Sağlık ve iklim değişikliği kongresi

PANEL: İKLİM DEĞİŞİKLİLİĞİNE KARŞI SAĞLIK KIRILGANLIĞININ DEĞERLENDİRİLMESİ

**BAŞLIK: İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ SONUCU YAYGINLAŞAN SİVRİSİNEKLER VE SAĞLIK ETKİLERİ**

Filiz Günay, Bülent Alten

Hacettepe Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü, Ekoloji Anabilim Dalı,

Vektör Ekolojisi Araştırma Grubu 06800 Beytepe Ankara

gunayf@gmail.com, kaynas@hacettepe.edu.tr

**Özet**

Giriş: Günümüzde küresel iklim değişikliği vektör kaynaklı hastalıkların yayılmasında rol oynuyor ve gelecekte de etkisini sürdürmeye devam edecek. Bu etkinin şiddetini artıran bir diğer faktör, küreselleşmenin etkisiyle bir yerden diğerine taşınan vektör türlerin ve onların taşıdığı patojenlerin yarattığı problemler. Bizi bekleyen sorunlarla karşılaşmadan önce konuya geniş bir çerçeveden bakmak gereklidir.

Yöntem: Bu amaçla sivrisineklerin yayılım alanlarının nasıl olduğu, nelerden etkilendiği açıklanmış, küresel iklim değişikliği nedeniyle hangi değişimlerin nasıl sonuçlara neden olduğu özetlenmiştir. Yanı sıra küreselleşmenin yarattığı değişimlerden en önemlileri vurgulanmış, istilacı türlerle ilgili olası sonuçlar sıralanmıştır.

Bulgular ve Tartışma: Küresel iklim değişikliği nedeniyle dünyada, başta sıcaklık ve yağış rejimleri olmak üzere birçok değişiklik meydana gelmektedir. Bu faktörler vektör sivrisineklerin dağılım alanlarını ve hastalık bulaştırma kapasitelerini etkileyen başlıca faktörlerdir. Avrupa’da birkaç vektör türün kuzey enlemlere doğru dağılmaya başladığı tespit edilmiş, gelecekte iklim senaryolarına göre bu alanlarda yayılımını genişleteceği ve çeşitli patojenleri taşıyacağı öngörülmüştür. Analizler küreselleşme nedeniyle istilacı hale gelmiş, vektörlük kapasitesi daha yüksek türlerin, gelecekte daha nemli ve sıcak olacak bölgelerde yoğunluğunun artacağı, kurak bölgelerde ise azalacağını göstermiştir. Son 10 yılda bulunduğumuz enlemdeki ülkelere, yok olan hastalıkların ve vektör türlerin geri gelişini izliyoruz. Batı Nil ateşi vakalarındaki artışlar, sıtma ve dengue’in geri dönüşü, chikungunya ve Zika’nın yükselişi dikkat çekici.

Sonuç: Eski çağlardan bu yana sivrisineklerin nerede oldukları insanlık için çok önemli. Bugün içinde bulunduğumuz durumla başa çıkmanın yollarından en elzem olanı, farkındalığı arttırmak ve mücadeleyi hep birlikte yapmaktır.

**Anahtar Kelimeler** sivrisinek, vektör tür, istilacı tür, küreselleşme, küresel iklim değişikliği

**Summary**

Introduction: Today, global climate change plays a role in the spread of vector-borne diseases and will continue to have an impact in the future. Another factor that increases the intensity of this effect is, the problems caused by vector species (and the pathogens they carry) that have moved from one place to another, due to globalization. It is necessary to look at the issue from a broad perspective before encountering the problems that await us.

Method: For this purpose, it has been explained how mosquitoes disperse, which factors they are affected by in the process, and pinpointed the effects of global climate change, that cause important outcomes. Besides, the most important changes caused by globalization were highlighted and possible consequences regarding invasive species were listed.

Results and Discussion: Due to global climate change, many changes are taking place in the world, especially on temperature and precipitation regimes. These factors are the main factors affecting the distribution and vectorial capacity of mosquitoes. It has been determined that certain vector species in Europe have started to spread towards northern latitudes, and it has been predicted based on climate scenarios that they will expand their spread in these areas and carry various pathogens in the future. Analysis has shown that species with higher vector capacity, which have become invasive due to globalization, will increase in density in wetter and warmer conditions and decrease in dryer regions in the future. For the last 10 years, we have been watching the return of extinct vector species and diseases to countries within the latitudes of Turkey. Thus, the rise of West Nile virus cases, return of dengue and malaria, emergence of chikungunya and Zika viruses are egregious.

Conclusion: For humanity, it’s been crucial to know where mosquitoes are, since ancient times. The most essential way of dealing with the situation we are in today is to raise awareness and join forces to control the mosquitoes together.

**Keywords** mosquito, vector species, invasive species, globalisation, global climate change

Tam Metin

Ekolojide sivrisinek türleriyle ilgili akla gelen ilk soru “nerede” yayılım gösterdikleridir. En bol nerede bulunur? Nerede gelişim gösterir? Bu soru elbette “ne zaman” sorusuyla bağlantılıdır. Yaşam döngüsündeki evrelerini ne zaman tamamlar? Popülasyon ne zaman artar veya azalır?

Culicidae familyasındaki tüm türler için bu soruları sorabiliriz. Cevap bireyden familya düzeyine kadar her birim için fiziksel ve biyolojik etmenlerin etkileşimiyle bağlantılıdır. Bir açıdan da her türün evriminin uzantısıdır (Wilkerson, Linton, & Strickman, 2020).

Parazit *Wuchereria bancrofti*’nin *Culex quinquefasciatus*’la (Manson 1878), sarı humma virüsünün *Aedes aegypti* ile (Finlay 1881) ve sıtma parazitinin sivrisineklerle bulaştığının anlaşıldığı (Ross 1898) yıllardan itibaren merakımız, bu konuda yapılan araştırma sayısının katlanarak artmasına neden olmuştur (Tan & Sung, 2008).

Geçmişte neredeydiler, bugün neredeler ve modellere göre gelecekte nerede olacaklar…

Sivrisinek türlerine genel olarak bakıldığında tür çeşitliliğinin tropiklerde arttığını görüyoruz. Amerika ve Güney Doğu Asya tropiklerinde tür zenginliği oldukça yüksektir. Buna oranla Avrupa’da sivrisinek faunasındaki fakirliğin nedeninin, diğer birçok türde olduğu gibi, buzul dönemlerinin daha sert geçmesinden dolayı olduğu kabul görmektedir (Foley, Rueda, & Wilkerson, 2007). Araştırmacılar türlerin zamanla subtropik bölgelere uyum geliştirdiğini, belli *Aedes* ve *Culiseta* türlerinin ılıman bölgelerde bulunur hale geldiğini düşünmüş, yazmışlardır (Ross 1964). Zamanla kutup çevresinde *Aedes* cinsinde türleşmede hızlı bir artış görüldüğü belirtilmiştir (Gustevich et al. 1974). Kısaca Culicidae familyası uyum yeteneği ve türleşme kapasitesi yüksek bir gruptur.

Sivrisinekler ergin öncesi evrelerinin sucul olması nedeniyle su birikintilerine bağımlı türlerdir. Yağış rejimlerindeki değişimlerin, ekstrem durumların popülasyonların büyümesine ve yayılım alanlarının genişlemesine neden olduğu bilinmektedir (Semenza & Suk, 2018). Zika (ZIKV), dengue (DENV) ve sarı humma virüslerinin (SHV) vektörü olan *Aedes aegypti* türünün popülasyon büyüklüğünün en yüksek olduğu dönemler tipik olarak yağmurlu geçen yazlardır. Tüm *Aedes* türlerinde olduğu gibi, kurak dönemleri atlatma kapasitesine sahip yumurtalar yağmur sezonunun başlaması ile açılır, sıcaklık da belli seviyenin altında değilse vektör kapasiteleri artar (Maciel-de-Freitas, 2010; Medlock et al., 2015).

Yumurtaları su yüzeyine veya çevresine bırakıldığından erginler de 1-2 kilometreden uzağa uçmazlar, ancak hava akımları ile yükseklere taşınabilirler. Mali’de balonlarla havada asılı bırakılan tuzaklarda, karadan 40-290 m yüksekte binlerce sivrisinek yakalanmıştır. Bölgedeki rüzgâr göz önünde bulundurulduğunda ortalama dokuz saatte 300 km uzağa disperse olabilecekleri anlaşılmıştır. Buradan yola çıkarak, yılda 81.000 *An. gambiae*, 6 milyon *An. coluzzii*, 44 milyon *An. squamosus* bireyin yatay rüzgar yönünde 100 km’den uzağa sürüklendiği hesaplanmıştır (Huestis et al., 2019). Bu ikna edici sonuç ile daha önce kan emmiş milyonlarca sıtma vektörünün yüzlerce kilometre seyahat edebildiği ve ulaştığı noktalarda sıtmanın yeniden yayılmasına neden olduğunu kanıtlamıştır. Asıl çözümün bu harekete başlayan sivrisineklerin kaynağı olan bölgede mücadeleyi yoğunlaştırmak olduğu anlaşılmıştır.

Temel sınırlayıcı faktörlerden biri elbette sıcaklıktır. Enlem, yükseklik ve mevsimsel değişimlere bağımlıdır. Türe özgü tahammül sınırları vardır ve dağılım alanları buna göre belirlenir.

Çevresel sıcaklık, vektör sivrisinek türü üzerine birkaç şekilde etki eder. Bunlardan biri popülasyonun büyümesine neden olmasıdır. Haftalık ortalama sıcaklığı 22-24°C derecenin üzerinde geçtiği dönemlerde *Ae. aegypti* ergin öncesi ve ergin bireyleri hızlı gelişim gösterir ve jenerasyonların da çakışmasıyla popülasyon yoğunluğunda üssel bir artış görülür. Kan emen dişi sivrisinek sayısı arttıkça, patojeni bünyesine alma ve sağlıklı bireylere taşıma olasılığı artacağından vektör kapasitesinde de artış söz konusu olur (Maciel-de-Freitas, 2010).

Önemli bir diğer etki ise taşıdıkları patojenlerin gelişimi için gerekli minimum sıcaklık değeridir. Türkiye’de sıtmanın yayılmasında rol oynayan iki *Anopheles* türünün yayılım alanları ile, *Plasmodium vivax* (20°C) ve *P. falciparum* (24°C) parazitlerinin gelişimi için gereken ortalama günlük sıcaklıkların kesiştiği bölgeler, uzun yıllardır riskin olduğu bilinen noktalardır (Postiglione, Tabanli, & Ramsdale, 1973). Küresel iklim değişikliği nedeniyle yaşanan ısı artışı, riskli alanda değişimlere neden olmaktadır. Bu nedenle güncel meteorolojik koşulların ve tahminlerinin takibi, vektör kaynaklı hastalık salgın olasılıklarının tespit edilmesine yardımcı olabilir ve riski azaltmak için erken uyarı sistemlerini tamamlayıcı rol oynayabilir (Semenza & Suk, 2018). Sıtma Avrupa’da 1975, Türkiye’de 2012 yılında yok edildiği düşünülse de, vektör türlerin burada yayılım göstermesi nedeniyle hastalığın geri dönmesi mümkündür (Alten, Kampen, & Fontenille, 2008; Özbilgin et al., 2011). Türkiye’de 2013 yılında görülen ve Yunanistan’da 2009 yılından itibaren aralıklarla gözlenen salgınlar da bu riski desteklemektedir (Kotsila & Kallis, 2019).

Günümüzde küresel iklim değişikliği vektör kaynaklı hastalıkların yayılmasında rol oynuyor ve gelecekte de etkisini sürdürmeye devam edecek. Güneydoğu Avrupa'da yaşanan Batı Nil ateşi salgını, 2010 yazında aşırı derecede yükselen sıcaklıklar ile ilişkilendirildi ve sonraki salgınlar, yaz sıcaklık anormallikleriyle örtüşecek şekildegözlendi (Semenza & Suk, 2018).

Batı Nil virüsü (BNV) köprü vektörü *Culex modestus* ve potansiyel sıtma vektörü *Anopheles hyrcanus*’un yayılım alanının Avrupa’nın kuzeyinde Çek Cumhuriyeti’ne kadar uzandığı 2008 yılında bildirildi (Votýpka, Šeblová, & Rádrová, 2008). Ardından *Cx. modestus* türüne sırasıyla 2012 ve 2018 yıllarında Birleşik Krallık ve İsveç’te rastlandı (Golding et al., 2012) (Lindström & Lilja, 2018). Sırbistan’da yapılan çalışmada toplanan *An. hyrcanus* örnekleri, sağlık araştırmaları ve uygun iklim modeli (Eta Belgrade University bölgesel verisi ile Princeton Ocean Model 1961-2015 ve A1B senaryosu) kullanılarak, 2030’da olabilecek değişimlerle ilgili tahminler sunuldu. Buna göre türün yayılım alanındaki genişleme ile artan sıcaklık anlamlı şekilde ilişkili olup, birey sayısının neredeyse iki katına çıkacağı anlaşılmıştır (Mihailović et al., 2020). Ekzofilik ve ekzofajik özelliği nedeniyle sıtma bulaştırma olasılığı düşük olarak nitelenen türün kuzey enlemlere doğru yayılımı, insan davranışlarındaki değişimle birlikte (insan hareketleri, daha fazla dışarıda aktivite, mevsimsel işçi sayısındaki artış ve Avrupa’ya artan göç) değerlendirildiğinde vektör kapasitesinin artacağı düşünülmektedir. Aynı çalışmada *Cx. pipiens* incelendiğinde kışlama süresince hissedilen ortalama sıcaklık ve mevsimsel nispi nem etmenlerinin sivrisinekte BNV tespiti ile yakından ilişkili olduğunu da ortaya çıkarmıştır. Kış sıcaklığının (Ekim-Nisan) 0,5°C artması durumunda BNV pozitif *Cx. pipiens* sayısının iki kat artacağı öngörülmüştür (Mihailović et al., 2020).

Kısaca sivrisineklerin nerede olduğu, dünyanın neresinde bulunduğumuza, oradaki coğrafi koşullara, sıcaklık, yağış ve nem koşullarındaki değişikliklere bağlıdır. İklimde değişiklik gözlenmesi durumu mutlaka etkileyecektir, ancak yanı sıra unutulmamalıdır ki *insanlar*, binlerce yıldır sivrisineklerin dağılım alanlarını her dönemde etkilemişlerdir. Ormanları tarım alanına dönüştürürken, kırsal alanda yerleşim artarken, sulama kanalları, pirinç tarlaları ve su tankları ile yeni sucul habitatlar yaratırken, düzenli ve sürekli kıtalararası taşımacılık yaparken böyle bir etkimiz oluyor elbette. İnsanoğlu dünyayı kapladıkça sivrisineklerin dağılımına daha fazla etkide bulunmaları beklenen bir durum.

Gelecekte yaşanabilecek salgınlar üzerine nicel tahminlerde bulunmak, iklimsel olan ve olmayan tüm etmenlerin vektör ve patojen üzerindeki kompleks etkisi nedeniyle oldukça zordur. Çünkü küreselleşme uluslararası açıdan patojen ve vektör dağılımını etkilemektedir. Burada iklim değişikliği odağımız olsa da, yerli canlı türlerinin daha önce karşılaşmadığı egzotik türler ve patojenler ile karşılaşıyor olmaları, üzerinde önemle durulması gereken bir konudur.

İstilacı türler biyolojik çeşitliliği tehdit eden habitat kaybından sonra gelen en önemli ikinci unsurdur. Bu süreci dörde ayırarak açıklayabiliriz: taşınma, yerleşik hale gelme, yayılma ve etki.

Son birkaç yüzyılda artan taşımacılık yoluyla sivrisinekleri kısa sürede yayılım alanlarından çok daha uzak mesafelere götürmek mümkün olmuştur. Örneğin yaygın kanıya göre *Aedes aegypti* türünün Afrika’dan Amerika’ya taşınması, 1600’lü yıllarda köle ticaretinin yaygınlaştığı dönemde gerçekleşmiştir (Tabachnick, 1991). Türün Avustralya, Avrupa ve Güney Doğu Asya’ya taşınması 1900’lü yıllarda olmuştur (Ducheyne et al., 2018; Gratz, 2004).

Bu sırada sivrisineklerin yolculuk sırasında ve getirildikleri bölgede karşılaştıkları koşullar nedeniyle bir darboğazdan geçtikleri kesindir, hepsi yerleşik hale gelememektedir. Kayıtlara göre Amerika Birleşik Devletleri’ne ulaşan sivrisinek türlerinin %36’sı, Avustralya’da % 25’i, Hawaii’de %15’i hayatta kalabilmiştir. Yeni bir bölgeye taşınan her tür istilacı hale gelmeyecek olabilir (Wilkerson et al., 2020).

Bunu mümkün kılan önemli bir etmen türün koşullara uyum yeteneği ve dayanıklılığı, bir diğeri ise farklı bölgelerden yapılan taşımacılığın sürekliliğidir. Bu durum bölgeye ulaşan türün popülasyon genetiğinde heterojenliği sağlayarak, daha dayanıklı ve yayılımcı olmalarına yardımcı olmuştur. Yapılan bir çalışma Avrupa’da istila edilen bölgedeki *Ae. albopictus* popülasyonuna Kuzey ve Orta İtalya’dan düzenli girişin olduğunu, popülasyon gen havuzunda çeşitliliğin arttığını ve insan taşımacılığının topolojisi ile oluşan ağın etkisiyle de kıta içlerine türün yayıldığını göstermiştir (Sherpa et al., 2019). Seyahatin biyolojik istilacıların artmasına nasıl bir sürücü etkisi olduğu böylece daha iyi anlaşılmıştır.

*Aedes aegypti* türü 19.yy’da Asya’da yayılmaya başladığında, oradaki koşullara yerli tür *Ae. albopictus*’tan daha uyumlu olması nedeniyle dengue hastalığının dominant vektörü haline gelmiştir (Gratz, 2004). Günümüzde *Ae. albopictus* türü, hala yoğun yeşil alanlarda bulunmayı tercih etse de, şehirlerdeki yapay habitatlara uyum sağlamıştır ve bu iki tür dünyanın birçok bölgesinde simpatrik bir şekilde bulunmaktadır. Türkiye’de bu durum Kuzey Doğu Anadolu Bölgesi’nde söz konusudur (Akiner, Demirci, Babuadze, Robert, & Schaffner, 2016). Bu türlerle ilgili dikkat çeken bir diğer konu da, metropolitan şehir habitatlarına uyum sağlamış olmalarıdır. İnsan sayısının yoğunlaştığı bu bölgeler dişiler için kan emmeyi kolaylaştırırken, yapay su tankları ve kapları da predatör türlerin bulunmadığı üreme habitatları oluşturmaktadır. Bu nedenle, genellikle vektör yoğunluğu da artmaktadır (Ducheyne et al., 2018). Rio de Janeiro’da şehir planının ve su dağıtımının düzenli olmadığı, çöplerin zamanında toplanmadığı mahallelerde istilanın daha fazla, tersi koşulların geçerli olduğu bölgelerde ise daha az olduğu gözlenmiştir (Maciel-de-Freitas, 2010).

Bir sivrisinek türünün bünyesinde sağlıklı bir insanı enfekte edecek miktarda patojeni bulundurma ve iletebilme yeteneği türden türe değişim gösteren bir durumdur. Aynı durum patojenler için de geçerlidir, örneğin sivrisinekler her virüsü bulaştıramaz. Türün vetörlük kabiliyeti belirli olsa da küreselleşme ile virüslerde gözlenen mutasyonlar ile daha yaygın hale gelebilmektedir. Arbovirüsün genetik potansiyeli, yeni vektörlere adapte olma olasılığı da oldukça önemlidir. Daha önce sözü geçen *Ae. aegypti* ve *Ae. albopictus* türleri dengue virüsünün 4 suşunu, sarı humma, chikungunya (CHIKV) ve Zika virüslerinin vektörüdür (Gratz, 2004; Medlock et al., 2015; Weetman et al., 2018). Kenya’da 2004 yılında görülen CHIKV, 2005-2006 yılları itibariyle Hint Okyanusu’ndaki çeşitli adalarda geniş çaplı bir epidemiye neden olmuştur. Asıl vektörü *Ae. aegypti* olan virüs genomunun zarf protein geninde bir aminoasit değişimi ile *Ae. albopictus*’a uyum sağlaması, hastalığın yayılım alanının genişlemesine neden olmuştur (Tsetsarkin, Vanlandingham, McGee, & Higgs, 2007). Bu hastalığın 2007 yılından itibaren önce İtalya devamında Avrupa’da görülmeye başlanmış olması beklenen bir durumdur. Enfekte ziyaretçilerin ülkelerine dönüşte patojenle gelmeleri bu durumu yaratan birincil sebeptir. Diğer taraftan epideminin olduğu bölgelerden taşınan yumurtalarda dengue ve sarı humma virüsleri tespit edilebilmektedir. Dişi sivrisineklerden virüsün yumurtaya geçişi mümkün olduğundan CHIKV için de bu risk söz konusu olabilir (Medlock et al., 2015; Rezza et al., 2007).

Günümüzde yaşanmış en önemli salgın elbette Zika virüsünün yayılış öyküsüdür. Uganda’nın Zika ormanında 1947 yılında tespit edilen virüs, 2007 yılında Mikronesia’nın Yap Adası’nda, 2013’te Pasifikteki birçok adada, 2015’te Karayipler’de, Orta ve Güney Amerika’da, 2016’da Kuzey Amerika’da görülmüştür. Enfekte hamile kadınların bebeklerinde mikrosefali görülmeye başlanmasının ardından Dünya Sağlık Örgütü dünyayı tehdit eden virüsle ilgili acil durum ilan etmiştir. Virüs silvatik döngüde maymunlar ve ağaç tepelerinde kan emen sivrisinek türleri arasında sirküle olurken, şehirlerdeki döngüde antropofilik vektör tür *Ae. aegypti* ile, hem rezeruvar konak hem de son konak olan insanlar arasında hareket halindedir. Brezilya ve Gabon’daki şehirlerde *Ae. albopictus* türünde de virüs tespit edilmiş, ikincil vektör olabileceği bildirilmiş, laboratuvarda yapılan enfeksiyon denemeleri başarılı olmuştur. Bu da Güney Avrupa ve Türkiye’de dikkatli olmak gerektiğinin bir göstergesi (Boyer, Calvez, Chouin-Carneiro, Diallo, & Failloux, 2018). Avrupa’da CHIKV ve DENV vaka sayısı her yıl artış gösteriyor. Dengue ateşine on yıllarca rastlanmadıktan sonra kıtaya geri dönüşü dikkat çekici. COVID-19 pandemisi süresince sıklığı azalan uluslararası taşımacılık, hasta bireylerin bir ülkeden diğerine gitme olasılığını düşürmüş olsa da, istilacı sivrisinek türleri yayılmaya devam ediyor. *Aedes aegypti* türünün 1900’lü yılların başında Türkiye, Orta Doğu ve Avrupa’da dengue salgınlarına neden olduktan sonra, şehirlerde su altyapı sistemlerinin gelişmesi, sıtmayla savaş döneminde sivrisinekle mücadelenin arttırılması ve soğuk geçen kışların da etkisiyle, bölgede neslinin tükendiği biliniyor (Schaffner & Mathis, 2014). Ancak bugün, 2015’ten bu yana Türkiye’de var olduğunu biliyoruz (Akiner et al., 2016). Madeira Adası’nda da 2005 yılından bu yana dengue bulaşında da rol oynuyor (Boyer et al., 2018). Bundan sonra da yoğunluğunun daha nemli ve sıcak hale gelecek bölgelerde (Balkanlar, Orta Avrupa ve İngiltere) artacağı, kuraklaşacak bölgelerde (Portekiz, İspanya) de azalacağı öngörülmektedir (Semenza & Suk, 2018).

Küresel iklim değişiklikleri ile birlikte globalizasyonun vektör sivrisinek türlerini ve onların taşıdığı patojenleri etkilediği aşikâr. Önem verilmesi gereken konulardan biri, bu tehditlere karşı verilecek cevapların çok uluslu bir strateji ile yürütülmesi gerekliliğidir. Akdeniz Bölgesi eski medeniyetlerde de ticaret ve göç açısından önemli bir nokta olmuş. Bugün de aynı nedenle ortak sorunlardan mustarip (Jourdain et al., 2019). İstilacı türlerle başa çıkmanın yollarından en önemlisi halkın bu konuda eğitilmesini sağlamak, sivrisineklerin nerede olduğunu ve üreme habitatlarının nasıl yok edilebileceğini Mosquito Alert gibi uygulamalarla göstererek farkındalık yaratmak, vatandaş bilim insanlarının yardımıyla mücadele etmektir (Bartumeus, Oltra, & Palmer, 2018; Stefopoulou et al., 2018).

**Kaynaklar**

Akiner, M. M., Demirci, B., Babuadze, G., Robert, V., & Schaffner, F. (2016). Spread of the Invasive Mosquitoes Aedes aegypti and Aedes albopictus in the Black Sea Region Increases Risk of Chikungunya, Dengue, and Zika Outbreaks in Europe. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, *10*(4), e0004664. https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0004664

Alten, B., Kampen, H., & Fontenille, D. (2008). Malaria in Southern Europe: resurgence from the past? In W. Takken & B. G. J. Knols (Eds.), *Emerging Pests and Vector-borne Diseases in Europe* (Vol. 14, pp. 35–58). https://doi.org/10.3201/eid1411.080945

Bartumeus, F., Oltra, A., & Palmer, J. R. B. (2018). Citizen Science: A Gateway for Innovation in Disease-Carrying Mosquito Management? *Trends in Parasitology*, *34*(9), 727–729. https://doi.org/10.1016/j.pt.2018.04.010

Boyer, S., Calvez, E., Chouin-Carneiro, T., Diallo, D., & Failloux, A. B. (2018). An overview of mosquito vectors of Zika virus. *Microbes and Infection*, *20*(11–12), 646–660. https://doi.org/10.1016/j.micinf.2018.01.006

Ducheyne, E., Tran Minh, N. N., Haddad, N., Bryssinckx, W., Buliva, E., Simard, F., … Roiz, D. (2018). Current and future distribution of Aedes aegypti and Aedes albopictus (Diptera: Culicidae) in WHO Eastern Mediterranean Region. *International Journal of Health Geographics*, *17*(1), 1–13. https://doi.org/10.1186/s12942-018-0125-0

Foley, D. H., Rueda, L. M., & Wilkerson, R. C. (2007). Insight into global mosquito biogeography from country species records. *Journal of Medical Entomology*, *44*(4), 554–567. https://doi.org/10.1603/0022-2585(2007)44[554:IIGMBF]2.0.CO;2

Golding, N., Nunn, M. a, Medlock, J. M., Purse, B. V, Vaux, A. G. C., & Schäfer, S. M. (2012). West Nile virus vector Culex modestus established in southern England. *Parasites & Vectors*, *5*, 32. https://doi.org/10.1186/1756-3305-5-32

Gratz, N. G. (2004). Critical review of the vector status of Aedes albopictus. *Medical and Veterinary Entomology*, Vol. 18, pp. 215–227. https://doi.org/10.1111/j.0269-283X.2004.00513.x

Huestis, D. L., Dao, A., Diallo, M., Sanogo, Z. L., Samake, D., Yaro, A. S., … Lehmann, T. (2019). Windborne long-distance migration of malaria mosquitoes in the Sahel. *Nature*, *574*(7778), 404–408. https://doi.org/10.1038/s41586-019-1622-4

Jourdain, F., Samy, A. M., Hamidi, A., Bouattour, A., Alten, B., Faraj, C., … Robert, V. (2019). Towards harmonisation of entomological surveillance in the Mediterranean area. *PLOS Neglected Tropical Diseases*, *13*(6), e0007314. https://doi.org/10.1371/journal.pntd.0007314

Kotsila, P., & Kallis, G. (2019). Biopolitics of public health and immigration in times of crisis: The malaria epidemic in Greece (2009–2014). *Geoforum*, *106*, 223–233. https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.geoforum.2019.08.019

Lindström, A., & Lilja, T. (2018). *First finding of the West Nile virus vector Culex modestus Ficalbi 1889 (Diptera; Culicidae) in Sweden Estimating postmortem intervals in forensic cases of decomposition in an indoor setting View project Honey bees View project*. *1889*(April). Retrieved from www.barcodinglife.org

Maciel-de-Freitas, R. (2010). A review on the ecological determinants of Aedes aegypti (DIPTERA: CULICIDAE) vectorial capacity. *Oecologia Australis*, *14*(3), 726–736. https://doi.org/10.4257/oeco.2010.1403.08

Medlock, J. M., Hansford, K. M., Versteirt, V., Cull, B., Kampen, H., Fontenille, D., … Schaffner, F. (2015). An entomological review of invasive mosquitoes in Europe. *Bulletin of Entomological Research*, Vol. 105, pp. 637–663. https://doi.org/10.1017/S0007485315000103

Mihailović, D. T., Petrić, D., Petrović, T., Hrnjaković-Cvjetković, I., Djurdjevic, V., Nikolić-Đorić, E., … Ignjatović-Ćupina, A. (2020). Assessment of climate change impact on the malaria vector Anopheles hyrcanus, West Nile disease, and incidence of melanoma in the Vojvodina Province (Serbia) using data from a regional climate model. *PLoS ONE*, *15*(1), 1–17. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227679

Özbilgin, A., Topluoglu, S., Es, S., Islek, E., Mollahaliloglu, S., & Erkoc, Y. (2011). Malaria in Turkey: Successful control and strategies for achieving elimination. *Acta Tropica*, *120*, 15–23. https://doi.org/10.1016/j.actatropica.2011.06.011

Postiglione, M., Tabanli, B., & Ramsdale, C. D. (1973). The Anopheles of Turkey. *Rivista Di Parassitologia*, *34*(2), 127–159.

Rezza, G., Nicoletti, L., Angelini, R., Romi, R., Finarelli, A., Panning, M., … Cassone, A. (2007). Infection with chikungunya virus in Italy: an outbreak in a temperate region. *Lancet*, *370*(9602), 1840–1846. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(07)61779-6

Schaffner, F., & Mathis, A. (2014). Dengue and dengue vectors in the WHO European region: Past, present, and scenarios for the future. *The Lancet Infectious Diseases*, *14*(12), 1271–1280. https://doi.org/10.1016/S1473-3099(14)70834-5

Semenza, J. C., & Suk, J. E. (2018). Vector-borne diseases and climate change: A European perspective. *FEMS Microbiology Letters*, *365*(2), 1–9. https://doi.org/10.1093/femsle/fnx244

Sherpa, S., Blum, M. G. B., Capblancq, T., Cumer, T., Rioux, D., & Després, L. (2019). Unravelling the invasion history of the Asian tiger mosquito in Europe. *Molecular Ecology*, *28*(9), 2360–2377. https://doi.org/10.1111/mec.15071

Stefopoulou, Α., Balatsos, G., Petraki, A., LaDeau, S. L., Papachristos, D., & Michaelakis, Α. (2018). Reducing Aedes albopictus breeding sites through education: A study in urban area. *PLoS ONE*, *13*(11), 1–19. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0202451

Tabachnick, W. J. (1991). Evolutionary Genetics and Arthropod-borne Disease: The Yellow Fever Mosquito. *American Entomologist*, *37*(1), 14–26. https://doi.org/10.1093/ae/37.1.14

Tan, S. Y., & Sung, H. (2008). Carlos Juan Finlay (1833-1915): of mosquitoes and yellow fever. *Singapore Medical Journal*, *49*(5), 370–371.

Tsetsarkin, K. A., Vanlandingham, D. L., McGee, C. E., & Higgs, S. (2007). A single mutation in Chikungunya virus affects vector specificity and epidemic potential. *PLoS Pathogens*, *3*(12), 1895–1906. https://doi.org/10.1371/journal.ppat.0030201

Votýpka, J., Šeblová, V., & Rádrová, J. (2008). Spread of the West Nile virus vector Culex modestus and the potential malaria vector Anopheles hyrcanus in central Europe. *Journal of Vector Ecology*, *33*(2), 269–277. https://doi.org/10.3376/1081-1710-33.2.269

Weetman, D., Kamgang, B., Badolo, A., Moyes, C. L., Shearer, F. M., Coulibaly, M., … McCall, P. J. (2018). Aedes mosquitoes and Aedes-borne arboviruses in Africa: Current and future threats. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *15*(2), 1–20. https://doi.org/10.3390/ijerph15020220

Wilkerson, R. C., Linton, Y. M., & Strickman, D. (2020). *Mosquitoes of the World*. Baltimore Maryland: Johns Hopkins University Press.