

## Tunçbilek havzası erken Miyosen paleoklimsel rekonstrüksiyonu

Hüseyin Tuncay Güner<sup>a,b,\*</sup> 

**Özet:** Tunçbilek-Domaniç Havzası (Batı Anadolu) Türkiye'nin Neojen yaşlı en önemli kömür yataklarından bir tanesidir. Havzanın yaşı, volkanitlerin Ar/Ar yöntemiyle yaşlandırılması sonucu bütünüyle Erken Miyosen dönemine (~23-19 Ma) tarihlenir. 2018 yılında Tunçbilek'te bitki makrofosilleri ile ilgili arazi çalışması yapılmıştır. Bitki fosilleri bakımından zengin olan havzadan makrofosil olarak 2 gymnosperm ve 18 angiosperm cinsine ait 20 taksonun varlığı saptanmıştır. Yaprak florasına ait dikotil odunsu bitkilerin, yaprak fizyonomisi temel alınarak "Çok Değişkenli İklim Yaprak Analiz Programı (CLAMP)" ile paleoklim rekonstrüksiyonu gerçekleştirilmiştir. Yapılan rekonstrüksiyonda alandan toplanan 18 angiosperm taksonuna ek olarak önceki çalışmalarda belirlenen 3 taksonla birlikte toplam 21 takson kullanılmıştır. İklimsel parametrelere ait değerler: yıllık ortalama sıcaklık (MAT) 12.1-14.5 °C; en sıcak ayın ortalama sıcaklığı (WMMT) 22.5-25.1 °C; en soğuk ayın ortalama sıcaklığı (CMMT) 1.6-5.4 °C; vejetasyon dönemi (GROWSEAS) 6.9-8.3 ay; vejetasyon dönemi yağış (GSP) 940-1380 mm; en nemli üç ayın yağışı (X3.Wet) 490-790 mm; en kurak üç ayın yağışı (X3.Dry) 170-230 mm. Genel olarak, CLAMP değerleri ve bunların Köppen iklim tipleri ile ilişkilendirilmesi Tunçbilek havzasının erken Miyosen boyunca her mevsim yağışlı, yazları sıcak (Cfa) ılıman bir iklime sahip olduğunu gösteriyor.

**Anahtar kelimeler:** Batı Anadolu, Akuitaniyen, CLAMP, Makrofosiller, Yaprak fizyonomisi

## Early Miocene palaeoclimatic reconstruction of Tunçbilek basin

**Abstract:** The Tunçbilek-Domaniç Basin (Western Anatolia) is one of the most important Neogene coal deposits of Turkey. The age of the basin is early Miocene (~ 23-19 Ma) based on dating of volcanic units by the Ar/Ar method. Field work was conducted about plant macrofossils in Tunçbilek in 2010. Twenty taxa were identified belonging to two gymnosperm and 18 angiosperm genera. Dicot woody plants belonging to the leaf flora were used to reconstruct palaeoclimate by Multivariate Climate Leaf Analysis Program (CLAMP) based on leaf physiognomy. For reconstruction 18 angiosperm taxa collected from the area in addition 3 taxa determined in previous studies total of 21 taxa were used. The reconstructed values for selected climatic parameters are as follows: mean annual temperature (MAT) 12.1-14.5 °C; warmest month mean temperature (WMMT) 22.5-25.2 °C; coldest month mean temperature (CMMT) 1.6-5.4 °C; length of growing season (GROWSEAS) 6.9-8.3 months; growing season precipitation (GSP) 940-1380 mm; precipitation during the three consecutive wettest months (X3.Wet) 490-790 mm; precipitation during the three consecutive driest months (X3.Dry) 170-230 mm. Overall, CLAMP values expressed as Köppen climate types indicate that the Tunçbilek basin had a warm temperate climate with hot summers (Cfa) during the early Miocene.

**Keywords:** Western Anatolia, Aquitanian, CLAMP, Macrofossils, Leaf physiognomy

### 1. Giriş

Karasal bitki vekil kayıtlarına dayalı paleoklimsel çalışmaların sayısı Türkiye'de (Akgün vd., 2007; Kayseri, 2010; Akkiraz vd., 2012; Güner vd., 2017; Bouchal vd., 2018) her geçen gün artmaktadır. Özellikle yakın geleceğe yönelik iklim değişikliği ile ilgili senaryolar ve kaygular da şüphesiz bu ilginin artmasında önemli bir rol oynamaktadır. Geçmiş dönem iklimsel değişimlerin doğasını anlamak için mevcut veya yeni her türlü veri tutarlı veya tutarsız tüm yönleriyle değerlendirilmektedir. Karasal ortamlarda da bitkiler, morfolojisi ve yayılışı büyük oranda iklim ile alakalı olması sebebiyle en ideal veri kaynaklarından biri olarak kullanılmaktadır (Yang vd., 2007). Türkiye'de prodüktif kömür damarları kapsayan Neojen havzalarındaki kömür oluşumunun, bölgede gelişmiş yoğun flora ve vejetasyon ile gerçekleştiği (Gemici vd., 1991) dikkate alındığında, buralardan elde edilecek fosil kayıtların

iklimsel rekonstrüksiyonlarda kullanılacak değerli vekiller olduğu ortaya çıkmaktadır.

Kütahya'nın batısında bulunan "Seyitömer" ve "Tunçbilek-Domaniç" havzalarında zengin linyit rezervleri bulunduğu ve bunların işletildiği bilinmektedir (Gökmen vd., 1993). Bu havzalardaki kömür oluşuklarının içinde yer aldığı bataklık ve göl çökelleri, zengin flora kayıtları içermektedir. Bu çalışma konusunu oluşturan bitki makrofosil örnekleri de 2018 yılı Mayıs ayı içerisinde Tunçbilek işletmesinin döküm sahalarından toplanmıştır. Açık ocak ve yer altı işletmesinden çıkarılan linyit ile Tunçbilek Termik Santrallerinin yakıt ihtiyacının temin edilmesinin yanında aynı zamanda TKİ'nin ısınma ve sanayiye olan satışlarının da yaklaşık % 30'u (TKİ, 2012) karşılanmaktadır. Fosiller bakımından da zengin bir alan olan havzada şimdiye kadar Nebert, 1962; Tunçbilek serisinde alınan örneklerde *Taxodium distichum* (L.) Rich., *Myrica lignitum* (Unger) Saporta., *Nerium L.*,

✉ <sup>a</sup> İstanbul Üniversitesi - Cerrahpaşa, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Orman Botaniği Anabilim Dalı, İstanbul, Türkiye

<sup>b</sup> İsveç Doğa Tarihi Müzesi, Palaeobioloji Departmanı, 10405 Stockholm, İsveç

@ <sup>\*</sup> **Corresponding author** (İletişim yazarı): tuncay.guner@istanbul.edu.tr

✓ **Received** (Geliş tarihi): 24.01.2018, **Accepted** (Kabul tarihi): 24.04.2019



**Citation** (Atıf): Güner, H.T., 2019. Tunçbilek havzası erken Miyosen paleoklimsel rekonstrüksiyonu. Turkish Journal of Forestry, 20(2): 93-100. DOI: [10.18182/tjf.517228](https://doi.org/10.18182/tjf.517228)

*Apocynophyllum* Unger ve cf. *Phragmites* Adans, Mädlar ve Steffens, 1979; Tunçbilek linyit sahalarından alınan örneklerde *Taxodium dubium* (Sternberg) Heer, *Sciadopitys tertiaria* (Menzel), *Fagus attenuata* (Goepfert), *Diospyros brachysepala* Al. Braun ve *Laurophyllum primigenium* (Unger) Kr. ve Weyl., Akkiraz vd., 2012; Seyitömer ve Tunçbilek’de Lauraceae, Taxodiaceae, *Fraxinus* L., *Glyptostrobus* Endl., *Engelhardia* Lesch. ex Blume, *Zelkova* Spach ve Pinaceae makrofosillerine ait örnekler kayıt etmiştir. Bu çalışmalardan Akkiraz vd., (2012) dışındaki çalışmalar alana ait paleoflora ve paleoiklim ile ilgili herhangi bir bilgi içermemektedir. Arslan (1979), Yavuz-Işık (2007) ve Akkiraz vd. (2012) ise palinolojik verileri kullanarak kantitatif ve teorik iklimsel sonuçlar sağlayan çalışmalardır.

Bu çalışma Tunçbilek havzasında bulunan dikotil bitkilere ait yaprak fosillerinin morfolojik sınıflandırma sonucu (18’i 2018 yılı mayıs ayında toplanan makro fosil örneklerden, üç tanesi de Becker-Platen ve Benda tarafından (1962) toplanan örneklerden olmak üzere) 21 farklı morfolojik tanımlanmasını ve morfolojilerin fizyonomik özelliklerin Çok Değişkenli İklim Yaprak Analiz Programı (Climate Leaf Analysis Multivariate Programme: CLAMP) içerisinde kullanılması ile sayısal sonuçlar içeren paleoiklim rekonstrüksiyonu elde edilmesini içermektedir.

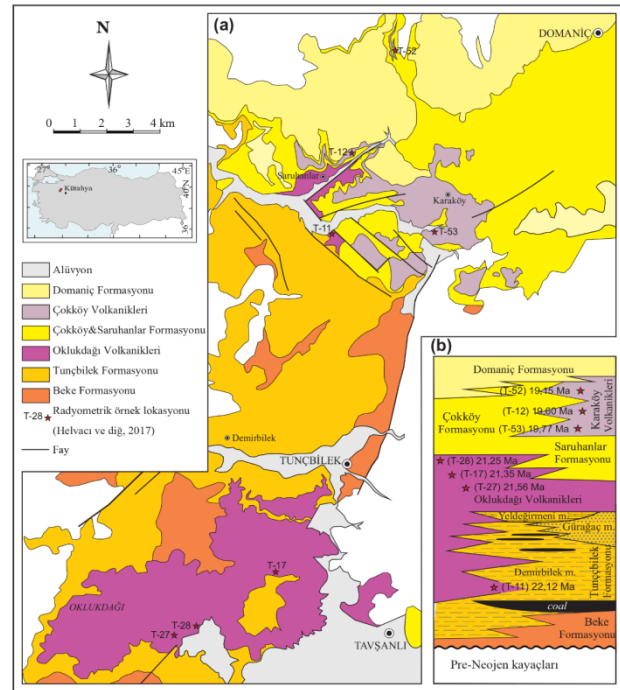
## 2. Materyal ve yöntem

### 2.1. Stratigrafi

Tunçbilek-Domaniç havzasında Arni (1942)’nin öncü çalışmasından sonra yürütülen ilk ayrıntılı jeolojik etüt Nebert (1960)’e aittir. Araştırmacıya göre havza dolgusu, altta “Tunçbilek serisi” (Miyosen) ve üstte yer alan “Domaniç serisi”nden (Pliyosen) oluşur. Nebert (1960)’in kronostratigrafisini benimseyen Baş (1986) havzanın detay jeolojisini yaptığı çalışmada, Neojen çökellerini formasyon ve üye mertebelerinde tanımlamış ve istiflenme düzenini kurmuştur. Çelik (1999), farklı çökeltme ortamlarının ürünlerinden oluşan havza dolgusunun sedimanter özelliklerini incelemiştir. Akkiraz vd. (2012), Tunçbilek-Domaniç ve Seyitömer havzalarındaki kömürlü istiflerin çökeldiği dönemin paleoiklimini ve vejetasyonunu araştırmışlardır. Helvacı vd. (2017), çökellerle yanal ilişkili olarak iki evrede yüzeyleyen volkanitleri Ar/Ar yöntemiyle yaşlandırmış ve Tunçbilek-Domaniç havzasındaki çökeltimin bütünüyle Erken Miyosen döneminde (~23-19 Ma) geliştiğini belirlemişlerdir.

Tunçbilek-Domaniç karasal Neojen havzasında Alt Miyosen döneminde gelişen çökeltim, alüvyal fan/delta ortamının ürünü olan kırmızımsı kahverenkli çakıltaşı-kumtaşı topluluğunun simgelediği Beke formasyonu ile başlar. Üstleyen Tunçbilek formasyonu, egemen olarak gölsel çökellerden oluşur. İstif içinde üç üye tanımlanmıştır: alttan üste “Demirbilek”, “Gürağaç” ve “Yeldeğirmeni” üyeleri. Ekonomik linyit horizonu, formasyonun büyük bölümünü oluşturan gölsel Demirbilek üyesi içindedir. Yüksek organik maddeli çamurtaşı-kiltaşı topluluğuyla simgelenen bir geçiş horizonuyla Beke formasyonu üzerine gelen Demirbilek üyesinin toplam kalınlığı 300 metreye kadar ulaşır. Geçiş horizonu üzerinde, kalınlığı 2-20 metre arasında değişen tek bir damar şeklinde yataklanmış ekonomik linyit horizonu yer alır. Linyit horizonunu örten kilttaşı-marn egemen istifi, organik şeyl (bituminous shale)

ve felsik tüf arakatmanları ile yaprak fosilleri kapsar. İstifin üst düzeylerinde yanal süreksiz linyit bantları bulunur. Demirbilek Üyesi üzerine uyumlu olarak gelen Yeldeğirmeni üyesinin çörtlü kireçtaşları, Tunçbilek formasyonu kapsamındaki gölsel çökeltimin son dönemini yansıtır. Gürağaç üyesinin deltayık çökelleri lokaldir ve havzanın batı kesiminde yüzeyler. Tunçbilek formasyonuna alttan üste yanal girik olarak gelişen ve piroklastik örtülerle gölsel çökeltimi sonlandıran Oklukdağı volkanizması, kalk-alkalen karakterli riyolit-dasit bileşim aralığındaki volkanitlerle simgelenir. Lavlardan, 22,12 Ma ile 21,25 Ma arasında değişen Ar/Ar yaşları alınmıştır. Kireçtaşı aradüzeyleli volkanik kumtaşı ve kilttaşı topluluğundan oluşan Saruhanlar formasyonu, Oklukdağı volkanizmasının son dönemlerini yansıtan tuf aradüzeyleli kapsar. Çakıltaşı-kumtaşı araldanmasından oluşan Çökköy formasyonu yanal ilişkili gelişmiştir. Alkali bazik ürünlerle simgelenen Karaköy volkanitlerinden 19,15 Ma ile 19,77 Ma arasında değişen radyometrik yaşlar alınmıştır. Tunçbilek-Domaniç havzasının Alt Miyosen dönemindeki dolgulanması, killi kireçtaşlarından oluşan Domaniç formasyonu ile sona erer (Şekil 1) (Nebert, 1960; Baş, 1986; Çelik, 1999; Türkmenoğlu ve Yavuz Işık, 2008; Helvacı vd., 2017).



Şekil 1. Tunçbilek-Domaniç havzası (a) Basitleştirilmiş jeoloji haritası ve (b) sütunlu bölüm (Baş, 1986 ve Helvacı vd., 2017’ye atfen Fikret Göktaş tarafından geliştirilmiştir).

## 2.2. Yaprak fosillerin sınıflandırılması

Makrofosil örnekler 2018 yılı Mayıs ayında Tunçbilek açık linyit ocaklarında, tabanını ana kömür damarının oluşturduğu ve üst seviyelerinde marnların bulunduğu Tunçbilek formasyonu'na ait döküm sahalarından toplanmıştır. Arazi çalışması kapsamında gymnosperm ve monokotil/dikotil angiosperm'lerden oluşan yaklaşık 180 adet bitki makrofosil örneği toplanmıştır. Toplanan örnekler İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa, Orman Fakültesi ISTO Herbaryumu Fosil (ISTO-F) koleksiyonuna dahil edilmiş ve numarlandırılmıştır. Bu örnekler çoğunluğu yaprakların oluşturduğu kozalak, tohum kanadı, erkek ve dişi çiçek parçaları, sürgün ve meyvelerden meydana gelmektedir.

CLAMP analizi sadece dikotil angiosperm verilerini kullanılmaktadır. Bu nedenle alanda teşhis edilen gymnosperame örnekleri (*Taxodium* ve *Pinus*) sayısal değerlendirilmede kullanılmamıştır. Çalışma kapsamında toplanan örnekler fizyonomik özelliklerine göre sınıflandırıldığında 67 tanesinin dikotil odunsu bitkilere ait yaprak örneği olduğu tespit edilmiş, bu örneklerden de yaprak bütünlüğünü koruyan ve iklimsel rekonstrüksiyon için yeterli sayıda karakter temsil eden 56 adet yaprak makrofosil örneği belirlenmiştir. Yaprak örnekleri sadece Wolfe (1993) protokolü ve CLAMP (2019)'de açıklandığı gibi morfolojik özelliklerine göre basitçe gruplandırılmıştır. Gruplandırma işlemi kısaca şöyle açıklanabilir; yaprağın lopsuz veya loplulu olması; lopsuz yaprak grubuna dahil olan örneklerin yaprak kenarlarının tam veya dişli olması ve bu gruplardaki örneklerin ikincil (2°) ve üçüncül (3°) damarlanma yapısına göre farklı morfolojik takson olarak sınıflandırılması şeklinde yapılmıştır. Loplulu yaprakların içinde bulunduğu grupta ise tüm yaprakların kenarları dişli olması sebebiyle, yaprakların pinnat veya palmat olarak ayrılması ve sonrasında ikincil (2°) ve üçüncül (3°) damarlanma yapısına göre morfolojik taksonlar olarak sınıflandırılması yapılmıştır. Bu sınıflandırma işlemi sonucunda 56 örnekten oluşan ve 18 farklı morfolojik (MT) temsil edildiği bir veri seti elde edilmiştir. Detaylı bir taksonomik sınıflandırma yapılmamış olmasına rağmen, morfolojik bitki gruplarındaki yapraklardan bazıları temel teşhis özelliklerine göre cins bazında adlandırılmıştır. Bu cinsler *Acer* L., *Daphnogene* Unger, *Fagus* L., *Myrica* L., *Pterocarya* Nutt. ex Moq., *Quercus* L. ve *Salix* L.'tir.

Çalışma için ayrıca Becker-Platen ve Benda tarafından 1962 yılında Kütahya-Tunçbilek'ten toplanan ve şuan Federal Yerbilimleri ve Doğal Kaynaklar Enstitüsü, Hannover (BRG)'in koleksiyonunda bulunan makrofosil örneklerden birkaç tanesi kullanılmıştır. Mädler ve Steffens (1979) tarafından yayınlanan ve Doç. Dr. Thomas DENK tarafından yakın zamanda fotoğraflanan bu örneklerden *Diospyros brachysepala* Al. Braun (MT03: Indet sp. 3), *Laurophyllum primigenium* (Unger) Kr. ve Weyl. (MT08: Indet sp. 6; MT11: Indet sp. 9) taksonlarına ait fotoğraflar üç ayrı morfolojik temsilen kullanılmıştır. Sergilendikleri koleksiyonda örneklere ait bir kayıt numarası bulunmadığı için Çizelge 1'de bu morfolojilerin Örnek No kısmı boş bırakılmıştır. Ayrıca örneklerin teşhisinin hatalı olduğu düşünüldüğü için adları bu çalışmada dikkate alınmamıştır, sadece kaynak olarak kullanılmıştır.

Sonuç olarak morfolojik özelliklerine göre gruplandırılan 59 örnek için 21 morfolojik grubu oluşturulmuştur (Çizelge 1, Şekil 2).

## 2.3. Paleoiklim için kullanılan yöntem

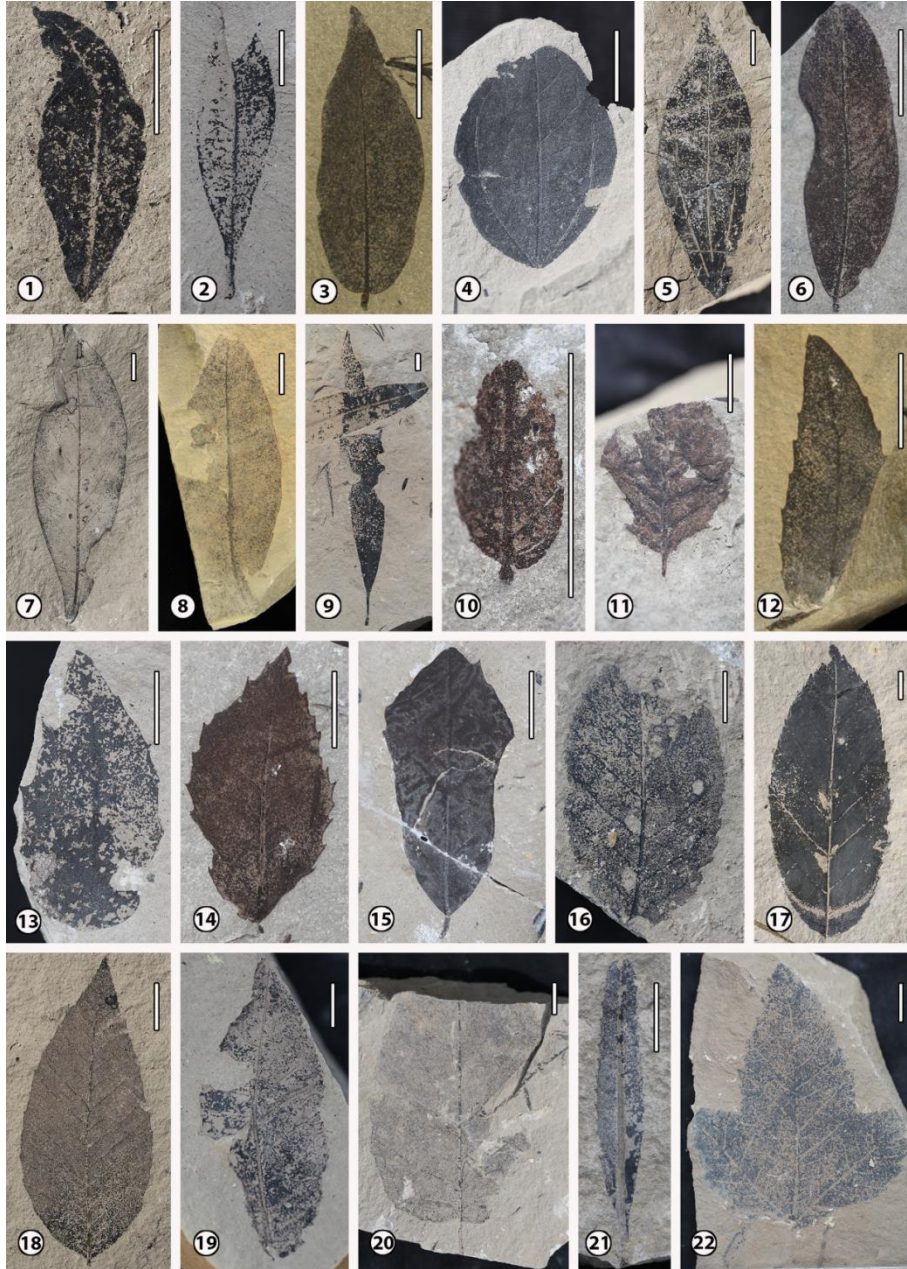
Tunçbilek Havzasına ait nicel paleoiklimsel analizler CLAMP kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Wolfe (1993) tarafından geliştirilen ve taksonomik tanımlama gerektirmeyen bu istatistik program, yaprak biçimi (fizyonomisi) ve çevresel kısıtlar arasındaki ilişkiyi (Bailey ve Sinnott, 1915, 1916; Wolfe, 1979; Wilf, 1997) açıklayan güçlü ve sağlam bir paleoiklimsel vekildir (Wolfe, 1993; Kovach ve Spicer, 1996; Wolfe ve Spicer, 1999; Spicer vd., 2004, 2005, 2009; Spicer, 2000, 2007, 2008; Jacques vd., 2011). Programın temeli çok değişkenli istatistik bir teknik olan Kanonik Uyum Analizi (Canonical Correspondence Analysis "CCA") (ter Braak, 1986) tekniğinin iklim koşulları bilinen bitki örtüsünün yaprak örneklerini çok boyutlu uzayda düzenlemek için kullanır. Bu program coğrafi konumu belli güncel floralarda bulunan dikotil odunsu bitkilerden en az 20 türün yaprak özelliklerini 31 karaktere (yaprak tipi, kenar özelliği, boyutu, ucu, tabanı, şekline ait özellikler) göre sayısal olarak puanlar ve meteorolojik veriler ile aralarındaki sayısal ilişkiyi kalibre eder. Bu sayede alanın toplam puanı "fizyonomik alan" olarak adlandırılan diğer bölgelere göre konumlandırılır.

Çizelge 1. İklim rekonstrüksiyonu için gruplandırılan 21 dikotil takson ve bilgileri

Morfotip (MT)	Örnek no	Takson	Şekil 2 no
MT01	ISTO-F 05632	Indet sp. 1	1
MT02	ISTO-F 05747	Indet sp. 2	2
MT03	.*	Indet sp. 3	3
MT04	ISTO-F 05753	<i>Daphnogene</i> sp. 1	4
MT05	ISTO-F 05751	<i>Daphnogene</i> sp. 2	5
MT06	ISTO-F 05700	Indet sp. 4	6
MT07	ISTO-F 05750	Indet sp. 5	7
MT08	.*	Indet sp. 6	8
MT09	ISTO-F 05693	<i>Myrica</i> sp.	9
MT10	ISTO-F 05711	Indet sp. 7	10
MT11	ISTO-F 05653	Indet sp. 8	11
MT12	.*	Indet sp. 9	12
MT13	ISTO-F 05638	Indet sp. 10	13
MT14	ISTO-F 05636	<i>Quercus</i> sp.	14
MT14	ISTO-F 05639	<i>Quercus</i> sp.	15
MT15	ISTO-F 05649	Indet sp. 11	16
MT16	ISTO-F 05732	Indet sp. 12	17
MT17	ISTO-F 05657	<i>Fagus</i> sp.	18
MT18	ISTO-F 05661	<i>Pterocarya</i> sp.	19
MT19	ISTO-F 05618	Indet sp. 13	20
MT20	ISTO-F 05713	<i>Salix</i> sp.	21
MT21	ISTO-F 05720	<i>Acer</i> sp.	22

\* Becker-Platen ve Benda tarafından 1962 yılında Kütahya-Tunçbilek'ten toplanan örnekler olup, buldukları koleksiyonda bir kayıt numaraları olmadığı için boş bırakılmıştır.





Şekil 2. Tunçbilek paleoflorası, dikotil yaprak morfotipleri, ölçek: 1 cm (morfotipler ile ilgili detaylı bilgi için Çizelge 1).

Fosil floralara ait yapraklar, modern floralarda bulunan yapraklara benzer şekilde puanlanır ve kalibre edilmiş fizyonomik uzaydaki konularından, paleoklim belirlenebilir. Bu kalibrasyon setleri ile yaprak fosil topluluklarının karşılaştırılması sonucu orta Kretaseden - Pliyosene kadar olan dönemin iklim verilerine ait rökonstrüksiyonlar elde edilebilir. Bu rökonstrüksiyonlar için CLAMP Online sitesinde kalibrasyon veri setleri mevcuttur (Wolfe 1993; Spicer vd. 2004; Spicer, 2008; Yang et al., 2011). CLAMP Online sisteminde yeni çalışmalarla sürekli güncellenen dört alt küme ve bir global olmak üzere beş adet veri seti bulunmaktadır. En uygun veri setinin kullanılması için ilk olarak PhysgGlobal378 (CLAMP, 2019) adlı Kuzey Amerika, Japonya, Asya, Güney Afrika, Yeni Zelanda ve Avustralya'dan toplam 378 farklı lokasyandan çok çeşitli flora ve iklimsel rejimlerin temsil edildiği bileşenler içeren, en geniş veri seti ile fosil

floranın güncel floralara göre konumu belirlenir. Öngörü hassasiyeti düşük olan bu veri seti asıl rökonstrüksiyon için alt kümelerden hangisinin seçileceğini belirlemekte kullanılır.

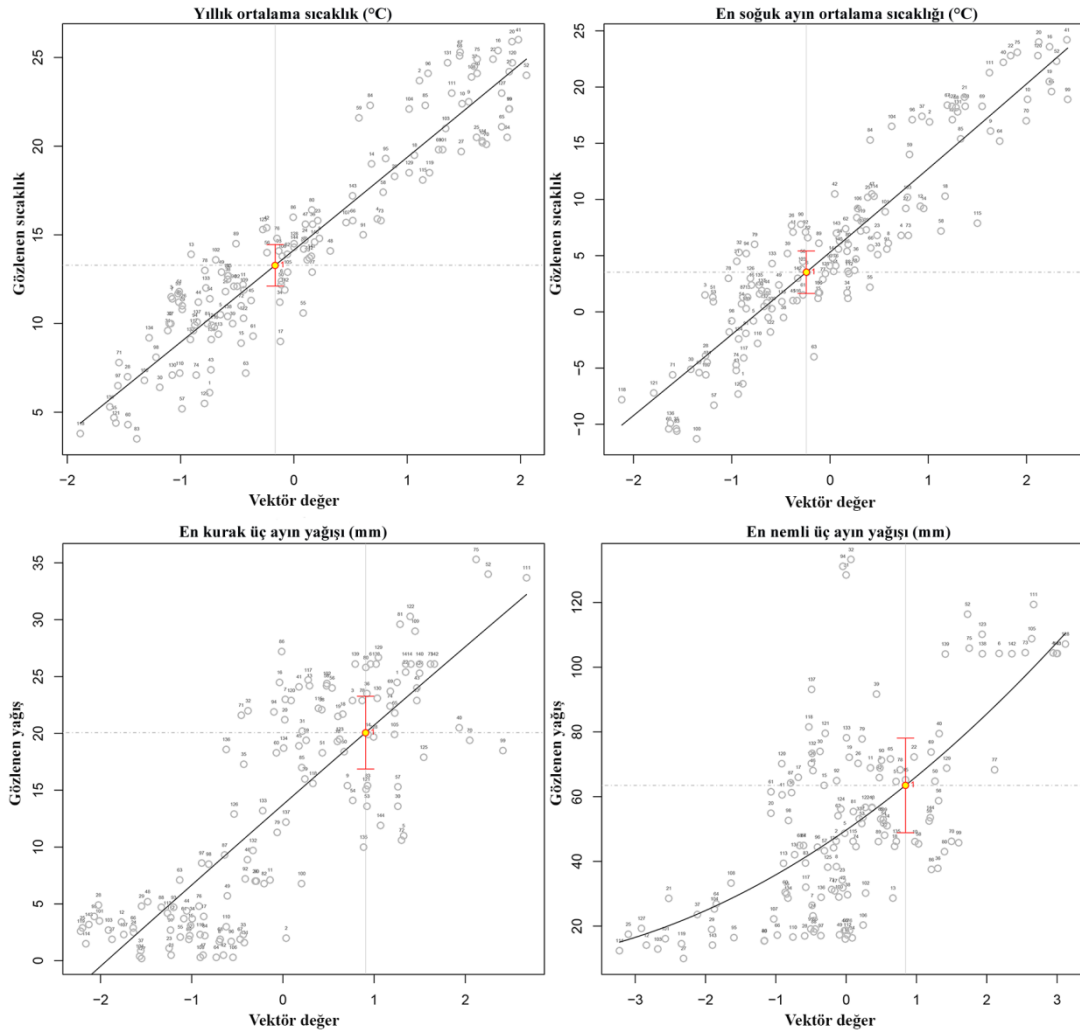
Bu çalışma içinde CLAMP protokolleri (CLAMP, 2019) izlenerek 21 farklı dikotil yaprak türü 31 farklı yaprak özelliğine göre puanlanmış ve sonuç olarak "tunçbilek.CSV" formatında her bir yaprak karakterine karşılık sayısal değerler içeren dosya türü elde edilmiştir. Bu dosyanın PhysgGlobal378 ile ön analizi sonucu, Tunçbilek fosil florası, kuzey yarım kürenin ılıman bölgelerinden 144 modern bitki örtüsü verilerinden oluşturulan veri seti ile benzerlik göstermiş, dolayısıyla rökonstrüksiyon için Physg3brcAZ alt kümesi kullanılmıştır.

### 3. Bulgular

Tunçbilek linyit sahasından tanımlanan 21 morfotipin yaprak fizyonomisi özelliklerine göre 31 karakteristik özelliğin puanlanması sonucunda elde edilen verilerin, topluluk ile en uygun modern floraların bulunduğu Physg3brcaZ veri kümesi ile istatistik analizleri sonucu 11 farklı iklim değişkeninin rökonstrüksiyonu gerçekleştirilmiştir. Geçmiş döneme ait iklimin yorumlanabilmesi için önemli iklim değişkenlerine ait değerler: yıllık ortalama sıcaklık (MAT) (12.1-) 13.3 (-14.5) °C, en sıcak ayın ortalama sıcaklığı (WMMT) (22.5-) 23.8 (-25.1) °C, en soğuk ayın ortalama sıcaklığı (CMMT) (1.6-) 3.5 (-5.4) °C, vejetasyon dönemi (GROWSEAS) (6.9-) 7.6 (-8.3) ay, vejetasyon dönemi yağış (GSP) (940-) 1160 (-1380) mm, en nemli üç ayın yağışı (X3.Wet) (490-) 640 (-790) mm, en kurak üç ayın yağışı (X3.Dry) (170-) 200 (-230) mm (Çizelge 2, Şekil 3) şeklindedir. En nemli üç ay ile en kurak üç ay (X3.Wet/X3.Dry) oranı 2,9 – 3,4 arasında olması ılımlı bir mevsimsellik olduğunu işaret etmektedir.

Çizelge 2. Çalışmada kullanılan iklimsel değişkenler ve rökonstrüksiyondan elde edilen değerler

İklimsel değişken	Kısaltma	Değer
Yıllık ortalama sıcaklık (°C)	MAT	13.3°C (±1.2)
En sıcak ayın ortalama sıcaklığı (°C)	WMMT	23.8°C (±1.3)
En soğuk ayın ortalama sıcaklığı (°C)	CMMT	3.5°C (±1.9)
Vejetasyon dönemi (Ay)	GROWSEAS	7.6 ay (±0.7)
Vejetasyon dönemi yağış miktarı (mm)	GSP	1160 mm (±220)
En nemli 3 ayın yağış miktarı (mm)	X3.WET	640 mm (±150)
En kurak 3 ayın yağış miktarı (mm)	X3.DRY	200 mm (±30)



Şekil 3. Rökonstrüksiyon sonucu elde edilen değerlerden (a) yıllık ortalama sıcaklık (MAT); (b) en soğuk ayın ortalama sıcaklığı (CMMT); (c) en kurak üç ayın yağışı (X3.Dry); (d) en nemli üç ayın yağışı (X3.Wet).

#### 4. Sonuç ve öneriler

Tunçbilek Havzası için CLAMP ile yapılan nicel paleoiklim rekonstrüksiyonunun (MAT: 13.3°C ±1.2; WMAT: 23.8°C ±1.3; CMMT 3.5°C ±1.9; GSP 1160mm ±220) Köppen İklim İşaretleri (Denk vd., 2013) ile ilişkilendirilmesi sonucu erken Miyosen boyunca iklimsel değişkenlere ait sayısal değerler yaz kuraklığının yaşanmadığı, her mevsim yağışlı ve sıcak yazların yaşandığı (Şekil 3) ılıman iklim (Cfa) ile örtülmektedir. Cfa olarak tanımlanan iklim Peel vd., (2007) belirtilen sınıflandırmaya göre: ana iklim (kışları ılıman nemli orta enlem iklim ; C) tipi en sıcak ayın 23.8°C ( $T_{maks} > 10^{\circ}C$ ) ve en soğuk ayın 3.5°C ( $0^{\circ}C < T_{min} < +18^{\circ}C$ ) olması; her mevsim yağış (f), yazları kurak (s) ve kışları kurak (w) alt tiplerini karşılamaması; sıcak yaz (a) ise en sıcak ayın 23.8°C ( $T_{maks} \geq +22^{\circ}C$ ) olması ile belirlenmiştir. Tunçbilek'in güncel ikliminin kışları ılık (MAT:10.8°C), yazları sıcak (Yıllık Yağış: 639 mm) (Csb) (Öztürk vd., 2017, Climate-Data, 2019) ılıman yapısı erken Miyosen boyunca havzanın günümüzden daha sıcak ve yağışlı olduğunu göstermektedir. Özellikle en nemli üç ay (X3WET) ve en kurak üç ayın (X3DRY) birbirine oranı 2,9 – 3,4 değerler arasında olması tropikal (A), muson (Am) [A; ( $T_{min(en\ soğuk\ ayın\ sıcaklığı)} \geq 18^{\circ}$ , Am;  $P_{dry(en\ kurak\ ayın\ yağışı)} \geq 100 - MAP(yıllık\ ortalama\ yağış)/25$ ] veya kurak yaz/kış, ılıman (Cs:  $P_{yazmin} < P_{kışmin}$ ,  $P_{yazmin} < 40\ mm$  ve  $P_{yazmin} < P_{kışmaks}/3$ ; Cw:  $P_{kışmin} (minumun\ kış\ yağışı) < P_{yazmaks}(maksimum\ yaz\ yağışı) /10$ ) (Peel vd., 2007) iklim tiplerini değerlendirme dışında bırakılmaktadır.

Yavuz-Işık vd. (2007) tarafından sayısal sonuçlar içermeyen palinolojik analizlerin yapıldığı ve 7 gymnosperm ve 48 angiosperm polen cinsine ait 55 takson varlığının saptandığı çalışmada erken-orta Miyosen yaşlı olarak belirtilen Seyitömer havzası için yarıtropikal-nemli ılıman bir iklim tanımı ortaya çıkmıştır. Kütahya, Tunçbilek erken Miyosen iklimsel durumu hakkında genel bir fikre sahip olmak için bu araştırmanın sonuçları şimdiye kadar yapılan çalışmalar ile birlikte değerlendirilmiştir. Tunçbilek için alanda Neojen iklim değişkenleri ile ilgili sayısal sonuçlar içeren tek bir rekonstrüksiyon Akkiraz vd. (2012) tarafından Birarada Olma Yaklaşımı (Coexistence Approach, CA) ile yapılmıştır. Akkiraz vd. (2012) tartışmalı erken Miyosen-orta Miyosen (MN 4-8) jeolojik yaşlı Seyitömer havzası ve net olmayan benzer yaşlı Tunçbilek havzasında palinolojik veriler kullanarak CA methodu ile iklimsel değişkenlere ait sayısal değerler elde etmiştir. Analizler sonucu Tunçbilek için yıllık ortalama sıcaklık (MAT) 17–18 °C, en soğuk ayın (CMT) 10–13 °C ve en sıcak ayın (WMT) 27–28 °C, yıllık yağışın (MAP) 1000-1250 mm olduğu yarıtropikal ılıman bir iklim öngörülmüştür. Bu makaledeki termofil polen taksonlarının güncel iklim parametrelerini Palaeoflora (2019; CA methodu için gerekli iklimsel değerlere ulaşılabilen) internet sitesinden tekrar kontrol ettiğimizde (Çizelge 3) iklimsel değerlerin değiştiği söylenebilir. Akkiraz vd. (2012) bu çalışmayı yayınladığında *Engelhardia* için MAT toleransı (MAT<sub>min</sub>) 17.5 °C (Mosbrugger ve Utescher, 1997) olarak alınmaktaydı. Bu değer daha sonra Quan vd. (2012) tarafından 15.6 °C, Utescher vd. (2014) tarafından 15.6 °C, son olarak Palaeoflora (2019) tarafından 13.8 °C olarak değiştirilmiştir (Grimm vd., 2016). Bu sonuçlara dayanarak Tunçbilek havzası için MAT değerlerinin alt sınır olarak artık 17-18 °C değil 13.8 °C olarak güncellendiğini

görmekteyiz. Ortaya çıkan yeni değer ve bu çalışmanın sonuçlarını karşılaştırdığımızda ise birbirine çok yakın 13.3 °C – 13.8 °C (Akkiraz vd., 2012 revize edilmiş sonuç) MAT değerleri olduğu görülmektedir.

Çalışma sonucu alana ait 21 farklı Angiosperm morfoloji tanımlanmış ve rekonstrüksiyon için kullanılmıştır. Bununla birlikte Angiosperm dışındaki alanda 2 farklı gymnosperm taksonuna (*Taxodium* ve *Pinus*) ait makrofosil örnekler de bulunmaktadır. *Taxodium* yaprak, sürgün, erkek çiçek ve kozalaklardan oluşan 32 farklı örnek ile en fazla materyal içeren taksondur. Bu değerler göz önünde bulundurularak alanda *Taxodium* yoğun, subasar bataklık orman yapısı olduğundan bahsedebiliriz. *Taxodium* günümüzde sınırlı bir alanda yayılış gösteren iki tür ile temsil edilmektedir (Yılmaz, 2018). Ancak geçmişte daha fazla tür ile temsil edilmekle birlikte zamansal ve alansal olarak daha geniş yayılış alanları (Friis, 1985; Golovneva, 2000; Akkemik vd., 2009; Velitzelos vd., 2014; Mantzouka vd., 2015; Güner vd., 2017; Denk vd., 2017) bulunmaktadır. Bu sebeple *Taxodium* cinsi ile yaşayan en yakın akrabalarına bağlı bir değerlendirme yapılacak olunursa iklimsel değerler açısından güvenilir sonuçlar ortaya çıkmayabilir. Örneğin Golovneva (2000) yaşayan en yakın akraba ve CLAMP yöntemlerini kullandığı çalışmasında Paleojen dönem boyunca Spitsbergen için iklim tahminleri yapmıştır. Farklı jeolojik dönemler için rekonstrüksiyonların yapıldığı bu çalışmada; erken Paleosen: 12.6 °C MAT, 6.5 °C CMMT; erken Eosen: 9.5 °C MAT, 1.5 °C CMMT, geç Eosen: 8.4 °C MAT, -1 °C CMMT sayısal değerler elde edilmiştir. Taxodiaceae alt familyasına özellikle *Taxodium*, *Glyptostrobus* ve *Metasequoia* cinslerine her dönem yoğun olarak rastlandığı belirtilmektedir. Yapılan bu ve benzer çalışmalar Taxodiaceae alt familyasının zamansal ve coğrafi yayılış alanı ile iklimsel değer aralığının geçmiş dönemlerde günümüzden daha farklı ve geniş olduğuna işaret etmektedir.

Sonuç olarak fosil yataklar bakımından oldukça zengin ve Neojen dönemi için önemli bir bölge olan Türkiye'de iklimsel değişimler ile ilgili sağlam referanslar elde etmek için makro ve mikrofosiller ile ilgili çalışmaların sayısının artması gerekmektedir. Bu sayede zamansal ve alansal boşluklar doldurularak Anadolu için Miyosen ve Pliyosen dönemlere ait daha fazla iklimsel rekonstrüksiyon yapılabilecektir.

Çizelge 3. Akkiraz vd. (2012) teşhis edilen termofil taksonların Palaeoflora (2019) internet sitesindeki güncel iklimsel (MAT) değerleri

Takson	MAT aralığı (°C)
<i>Castanopsis</i> sp.	6.9 – 27.9
<i>Engelhardia</i> sp.	13.8 – 27
<i>Cyrilla</i> sp.	13.6 – 23.9
<i>Clethra</i> sp.	7.4 – 27.7
<i>Trachycarpus</i> sp.	12.8 – 25.5
<i>Cycas</i> sp.	13 – 28.5

## Açıklama

Bu çalışma sırasında yazar TÜBİTAK 2219-Yurt Dışı Doktora Sonrası Araştırma Burs Programı (2017/2), 1059B191700382 no'lu burs ile desteklenmiştir. Arazi çalışmaları için gerekli izinlerin verilmesi ve çalışma boyunca katkılarından dolayı TKİ Garp Linyitleri İşletmesi Müdürlüğüne ve çalışanlarına, fosil örneklerin toplanmasında yardımcı olan Doç. Dr. Thomas DENK'e, makalenin yazım aşamasındaki katkılarından dolayı Fikret GÖKTAŞ'a ayrıca örneklerin İSTO Herbariyumu koleksiyonuna kayıt edilmesine yardımcı olan Hakan ÇELİK'e teşekkür ederim.

## Kaynaklar

- Akgün, F., Kayseri, M.S., Akkiraz, M.S., 2007. Paleoclimatic evolution and vegetational changes during the Late Oligocene–Miocene period in Western and Central Anatolia (Turkey). *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology*, 253: 56–90.
- Akkemik, Ü., Türkoğlu, N., Poole, I., Çiçek, I., Köse, N., Gürgen, G., 2009. Woods of a Miocene petrified Forest near Ankara, Turkey. *Turk. J. Agric. For.*, 33: 89–97.
- Akkiraz, M.S., Akgün, F., Utescher, T., Wilde, W., Bruch, A.A., Mosbrugger, V., 2012. Palaeoflora and climate of lignite-bearing lower–middle miocene sediments in the Seyitömer and Tunçbilek subbasins, Kütahya province, Northwest Turkey. *Turk J Earth Sci.*, 21:213–235.
- Arni, P., 1942. Das Braunkohlenbecken von Tavşanlı. Unveröffentlicht, M. T. A. Bericht, Ankara.
- Arslan, R., 1979. Kütahya-Tunçbilek sahasındaki sondaj örneklerinin palinoloji incelemesi. *Türkiye Jeoloji Bülteni*, 22: 135–140.
- Bailey, I.W., Sinnott, E.W., 1915. A botanical index of Cretaceous and Tertiary climates. *Science*, 41: 831–834.
- Bailey, I.W., Sinnott, E.W., 1916. The climatic distribution of certain types of angiosperm leaves. *American Journal of Botany*, 3: 24–39.
- Baş, H., 1986. Domaniç-Tavşanlı-Kütahya-Gediz yöresinin Tersiyer Jeolojisi [Tertiary geology of the Domaniç-Tavşanlı-Kütahya-Gediz region]. *Geol Eng Turk*, 17:11–18.
- Bouchal, J.M., Güner, H.T., Denk, T., 2018. Middle Miocene climate of southwestern Anatolia from multiple botanical proxies. *Climate of the Past*, 14: 1427–1440, <https://doi.org/10.5194/cp-14-1427-2018>.
- CLAMP, 2019. Climate Leaf Analysis Multivariate Program, [http://clamp.ibcas.ac.cn/CLAMP\\_Home.html](http://clamp.ibcas.ac.cn/CLAMP_Home.html), Erişim: 15.01.2019.
- Climate-Data, 2019. Climate-Data.org, Dünya geneli şehirlerde iklim verileri, Oedheim, <https://tr.climate-data.org/asya/tuerkiye/kuetahya/tuncbilek-537964/>, Erişim: 15.01.2019.
- Çelik, Y., 1999. Domaniç (Kütahya) Neojen Havzasının Sedimentolojisi ve Kömür Potansiyeli. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Denk, T., Grimm, G.W., Grímsson, F., Zetter, R., 2013. Evidence from “Köppen signatures” of fossil plant assemblages for effective heat transport of Gulf Stream to subarctic North Atlantic during Miocene cooling. *Biogeosciences*, 10: 7927–7942, <https://doi.org/10.5194/bg-10-7927-2013>.
- Denk, T., Güner, H.T., Kvaček, Z., Bouchal, J.M., 2017. The early Miocene flora of Güvem (Central Anatolia, Turkey): a window into early Neogene vegetation and environments in the Eastern Mediterranean. *Acta Palaeobotanica*, 57(2): 237–338.
- Friis, E.M., 1985. Angiosperm fruits and seeds from the Middle Miocene of Jutland (Denmark). *Biologiske Skrifter, Det Kongelige Danske Videnskabernes Selskab*, 24: 1–165.
- Gemici, Y., Akyol, E., Akgün, F., Seçmen, Ö., 1991. Soma kömür havzası fosil makro ve mikroflorası. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi*, 11: 161–178.
- Golovneva, L.B., 2000. Palaeogene climates of Spitsbergen, *GFF*, 122: 62–63.
- Gökmen, V., Memikoğlu, O., Dağlı, M., Öz, D., Tuncalı, E., 1993. Türkiye Linyit Envanteri, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- Grimm, G. W., Bouchal, J. M., Denk, T., Potts, A., 2016. Fables and foibles: A critical analysis of the Palaeoflora database and the Coexistence Approach for palaeoclimate reconstruction. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 233: 216–235.
- Güner, H. T., Bouchal, J. M., Köse, N., Göktaş, F., Mayda, S., Denk, T., 2017. Landscape heterogeneity in the Yatağan Basin (southwestern Turkey) during the middle Miocene inferred from plant macrofossils. *Palaeontogr. B*, 296: 113–171.
- Helvacı, C., Ersoy, E.Y., Billor, M.Z., 2017. Stratigraphy and Ar/Ar geochronology of the Miocene lignite bearing Tunçbilek Domaniç Basin, western Anatolia. *Int J Earth Sci (Geol Rundsch)*, 106: 1797–1814.
- Jacques, F.M.B., Su, T., Spicer, R.A., Xing, Y., Huang, Y., Wang, W., Zhou, Z., 2011. Leaf physiognomy and climate: Are monsoon systems different? *Global and Planetary Change*, 76: 56–62.
- Kayseri, M.S., 2010. Oligo-Miocene palynology, palaeobotany, vertebrate, marine faunas, palaeoclimatology and palaeovegetation of the Ören basin (North of the Gökova Gulf), Western Anatolia. PhD thesis, Dokuz Eylül University, İzmir.
- Kovach, W.L., Spicer, R.A., 1996. Canonical correspondence analysis of leaf physiognomy: a contribution to the development of a new palaeoclimatological tool. *Palaeoclimates*, 1: 125–173.
- Mantzouka, D., Kvaček, Z., Teodoridis, V., Utescher, T., Tsaparas, N., Karakitsios, V., 2015. A new late Miocene (Tortonian) flora from Gavdos Island in southernmost Greece evaluated in the context of vegetation and climate in the Eastern Mediterranean. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie - Abhandlungen Band*, 275 (1): 47–81.
- Mädler, K., Steffens, P., 1979. Neue Blattfloren aus dem Oligozän, Neogen und Pleistozän der Türkei. *Geol. Jahrb.*, 33: 3–33.
- Mosbrugger, V., Utescher, T., 1997. The coexistence approach - a method for quantitative reconstructions of Tertiary terrestrial palaeoclimate data using plant fossils. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 134: 61–86.
- Nebert, K., 1960. Tavşanlı'nın batı ve kuzeyindeki linyit ihtiva eden Neojen sahasının mukayeseli stratigrafisi ve tektoniği [Stratigraphy and tectonics of the lignite-bearing Neogene field in the west and north of Tavşanlı]. *Bull. Miner. Res. Explor. Turk.*, 54:7–35.
- Nebert, K., 1962. Serpantin kitleleri arasında sıkışmış bir Neojen blokuna misal olmak üzere Alabarda (Tavşanlı) linyit bölgesi. *M.T.A. Dergisi*, 58: 31–37.
- Öztürk, M.Z., Çetinkaya, G., Aydın, S., 2017. Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre Türkiye'nin iklim tipleri. *Cografya Dergisi*, 35: 17–27.
- Palaeoflora, 2019. Data base for palaeoclimate reconstructions using the Coexistence Approach, <http://www.palaeoflora.de/>, Erişim: 15.01.2019.
- Peel, M.C., Finlayson, B.L., McMahon, T.A., 2007. Updated world map of the Köppen-Geiger climate classification. *Hydrology And Earth System Sciences Discussions*, 4(2): 439–447.
- Quan, C., Liu, Y.-S.C., Utescher, T., 2012. Eocene monsoon prevalence over China: A paleobotanical perspective. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 365–366: 302–311.
- Spicer, R.A., 2000. Leaf physiognomy and climate change. In: Culver, S.J., Rawson, P. (Eds.), *Biotic Response to Global Change: The Last 145 Million Years*, Cambridge University Press, Cambridge, pp. 244–264.
- Spicer, R.A., 2007. Recent and future developments of CLAMP: building on the legacy of Jack A. Wolfe. *CFS, Cour. Forsch.inst. Senckenb.*, 258: 109–118.

- Spicer, R.A., 2008. Frontiers in palaeobotany: plant fossils and their role in predicting future climate change. *The Palaeobotanist*, 57: 415-427.
- Spicer, R.A., Herman, A.B., Kennedy, E.M., 2004. The foliar physiognomic record of climatic conditions during dormancy: CLAMP and the cold month mean temperature. *J. Geol.*, 112: 685-702.
- Spicer, R.A., Herman, A.B., Kennedy, E.M., 2005. The sensitivity of CLAMP to taphonomic loss of foliar physiognomic characters. *Palaios*, 20: 429-438.
- Spicer, R.A., Valdes, P.J., Spicer, T.E.V., Craggs, H.J., Srivastava, G., Mehrotra, R.C., Yang, J., 2009. New developments in CLAMP: calibration using global gridded meteorological data. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 283: 91-98.
- ter Braak, C.J.F., 1986. Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, 67: 1167-1179.
- TKİ, 2012. Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu 2012 yılı faaliyet raporu, Ankara, [http://www.tki.gov.tr/depo/2017/2012\\_yillikfaaliyetraporu.pdf](http://www.tki.gov.tr/depo/2017/2012_yillikfaaliyetraporu.pdf), Erişim: 15.01.2019.
- Türkmenoğlu, A.G., Yavuz-Işık, N., 2008. Mineralogy, chemistry and potential utilization of clays from coal deposits in the Kütahya province, Western Turkey. *Applied Clay Science*, 42: 63-73.
- Utescher, T., Bruch, A.A., Erdei, B., François, I., Ivanov, D., Jacques, F.M.B., Kern, A.K., Liu, Y.S.C., Mosbrugger, V., Spicer, R.A., 2014. The Coexistence Approach-Theoretical background and practical considerations of using plant fossils for climate quantification. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 410: 58-73.
- Velitzelos, D., Bouchal, J.M., Denk, T., 2014. Review of the Cenozoic floras and vegetation of Greece. *Rev. Palaeobot. Palynol.*, 204: 56-117.
- Wilf, P., 1997. When are leaves good thermometers? A new case for leaf margin analysis. *Paleobiology*, 23: 373-390.
- Wolfe, J. A., 1979. Temperature parameters of the humid to mesic forests of eastern Asia and their relation to forests of other regions of the Northern Hemisphere and Australasia. United States Geological Survey Professional Paper, 1106: 1-37.
- Wolfe, J. A., 1993. A method of obtaining climatic parameters from leaf assemblages. United States Geological Survey Bulletin, 2040: 1-71.
- Wolfe, J.A., Spicer, R.A., 1999. Fossil leaf character states: multivariate analysis. In: Jones, T.P., Rowe, N.P. (Eds.), *Fossil Plants and Spores: Modern Techniques*. Geological Society, London, s. 233-239.
- Yang, J., Wang, Y.F., Spicer, R.A., Mosbrugger, V., Li, C.S., Sun, Q.G., 2007. Climatic reconstruction at the Miocene Shanwang basin, China, using leaf margin analysis, CLAMP, coexistence approach, and overlapping distribution analysis. *American Journal of Botany*, 94: 599-608.
- Yang, J., Spicer, R.A., Spicer, T.E.V., Li, C.S., 2011. 'CLAMP Online': a new web-based palaeoclimate tool and its application to the terrestrial Paleogene and Neogene of North America. *Palaeobiodivers. Palaeoenviro*, 91: 163-183.
- Yavuz-Işık, N., 2007. Pollen analysis of coal-bearing Miocene sedimentary rocks from the Seyitömer Basin (Kütahya), Western Anatolia. *Geobios*, 40: 701-708.
- Yılmaz, H., 2018. *Taxodium* Rich. (Ed. Ü. Akkemik) Türkiye'nin Doğal-Egzotik Ağaç ve Çalıkları. Orman Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.