci Tech*, 27, 459–466.
- Gould EA, Higgs S (2009). Impact of climate change and other factors on emerging arbovirus diseases. *Trans R Soc Trop Med Hyg*, 103(2), 109–121.
- Gray JS (2008). *Ixodes ricinus* seasonal activity: implications of global warming indicated by revisiting tick and weather data. *Int J Med Microbiol*, 298, 19–24.
- Gubbins M (2006). Impacts of Climate Change on Aquaculture in Marine Climate Change Impacts Annual Report Card 2006. In: Buckley, P. J., S. R. Dye, and J. M. Baxter (eds), Online Summary Reports, MCCIP, Lowestoft. 15.
- Hales S, de Wet N, Maindonald J, Woodward A (2002). Potential effect of population and climate changes on global distribution of dengue fever: an empirical model. *Lancet*, 360, 830-834.
- Hau CH, Hien TT, Tien NT, Khiem HB, Sac PK, Nhung VT, Larasati RP, Laras K, Putri MP, Doss R, Hyams KC, Corwin AL (1999). Prevalence of enteric hepatitis A and E viruses in the Mekong River delta region of Vietnam. *Am J Trop Med Hyg*, 60, 277-80.
- Johnston RE, Peters CJ (1996). Alphaviruses. In: Fields Virology Volume 1, 3rd ed., Fields BN, Knipe DM, Howley PM, Chanock RM, Melnick JL, Monath TP (Ed) 843-98, Lippincott-Raven, Philadelphia.
- Kawaoka Y, Chambers TM, Sladen WL, Webster RG (1988). Is the gene pool of influenza viruses in shorebirds and gulls different from that in wild ducks? *Virology*, 163, 247–250.
- Kuiken T, Holmes EC, McCauley J, Rimmelzwaan GF, Williams CS, Grenfell BT (2006). Host species barrier to influenza virus infections. *Science*, 312, 394–397.
- Lehmer EM, Clay CA, Wilson E, St Jeor S, Dearing MD (2007). Differential resource allocation in deer mice exposed to Sin Nombre virus. *Physiol Biochem Zool*, 80, 514–521.
- Leroy EM, Epelboin A, Mondonge V, Pourrut X, Gonzalez JP, Muyembe-Tamfum JJ (2009). Human Ebola outbreak resulting from direct exposure to fruit bats in Luebo, Democratic Republic of Congo, 2007. *Vector Borne Zoonotic Dis*, 9, 723–728.
- Leroy EM, Rouquet P, Formenty P, Souquiere S, Kilbourne A, Froment JM (2004). Multiple Ebola virus transmission events and rapid decline of central African wildlife. *Science*, 303, 387–390.
- Lindquist L, Vapalahti O (2008). Tick-borne encephalitis. *Lancet*, 371(9627), 1861-71.
- Lowen AC, Mubareka S, Steel J, Palese P (2007). Influenza virus transmission is dependent on relative humidity and temperature. *PLoS Pathog*, 3, 1470-6.
- Mackenzie JS, Gubler DJ, Petersen LR (2004). Emerging flaviviruses: The spread and resurgence of Japanese encephalitis, West Nile and dengue viruses. *Nat Med*, 10, 98-109.
- McCarthy MC, He J, Hyams KC, El-Tigani A, Khalid IO, Carl M (1994). Acute hepatitis E infection during the 1988 floods in Khartoum, Sudan. *Transactions of the Royal Society of Tropical Medicine and Hygiene*, 88, 177.
- McMichael AJ, Woodruff RE, Hales S (2006). Climate change and human health: present and future risks. *Lancet*, 367, 859-69.
- Mehta SK, Cohrs RJ, Forghani B, Zerbe G, Gilden DH, Pierson DL (2004). Stress-induced subclinical reactivation of varicella zoster virus in astronauts. *J Med Virol*, 72, 174–179.
- Mills JN, Gage KL, Khan AS (2010). Potential Influence of Climate Change on Vector-Borne and Zoonotic Diseases: A Review and Proposed Research Plan. *Environ Health Perspect*, 118, 1507–1514.
- Morikawa S, Saijo M, Kurane I (2007). Recent progress in molecular biology of Crimean-Congo hemorrhagic fever. *Comp Immunol Microbiol Infect Dis*, 30, 375–389.
- Mullens BA, Holbrook FR (1991). Temperature effects on the gonotrophic cycle of *Culicoides variipennis* (Diptera: Ceratopogonidae). *Arch Gesamte Virusforsch*, 46, 105–110.
- Nelson RJ, Demas GE, Klein SL, Kriegsfeld LJ (1995). The influence of season, photoperiod, and pineal melatonin on immune function. *J Pineal Res*, 19, 149–165.
- Nikiforuk A (2008). İklim Süvarileri In: 21. Yüzyılın Belası-Tabağımızdaki Şeytan, Anılan ES (Ed) 226-240, Destek Yayınevi, Türkiye
- Nylund A, Devold M, Plarre H, Idsal E, Aarseth M (2003). Emergence and maintenance of infectious salmon anaemia virus (ISAV) in Europe: a new hypothesis. *Dis Aquat Organ*, 56, 11–24.
- Parada V, Herndl GJ, Weinbauer MG (2006). Viral burst size of heterotrophic prokaryotes in aquatic systems. *J Mar Biol Assoc UK*, 86, 613–621.
- Paweska JT, Venter GJ, Mellor PS (2002). Vector competence of South African *Culicoides* species for bluetongue virus serotype 1 (BTV-1) with special reference to the effect of temperature on the rate of virus replication in *C. imicola* and *C. bolitinos*. *Med Vet Entomol*, 16, 10–21.
- Paz S, Albersheim I (2008). Influence of warming tendency on Culex pipiens population abundance and on the probability of West Nile Fever outbreaks (Israeli Case Study: 2001-2005). *EcoHealth*, 5, 40–8.
- Peters CJ, Sanchez A, Rollin PE, Ksiazek TG, Murphy FA (1996). Filoviridae: Marburg and Ebola viruses. In: Field's Virology, Fields BN, Knipe DM, Howley PM (Ed), 1161-76. : Lippincott-Raven, Philadelphia.
- Piper-Jenks N, Horowitz HW, Schwartz E (2000). Risk of hepatitis E infection to travelers. *J Travel Med*, 7, 194-9.
- Pinto J, Bonacic C, Hamilton-West C, Romero J, Lubroth J (2008). Climate change and animal diseases in South America. *Rev Sci Tech Off Int Epiz*, 27 (2), 599-613.
- Polonsky JA, Wamala JF, de Clerck H, Van Herp M, Sprecher A, Porten K, Shoemaker T (2014). Emerging filoviral disease in Uganda: proposed explanations and research directions. *Am J Trop Med Hyg*, 90 (5) 790-793.
- Poutanen SM, Low DE, Henry B, Finkelstein S, Rose D, Green K (2003). Identification of severe acute respiratory syndrome in Canada. *N Engl J Med*, 348, 1995–2005.
- Purnak T, Selvi NA, Altundag K (2007). Global warming may increase the incidence and geographic range of Crimean-Congo Hemorrhagic fever. *Med Hypotheses*, 68, 924–925.
- Purse BV, Brown HE, Harrup L, Mertens PPC, Rogers DJ (2008). Invasion of bluetongue and other orbivirus infections into Europe: the role of biological and climatic processes. *Rev Sci Tech*, 27, 427–442.
- Randolph SE, Ergonul O (2008). Crimean-Congo hemorrhagic fever: exceptional epidemic of viral hemorrhagic fever in Turkey. *Future Virol*, 3, 303–306.
- Sagripanti J, Lytle CD (2007). Inactivation of influenza virus by solar radiation. *Photochem Photobiol*, 83, 1278-82.
- Sammataro D, Gerson U, Needham G (2000). Parasitic mites of honey bees: life history, implications, and impact. *Annu Rev Entomol*, 45, 519–548.
- Savage HM, Ceianu C, Nicolescu G, Karabatsos N, Lanciotti R, Vladimirescu A (1999). Entomologic and avian investigation of an epidemic of West Nile Virus fever in Romania in 1996, with serologic and molecular characterization of a virus isolate from mosquitoes. *Am J Trop Med Hyg*, 61, 600 – 611.
- Schvoerer E, Massue JP, Gut JP, Stoll-Keller F (2008). Climate Change: Impact on Viral Diseases. *The Open Epidemiology Journal*, 1, 53-56.
- Slenning BD (2010). Global Climate Change and Implications for Disease Emergence. *Veterinary Pathology*, 47(1), 28-33.
- Solignac M, Cornuet JM, Vautrin D, Le Conte Y, Anderson D, Evans J, Cros-Arteil S, Navajas M (2005) The invasive Korea and Japan types of Varroa destructor, ectoparasitic mites of the Western honeybee (*Apis mellifera*), are two partly isolated clones. *Proc Roy Soc Lond, B Biol Sci*, 272 (1561): 411-419.
- Stone DA (2008). Predicted climate changes for the years to come and implications for disease impact studies. *Rev Sci Tech*, 27, 319–330.
- Suttle CA, Chan AM, Cottrell MT (1990). Infection of phytoplankton by viruses and reduction of primary productivity. *Nature*, 347, 467–469.

- Thammapalo S, Chongsuwiatwong V, McNeil D, Geater A (2005).** The climatic factors influencing the occurrence of dengue hemorrhagic fever in Thailand. *Southeast Asian J Trop Med Public Health*, 36, 191-196.
- Thompson RA, Wellington de Oliveira Lima J, Maguire JH, Braud DH, Scholl DT (2002).** Climatic and demographic determinants of American visceral leishmaniasis in northeastern Brazil using remote sensing technology for environmental categorization of rain and region influences on leishmaniasis. *Am J Trop Med Hyg*, 67, 648-655.
- Turell MJ, Perkins PV (1990).** Transmission of Rift Valley fever virus by the sand fly, *Phlebotomus duboscqi* (Diptera: Psychodidae). *Am J Trop Med Hyg*, 42, 185-8.
- Turell MJ, Presley SM, Gad AM, Cope SE, Dohm DJ, Morrill JC (1996).** Vector competence of Egyptian mosquitoes for Rift Valley fever virus. *Am J Trop Med Hyg*, 54, 136-9.
- Viboud C, Pakdaman K, Boëlle PY (2004).** Association of influenza epidemics with global climate variability. *Eur J Epidemiol*, 19, 1055-9.
- Weiss RA, McMichael AJ (2004).** Social and environmental risk factors in the emergence of infectious diseases. *Nat Med*, 10, 70-76.
- Wilson A, Mellor P (2008).** Bluetongue in Europe: vectors, epidemiology and climate change. *Parasitol Res*, (Suppl 1) 103: 69-77.
- Wittmann EJ, Mellor PS, Baylis M (2002).** Effect of temperature on the transmission of orbiviruses by the biting midge, *Culicoides sonorensis*. *Med Vet Entomol*, 16(2), 147-156
- Who (2005).** Infectious diseases of potential risk for travellers. Heymann D, ed. Control of communicable diseases manual, 18th ed. Washington, DC, American Public Health Association. Erişim: http://whqlibdoc.who.int/publications/2005/9241580364_chap5.pdf. 29.01.2015.
- Oie (2014).** Rift Valley Fever. Version adopted by the World Assembly of Delegates of the OIE in May 2014; Chapter 2.1.14. Erişim: http://www.oie.int/fileadmin/Home/eng/Health_standards/tahm/2.01.14_RVF.pdf. Erişim tarihi: 13.01.2015.
- Oie (2012).** Chapter 2.3.8 Spring viraemia of carp. Manual of Diagnostic Tests for Aquatic Animals 2009, World Animal Health Organisation, Paris. Erişim: http://www.oie.int/fileadmin/Home/eng/HealthStandards/aahm/current/2.3.08_SVC.pdf. Erişim tarihi: 29.01.2015.
- Oie (2010).** Section 2.2. Risk analysis. Aquatic Animal Health Code, World Animal Health Organisation, Paris. Erişim: <http://www.oie.int/doc/ged/d7821.pdf>. Erişim tarihi: 29.01.2015.
- Zhang, Qiang, Xian-wei Yang, Dian-xiu Ye, Feng-jin Xiao, Zhenghong Cheng (2004).** The meteorological characteristics and impact analysis during the period of SARS epidemic. *Journal of the Nanjing Institute of Meteorology*, 19, 849-855.
- Zhang Y, Bi P and Hiller JE (2008).** Climate Change and the Transmission of Vector-Borne Diseases. *Asia-Pacific Journal of Public Health*, 73.