

## İklim değişimi senaryoları ve tür dağılım modeline göre kentsel yol ağaçlarının ekosistem hizmetleri bağlamında değerlendirilmesi: *Robinia pseudoacacia* L. örneği

E. Seda Arslan<sup>a,\*</sup> 

**Özet:** Ulaşımın temel işlevlerine göre hareket, erişim ve yaşamın bir parçası olan yolların çevresinde dinamik, ekolojik ve estetik özellikleri ile yer alan ağaçlar kentsel yeşil alanların önemli bileşenleri arasındadır. Bu alanların fonksiyonları ve estetik özellikleri planlama ve tasarımda kullanılan bitkilerin formları, dokuları ve estetik fonksiyonları ile doğru orantılı olarak şekillenmektedir. Kentsel yol ağaçlandırma çalışmalarında bitkilerin ya da kullanılan canlı materyalin estetik ve fonksiyonel özelliklerinin yanı sıra ekolojik özellikleri ve yetiştirme koşulları ile de ele alınması bu çalışmaların sürdürülebilirliği bağlamında gereklidir. Öyle ki kentlerde artan sera gazı emisyonları sonucunda küresel ısınma, öncelikle yaşadığımız çevre, sonrasında ise tüm dünya için tehdit oluşturmaktadır. Küresel ısınmanın bir sonucu olarak iklim değişimi bugün dünya üzerindeki tüm canlıları etkilemekte ve doğanın dengesini değiştirmektedir. Doğanın dengesinin bozulması, içindeki tüm canlı unsurların değişim ve dönüşümünü ifade ederken insan refahı, ekosistem hizmetleri ve biyoçeşitlilik bağlamında da ciddi kayıplar anlamına gelmektedir. Çalışmanın amacı, ülkemizde kentsel yol ağaçlandırmaları çalışmalarında yaygın olarak kullanılan *Robinia pseudoacacia* L.'nin iklim değişimi sonucunda yayılış alanlarındaki değişimin tür dağılım modeli ile tespit edilmesi ve ekosistem hizmetleri bağlamında değerlendirilmesidir. Tür dağılım modelini temel alan MaxEnt 3.4.1 programı kullanılarak türe ait Türkiye'deki mevcut yayılış alanları ve iklim değişimine bağlı olarak geliştirilen senaryolara göre gelecek projeksiyonu kentler ve coğrafik bölgeler bazında tespit edilmiştir. Sonuç olarak; kentsel yol ağaçlarının yayılış alanlarındaki değişim biyoçeşitlilik ve kentsel ekosistem hizmetleri bağlamında tartışılmıştır.

**Anahtar kelimeler:** İklim değişimi, Ekosistem hizmetleri, Kentsel yol ağaçları, *Robinia pseudoacacia* L.

## Evaluation of urban road trees in terms of ecosystem services according to climate change scenarios and species distribution model: The case of *Robinia pseudoacacia* L.

**Abstract:** Trees with dynamic, ecological and aesthetic characteristics around the roads, which are a part of movement, access and life according to the basic functions of transportation, are among the crucial components of urban green spaces. The functions and aesthetic properties of these spaces are shaped by the forms, patterns and aesthetic functions of the plants used in planning and design. In the urban road planting, the aesthetic and functional properties of plants or the living materials used, are necessary in the context of the sustainability as well as their ecological characteristics and growing conditions. On account of increasing greenhouse gas emissions in cities, global warming poses a threat to the environment we live in and then to the whole world. As a result of global warming, climate change today affects all living things on earth and changes the balance of nature. Deterioration of nature while expressing the change and transformation of all living elements it also means losing human wellbeing in the context of ecosystem services and biodiversity. The aim of the study is to determine the changes in the distribution areas of *Robinia pseudoacacia* L., which is widely used in the urban road planting in terms of ecosystem services in Turkey. Using the MaxEnt 3.4.1 program based on the species distribution model, the current distribution areas of the species and the future projections based on climate change were determined on the basis of cities and geographic regions. As a result; changes in the distribution of urban road trees were discussed in the context of biodiversity and urban ecosystem services.

**Keywords:** Climate change, Ecosystem services, Urban road trees, *Robinia pseudoacacia* L.

### 1. Giriş

Kent ağaçları insan refahı için doğrudan fayda sağlayan doğal ekosistemin parçalarıdır. Fiziksel ve ekonomik olarak sınıflandırılabilen (Phillips, 2011) faydalardan bazıları insan yaşamı için hayati önem taşıyan bileşenleri içermektedir. Bu

yararlar literatürde fiziksel ve ekonomik yararlar konusunda çalışan araştırmacılar tarafından temel atmosferik sera gazı olan karbondioksitin depolanması, hava kirleticilerin emilimi, yağmur suyunda azalma ve gölgeleme ile enerji tasarrufu gibi düzenleyici ekosistem hizmetleri ile ilişkili olarak ele alınırken, sosyal, kültürel ve estetik faydaları

✉ <sup>a</sup> Süleyman Demirel Üniversitesi Mimarlık Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Isparta

@ <sup>\*</sup> **Corresponding author** (İletişim yazarı): esedaarslan@gmail.com

✓ **Received** (Geliş tarihi): 02.05.2019, **Accepted** (Kabul tarihi): 25.06.2019



**Citation** (Atıf): Arslan, E.S., 2019. İklim değişimi senaryoları ve tür dağılım modeline göre kentsel yol ağaçlarının ekosistem hizmetleri bağlamında değerlendirilmesi: *Robinia pseudoacacia* L. örneği. Turkish Journal of Forestry, 20(2): 142-148.  
DOI: [10.18182/tjf.559883](https://doi.org/10.18182/tjf.559883)

konu alan araştırmalarda ise stresi azaltma gibi psikolojik faydaların yanı sıra rekreasyonel faydaları ile de ele alınmaktadır (Manes ve Salvatori, 2014; Kim ve Coseo, 2018; Livesley vd., 2016).

Doğada oksijen sağlama özellikleri ile yaşam destek bileşeni olan ağaclar kentsel yaşamın sürdürülebilir olmasında da oldukça etkin rollere sahiptir (Dirik vd., 2014). Ayrıca ekolojik, psikolojik, işlevsel ve estetik olmaları gibi çok yönlü yararları ile (Dirik vd., 2014) kentler için oldukça önemlidir. Yetişmeleri ve sağlıklı olmaları toprak, ışık, su ve besin gibi çok sayıda değişkene bağı olan bitkiler bu değişkenlerin yanı sıra iklimsel faktörlerden de doğrudan etkilenirler. Dolayısıyla küresel iklim değişikliği bitkilerin yetişmesi ve dağılım alanlarının şekillenmesinde son derece önemli bir rol oynamaktadır.

Atmosferdeki sera gazlarının oranı, 1750'li yıllarda başlayan sanayi devrimi sonrasında artmaya başlamış, karbondioksit oranı %40'luk bir artış göstererek 280 ppm'den 394 ppm'e ulaşmıştır. İklim değişikliği olarak adlandırılan bu durum yalnızca sıcaklık artışı olarak değil, kuraklık, seller, şiddetli kasırgalar gibi aşırı hava olaylarının sıklığı ve etkisinde artış, okyanus ve deniz suyu seviyelerinde yükselme, okyanusların asit oranlarında artış, buzulların erimesi gibi etkenler ile de karşımıza çıkmaktadır (WWF, 2019).

Küresel iklim değişiminden insan toplulukları, ekosistemler ve hayvanların yanı sıra bitkiler de ciddi şekilde etkilenir. İklim değişikliğinin etkisi ile bitkilerin yayılış alanları değişir ve farklı coğrafyalarda ortaya çıkabilirler. Küresel iklim değişiminin en belirgin etkileri kuşkusuz sera gazı salınımının en yüksek oranda olduğu kentlerde hissedilmektedir. Bu durumdan kentsel doğal ekosistemlerin bir parçası olan ağacların olumsuz etkilenmesi ekosistemlerin yapısının değişmesine hatta parçalanarak sağladığı birbirinden farklı ekosistem hizmetlerinin kentsel peyzajlardan kaybına yol açabilir. Buna göre çalışmada örnek olarak *Robinia pseudoacacia* L. türüne bağı değişimler örneklenmiştir.

*Robinia pseudoacacia* L. Kuzey Amerika'ya (Amerika Birleşik Devletleri'nin güneydoğu kesimleri) özgü bir ağaç olmakla birlikte uzun süredir dünya çapında yaygın olarak yetiştirilmektedir (Cierjacks vd., 2013). Birçok Avrupa ülkesinde süs bitkisi ve orman ağacı olarak yetiştirilir. Ülkemiz için doğallaşmış bir tür olup istilacıdır. Yol kenarlarında, okul bahçelerinde, tren istasyonlarında, köy ağaçlandırmalarında yaygın olarak kullanılmıştır. 25 m'ye kadar boylanabilen bir ağaçtır.

Küresel Biyoçeşitlilik Bilgi Tesisinden veriler ve Çin Sanal Herbaryumu veri tabanları, *Robinia pseudoacacia* L.'nin Kuzey Amerika, Avrupa, Doğu Asya ve Avustralya'yı kapsayan yaklaşık 35 ülkede doğallaştığını göstermektedir (Li vd., 2014).

*Robinia pseudoacacia* L., ekonomik ve ekolojik değeri yüksek bir ağaç türüdür, ancak aynı zamanda oldukça istilacı olduğu düşünülmektedir (Li vd. 2014).

Ekosistem hizmeti sağlama potansiyeli açısından *Robinia pseudoacacia* L. çok iyi bir azot sabitleme kabiliyetine ve iyi gelişmiş bir kök sistemine sahip olduğundan, topraktaki besin durumunu iyileştirebilir özelliklere sahiptir. Bu özelliği *Robinia pseudoacacia* L.'yi rüzgar perdesi olma, erozyon kontrolü ve rahatsız edici alanların ıslahı için önemli bir ekolojik öncü tür yapmaktadır (Bridgen, 1992; Gupta, 1993; Li vd., 2014).

Bu bağlamda türün kentsel alanlarda yol ağaçlandırmaları kapsamında kullanılması ile kentlerde düzenleyici ekosistem hizmetleri sağlanırken ayrıca rekreasyonel ve estetik olarak sağladığı faydalar ile de kültürel ekosistem hizmetlerini de sağladığını söylemek mümkündür.

### 1.1. İklim değişimi

Sera gazı emisyonlarının yol açtığı küresel ısınma ve iklim değişikliği günümüzde küresel gündemin başında yer almaktadır (IPCC, 2014). IPCC (Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli) (2013)'ye göre, küresel ortalama sıcaklık 1880-2012 yılları arasında 0.85 °C artmıştır.

İklim değişikliği ve gelecekteki etkileri konusunda düzenli değerlendirmeler yapan IPCC uluslararası düzeyde küresel iklim değişimi konusunda hazırladığı raporları dünya kamuoyu ile paylaşmaktadır. 1988 yılında Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) ve Birleşmiş Milletler Çevre Programı (UNEP) tarafından oluşturulan IPCC'nin amacı, her seviyedeki hükümetlere iklim politikalarını geliştirmek için kullanabilecekleri bilimsel bilgiler sağlamaktır. IPCC raporları ayrıca uluslararası iklim değişikliği müzakerelerine önemli bir girdi sağlamaktadır (IPCC, 2019).

IPCC 1992 yılında yayınladığı raporda bazı gazların, iklim değişikliği konusunda diğerlerinden potansiyel olarak daha etkili olduğunu ve göreceli etkililikleri tahmin edilebilir olduğunu belirterek karbondioksitin, geçmişteki sera gazı etkisinin yarısından fazlasından sorumlu olduğuna ve gelecekte böyle kalmasının muhtemel olduğuna dikkat çekmektedir (IPCC, 1992).

2015 yılında Paris'te anlamlı bir evrensel iklim anlaşması için politik ivmeyi arttırmayı ve emisyonları azaltmak ve iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı dayanıklılığı arttırmak için tüm ülkelerde dönüştürücü eylemi teşvik etmeyi amaçlayan 2014 İklim Zirvesinde ise insanlığın hiçbir zaman iklim değişikliğinden daha büyük bir sorunla karşılaşmadığı ifade edilmiştir (Ng ve Ren, 2018).

Teorik çalışmalar, arazi ölçümleri ve uzun yılları kapsayan uydu verileri, kentlerin maruz kaldığı iklim değişikliklerini ortaya koymaktadır. Ayrıca bu durumu tetikleyen parametreleri de araştıran çok sayıda çalışma bulunmaktadır. İlgili çalışmalarda kentsel büyüme, nüfus artışı ve vejetasyon kaybı bu durumu tetikleyen en önemli etkenler arasında gösterilmektedir (Kuşçu Şimşek ve Ödül, 2019).

Buna göre bu çalışmanın amacı kentsel vejetasyon örtüsünün önemli bir bölümünü oluşturan kentsel yol ağaclarının küresel iklim değişimi senaryoları karşısındaki durumunu *Robinia pseudoacacia* L. örneğinde ortaya koymak ve kentsel yol ağaclarının sürdürülebilir kullanımına yönelik olarak gelecekteki yayılış alanlarının tespit etmek ve modellemektir. Bu kapsamda Türkiye'deki 81 il merkezinin her birindeki potansiyel dağılım alanları 2050 ve 2070 iklim değişimi projeksiyonuna göre belirlenecek ve kentsel ekosistem hizmetleri ile ilişkilendirilecektir.

## 2. Materyal ve metod

### 2.1. Materyal

Çalışma materyali alana uyum sağlaması, hızlı büyümesi ve toprağı ıslah edici nitelikte olması gibi özellikleri ile kentsel alanlarda yol ağaçlandırmaları için sıklıkla tercih edilen *Robinia pseudoacacia* L.'dir.

### 2.2. Yöntem

*Robinia pseudoacacia* L.'nin küresel iklim değişikliği karşısında gelecekteki yayılış alanlarının belirlenmesi amacıyla çalışmada yöntem olarak tür dağılım modeli kullanılmıştır. Bu kapsamda tür dağılım modelini esas alan MaxEnt 3.4.1 versiyonu ile küresel iklim değişikliğine bağlı olarak *Robinia pseudoacacia* L.'nin dağılım alanları için 2050 (2041-2060 ortalaması) ve 2070 (2061-2080 ortalaması) yılları periyodunda maksimum entropi modelleri üretilmiştir.

Tür dağılım modeli birincil verinin yanında iklim değişikliği parametreleri de kullanılmaktadır. Bu parametreler çevresel değişkenler olarak adlandırılmakta ve IPCC 2014 raporu temel alınarak oluşturulmaktadır. Çalışma kapsamında gerekli sıcaklık, yağış ve mevsimsel değişimleri yansıtan 19 ekocoğrafik iklim değişkeni kullanılmıştır.

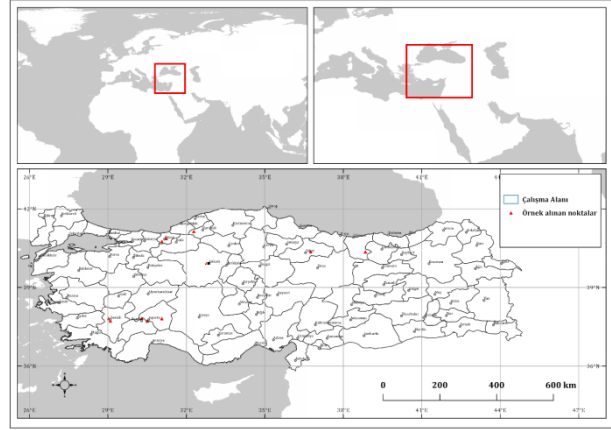
Çizelge 1'de IPCC 2014 raporu temel alınarak hazırlanmış CCSM4 (The Community Climate System Model) 2050 ve 2070 yılı RCP (Representative Concentration Pathway) 4.5 ve RCP 8.5 iklim senaryosu kullanılarak oluşturulmuş 19 iklimsel değişken görülmektedir. Tüm RCP'lerde, küresel ortalama sıcaklığın 21. yüzyılın sonlarında 0.3 ila 4.8 ° C yükseleceği öngörülmektedir.

CCSM, dünyanın iklim sistemini simüle etmek için kullanılan bir iklim modelidir. Dünyanın atmosferini, okyanus, kara yüzeyini ve deniz buzullarını eşzamanlı olarak simüle eden dört ayrı modelden oluşan CCSM, araştırmacıların dünyanın geçmiş, şimdiki ve gelecekteki iklim durumları hakkında temel araştırmalar yapmalarına izin vermektedir (CESM, 2019).

Çalışma kapsamında seçilen örnek noktalar (birincil veriler) Orman Genel Müdürlüğü BIYOD veri tabanından elde edilen verileri ile Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü tarafından özellikle erozyon kontrolü amacıyla dikimle tesis edilen meşcerelerdir (Şekil 1; Çizelge 2).

Çizelge 1. Çevresel değişkenler (WorldClim, 2019)

Değişkenler
bio_01 = Yıllık ortalama sıcaklık
bio_02 = Sıcaklık değişim aralığı (aylık ortalama (max sıcaklık - min sıcaklık))
bio_03 = İzotermalite (BIO2/BIO7) (*100)
bio_04 = Mevsimsel sıcaklık (standard sapma *100)
bio_05 = En sıcak ayın maksimum sıcaklığı
bio_06 = En soğuk ayın maksimum sıcaklığı
bio_07 = Yıllık sıcaklık oranı (BIO5-BIO6)
bio_08 = En nemli çeyreğin ortalama sıcaklığı
bio_09 = En kurak çeyreğin ortalama sıcaklığı
bio_10 = En sıcak çeyreğin ortalama sıcaklığı
bio_11 = En soğuk çeyreğin ortalama sıcaklığı
bio_12 = Yıllık yağış
bio_13 = En nemli aydaki yağış miktarı
bio_14 = En kurak aydaki yağış miktarı
bio_15 = Mevsimsel yağış miktarı (Değişim katsayısı)
bio_16 = En nemli çeyreğin yağış miktarı
bio_17 = En kurak çeyreğin yağış miktarı
bio_18 = En sıcak çeyreğin yağış miktarı
bio_19 = En soğuk çeyreğin yağış miktarı



Şekil 1. Çalışma alanı ve örnek noktalar

Çizelge 2. Çalışma kapsamında seçilen örnek noktalar ve özellikleri

Örnek alan	Enlem	Boylam	İl	İlçe	Yükseklik (m)	Yağış (mm)	Sıcaklık (°C)	Rüzgâr (m/s)
1	40° 21' 52"	36° 45' 9"	Tokat	Merkez	999	40.58	10.03	1.83
2	39° 55' 56"	32° 46' 41"	Ankara	Yenimahalle	834	32.08	11.35	2.08
3	40° 52' 17"	31° 13' 47"	Düzce	Merkez	258	68.00	13.14	2.01
4	40° 45' 19"	31° 3' 56"	Düzce	Gölyaka	126	67.00	12.71	1.80
5	37° 48' 47"	29° 1' 36"	Denizli	Merkez	465	49.42	15.78	1.98
6	37° 43' 36"	29° 5' 47"	Denizli	Bünyan	755	50.92	13.84	2.08
7	40° 21' 32"	38° 50' 28"	Giresun	Alucra	1685	47.33	6.72	1.93
8	37° 48' 41"	31° 3' 38"	İsparta	Eğirdir	1364	50.33	10.23	2.17
9	37° 49' 21"	30° 17' 51"	Burdur	Merkez	941	41.92	12.29	1.98
10	41° 8' 15"	32° 17' 4"	Karabük	Yenice	415	56.50	11.78	1.83
11	37° 43' 10"	30° 30' 1"	Burdur	Ağlasun	1439	47.58	10.12	2.19

Çalışmada tür dağılım modelinin uygulanabilmesi için Coğrafi Bilgi Sistemleri tabanlı QGIS 3.6 ve ArcGIS 10.6 programlarından yararlanılmıştır. ArcGIS programında mevcut iklimsel verilere ait dönüştürme işlemleri uygulanarak MaxEnt için asc formatındaki veri elde edilmiştir. MaxEnt modelleme prosedürü olarak 'auto features' özelliği kullanılmıştır. Sonuçta MaxEnt programından elde edilen çıktılar QGIS 3.6 programında pafta (çıkıtı) haline dönüştürülmüştür.

Çalışma kapsamında ayrıca MaxEnt modelleme programında çevresel değişkenlerin etkilerini ölçmeye sağlayan Jackknife seçeneği kullanılmıştır. Bu seçenek her bir bağımsız değişkenin modelin oluşturulmasındaki önem derecelerini belirlemeye olanak tanımaktadır. Daha açık bir deyişle Jackknife yaklaşımı modellere karşılık gelen kazanımları 3 farklı şekilde hesaplar:

- i) Tüm değişkenlerle birlikte (with all variables)
- ii) Tek bir değişkenle birlikte (with only variable) ve
- iii) Değişkenler olmaksızın (without variable)

Buna göre *Robinia pseudoacacia* L. için jackknife seçeneği işaretlenerek kazanım tablosu (Jackknife of regularized training gain) oluşturulmuştur.

### 3. Bulgular ve tartışma

*Robinia pseudoacacia* L.'nin iklim değişikliğine bağlı olarak gelecekteki yayılış alanlarının belirlendiği ve kentsel ekosistem hizmetleri kapsamında değerlendirildiği bu çalışmada oluşturulan MaxEnt modellerinin performansı incelenmiştir.

Bir MaxEnt modelinin performansı ROC (Receiver Operating Characteristic) analizleri ile test edilebilmektedir. Sonuçta elde edilen AUC (Area Under the ROC Curve), doğru ayarlanmış bir modelde rastgele seçilen grid hücrelerinin varlığının tahmini olasılığı olarak yorumlanabilir. AUC tüm olası eşiklerle modelin başarısını tanımlamaktadır. AUC test değeri 1'e ne kadar yakınsa

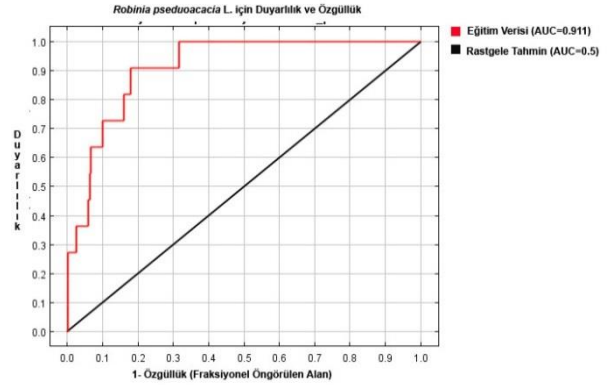
ayrım o kadar iyi, model hassas ve tanımlayıcıdır (Oliveria vd., 2010).

Çalışma kapsamında elde edilen ROC eğrisindeki 0.911 AUC değeri modelin hassaslığını kanıtlamaktadır (Şekil 2).

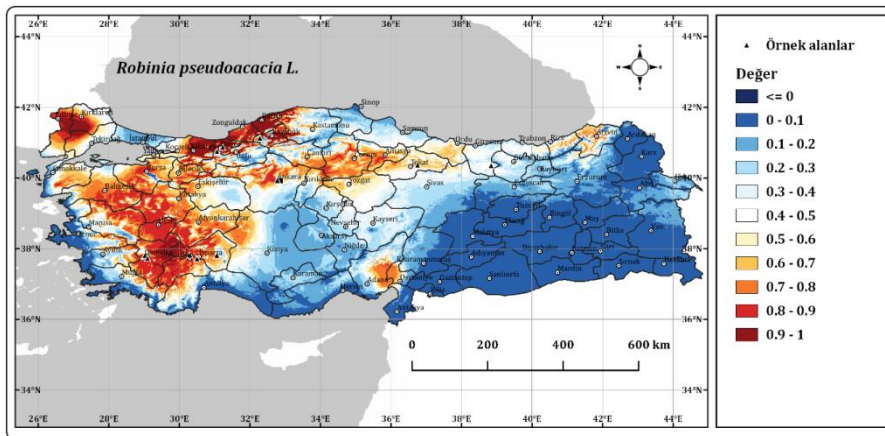
Buna göre; *Robinia pseudoacacia* L.'nin mevcuttaki yayılış alanları Şekil 3'te iklim değişikliğine bağlı olarak gelecekteki yayılış alanları 2050 ve 2070 yılları periyodunda RCP 4.5 'e göre Şekil 4 ve RCP 8.5'e göre Şekil 5'de gösterilmektedir.

Modellerde sıcak renkler, türün mevcutta bulunduğu bölgeleri ve gelecekte öngörülen yayılış alanlarını ifade eder. Siyah üçgenler, modelin oluşturulması için kullanılan varlık verilerini (birincil veriyi) gösterir.

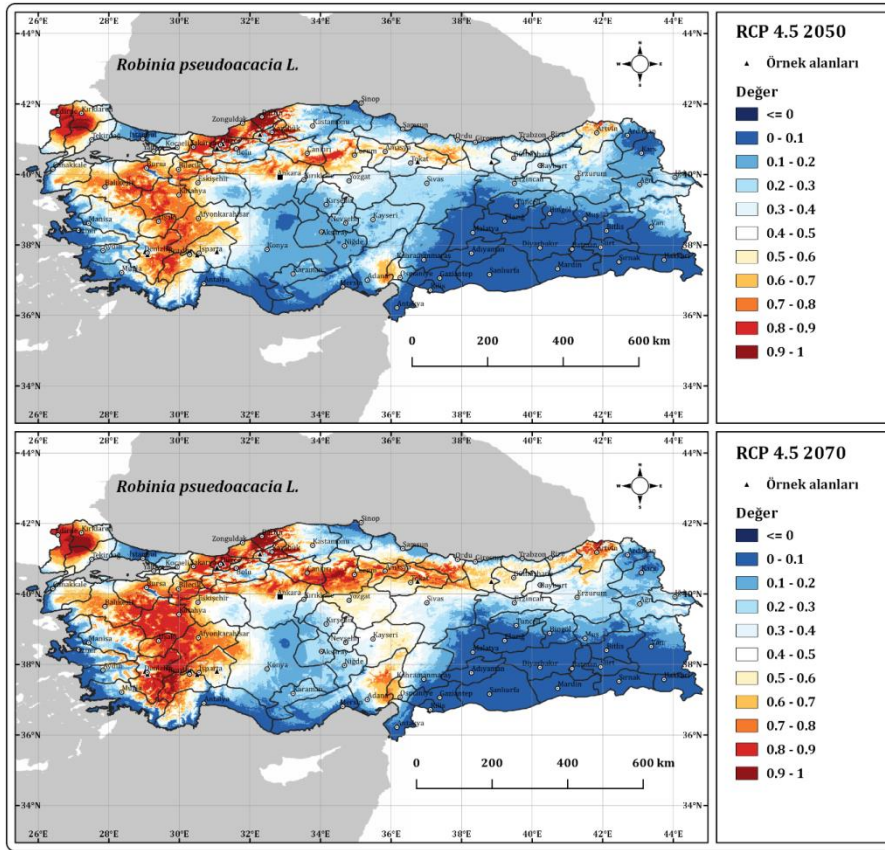
Kentsel yayılış alanları kapsamında değerlendirildiğinde ise türün Türkiye'deki coğrafi bölgelere göre Akdeniz Marmara ve Ege Bölgeleri'nde daha fazla yayılış gösterdiği görülmektedir. Bu bölgelerde yer alan kentlerin İç Anadolu, Karadeniz ve Doğu Anadolu bölgelerindeki kentlere oranla daha çok nüfusu barındırdıkları göz önüne alındığında; insan refahı için ekosistem hizmetleri sağlama bağlamında oldukça önemli olduğunu söylemek mümkündür.



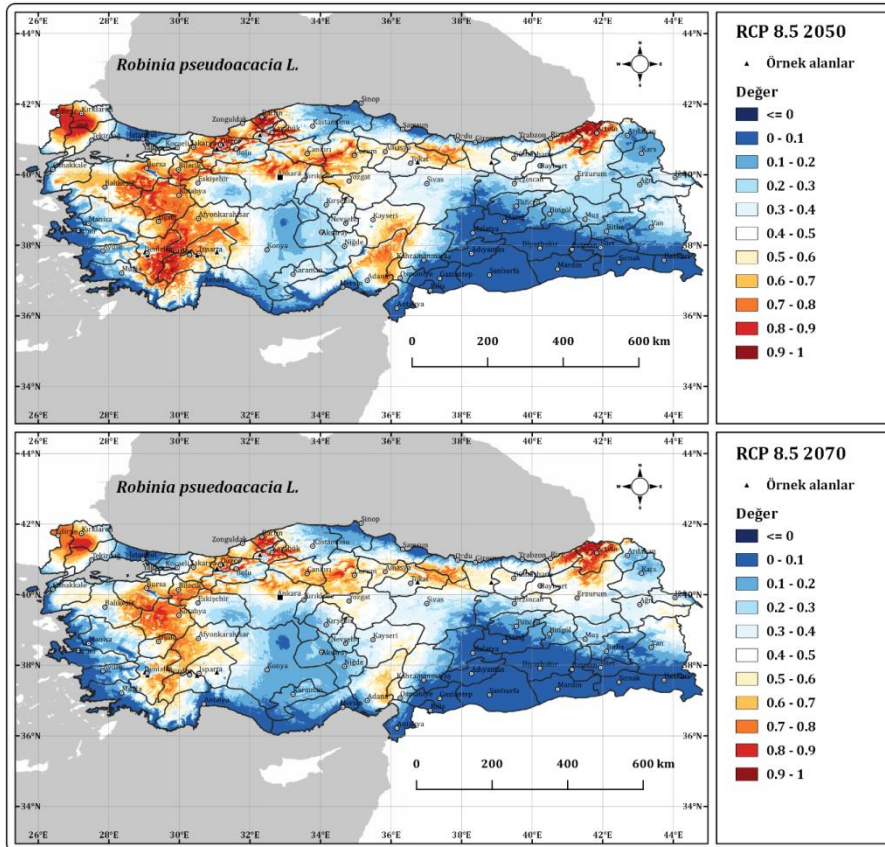
Şekil 2. ROC eğrisi



Şekil 3. *Robinia pseudoacacia* L.'nin tür MaxEnt tür dağılım modeline göre potansiyel yayılış alanı



Şekil 4. RCP 4.5'e göre 2050-2070 projeksiyonlarında yayılış alanları modeli



Şekil 5. RCP 8.5'e göre 2050-2070 projeksiyonlarında yayılış alanları modeli

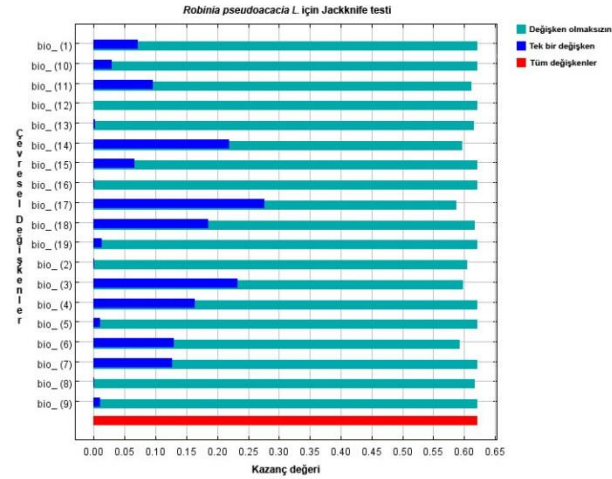
*Robinia pseudoacacia* L.'nin RCP 4.5 ve RCP 8.5' a göre 2050 ve 2070 projeksiyonlarında yayılış alanları modeli incelendiğinde istilacı bir tür olmasına karşın yayılış alanlarında ciddi oranda azalma tespit edilmiştir. Tütün ege bölgesi ve iç Anadolu bölgesinden büyük oranda çekildiği hatta RCP 8.5 2070 projeksiyonunda Isparta Konya ve Eskişehir ve Yozgat kentlerinden neredeyse tamamen kaybolduğu görülmektedir. Buna göre önümüzdeki 50 yıl içerisinde kentsel doğal ekosistemlerin hayati bileşenlerinden ağaçların sağladığı ekosistem hizmetlerinin giderek azaldığı hatta bazı kentlerde bu çalışmada örneklenen tek bir tür bağlamında dahi tamamen yok olduğunu söylemek mümkündür (Çizelge 3).

Elde edilen sonuçların çevresel iklim değişkenleri bağlamında etki dereceleri Şekil 6'daki Jackknife tablosunda görülmektedir.

Şekil 6'ya göre; tek bir değişken bağlamında türün dağılımına en fazla düzeyde etki eden 3 çevresel değişkenlerin sırasıyla en kurak çeyreğin yağış miktarı (bio\_17), izotermalite (bio\_3), en kurak aydaki yağış miktarı (bio\_14) olduğu görülmektedir. Bu da küresel ısınmanın doğal çevreye karşı olumsuz etkileri ve kuraklık senaryoları konusuna kanıt olarak gösterilebilir.

Çizelge 3: *Robinia pseudoacacia* L.'nin güncel ve gelecek projeksiyonlarına göre yayılış alanı

Model	Yayılış alanı (km <sup>2</sup> )	Yüzde (%) (Türkiye yüzölçümü)
Güncel	218.944	28.07
RCP 4.5 2050	167.326	21.45
RCP 4.5 2070	239.419	30.69
RCP 8.5 2050	212.286	27.21
RCP 8.5 2070	168.248	21.57



Şekil 6. Jackknife çevresel değişkenlerin etki dereceleri

#### 4. Sonuçlar

*Robinia pseudoacacia* L.'nin gelecekteki dağılım alanları için oluşturulan Avrupa ve dünya örneğindeki akademik çalışmalar (Sitzia vd., 2016; Li vd., 2014) önümüzdeki 50 yıl içinde dağılım alanlarının genişlediği görülmektedir. Modelden elde edilen sonuçlar Türkiye'de *Robinia pseudoacacia* L.'nin dağılım alanlarının önümüzdeki 50 yıl içinde giderek azaldığını göstermektedir.

Egzotik ve istilacı bir tür olmasına rağmen *Robinia pseudoacacia* L. küresel iklim değişikliğinden etkilenmekte ve ekolojik isteklerine uygun alanlar daralmaktadır. Sonuç olarak iklim değişikliğinin önemli sonuçları arasında kentsel tür çeşitliliğinin de azalmaya başladığını söylemek mümkündür.

Kentsel biyoçeşitliliğin azalması beraberinde kentlerde sağlanan ekosistem hizmetlerinin de azalması anlamına gelmektedir. Çalışma kapsamında örnek olarak ele alınan türün ekolojik ve estetik özellikleri bağlamında değerlendirildiğinde ise kentlerde düzenleyici ekosistem hizmetlerinin kaybindan dolayı ciddi altyapı sorunları ve insan sağlığı ve refahını tehdit eden sonuçlarla karşılaşmak söz konusu olabilir.

Sonuçta küresel ısınma ve beraberindeki iklim değişimi öncelikle kuraklığa, sonrasında da yeşil doku ve canlı materyal kaybına sonuçta ise toplumların ekosistemlerden elde ettiği faydaların ifade olan ekosistem hizmetlerinin hayati derecede azalmasına ya da kaybına yol açacaktır.

Çalışmanın amacı doğrultusunda kentsel ekosistem hizmetleri ve yol ağaçları ilişkisi değerlendirilirse kentlerde ekosistem hizmetlerinin sağlanması ile vejetasyon varlığının doğru orantılı olduğunu ve tek bir türün bile kentsel ekosistemden yok olmasının o kentteki ekosistem hizmetlerini olumsuz olarak etkileyeceğini, dahası ekolojik dengeyi bozarak çevresel sorunları tetikleyeceğini söylemek mümkün olabilir. Ayrıca kentlerde başta CO<sub>2</sub> olmak üzere sera gazı etkisini azaltmaya yarayan ağaçları da doğrudan etkileyen küresel iklim değişimi beraberinde ekolojik bozulmalar getirerek ekosistem kayıplarına da yol açacaktır.

#### Kaynaklar

- Bridgen, M.R., 1992. Plantation silviculture of black locust. In Proceedings of the International Conference on Black Locust: Biology, Culture & Utilization, 17-21 Haziran 1991, Michigan U.S.A., s.21-32.
- CESM, 2019. Community earth system model. <http://www.cesm.ucar.edu/models/ccsm4.0/>, Accessed: 25.04.2019.
- Cierjacks, A., Kowarik, I., Joshi, J., Hempel, S., Ristow, M., Von der Lippe, M., Weber, E. 2013. Biological flora of the British Isles: *Robinia pseudoacacia*. Journal of Ecology, 101: 1623-1640.
- Dirik, H., Erdoğan, R., Altınçekiç, H. S., Altınçekiç, H., 2014. Kent ağaçlarının işlevleri, koruma önemi ve değer belirleme yaklaşımları. Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 15(2): 161-174.
- Gupta, R.K., 1993. Multipurpose Trees for Agroforestry and Wasteland Utilisation. Oxford & IBH Publishing, Hindistan.
- IPCC, 1992. Climate change 1990 and 1992 assessments. <https://www.ipcc.ch/report/climate-change-the-ipcc-1990-and-1992-assessments/>, Accessed: 20.04.2019.
- IPCC, 2013. Climate Change 2013: The physical science basis: contribution of working group first to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg1/>, Accessed: 15.04.2019.

- IPCC, 2014. Impacts, Adaptation and Vulnerability: Summary for Policymakers. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York.
- IPCC, 2019. The intergovernmental panel on climate change. <https://www.ipcc.ch/about/>, Accessed: 20.04.2019.
- Kim, G., Coseo, P., 2018. Urban park systems to support sustainability: the role of urban park systems in hot arid urban climates. *Forests*, 9(7):1-16.
- Kuşçu Şimşek, Ç., Ödül, H., 2019. A method proposal for monitoring the microclimatic change in an urban area. *Sustainable Cities and Society*, 46: 1-11.
- Li, G., Xu, G., Guo, K., Du, S., 2014. Mapping the global potential geographical distribution of black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) using herbarium data and a maximum entropy model. *Forests*, 5: 2773-2792.
- Livesley, S.J., McPherson, E. G., Calfapietra, C., 2016. The urban forest and ecosystem services: impacts on urban water, heat, and pollution cycles at the tree, street, and city scale. *Journal of Environmental Quality*, 45: 119-124
- Manes, F., Salvatori, E., 2014. Ecosystem services of urban trees: The case of Rome. *Agrochimica-Pisa*, 58(3): 222-233.
- Ng, E., Ren, C., 2018. China's adaptation to climate&urban climatic changes: A critical review. *Urban Climate*, 23: 352-372.
- Oliveira, M.D., Hamilton, S.K., Calheiros, D.F., Jacobi, C.M. Latini, R.O., 2010. Modeling the potential distribution of the invasive golden mussel *limnoperna fortunei* in the upper Paraguay river system using limnological variables. *Brazil Journal of Biology*, 3: 831-840.
- Phillips, D., 2011. Assessment of ecosystem services provided by urban trees: public lands within the urban growth boundary of corvallis, Oregon. Technical Report, EPA, Oregon.
- Sitzia, T., Cierjaks, A., Rigo, D., Caudullo, G., 2016. *Robinia pseudoacacia* in Europe: distribution, habitat, usage and threats. In: Miguel-Ayanz, S., de Rigo, J., Caudullo, G., Houston Durrant, T. Mauri, A. (Ed.), *European Atlas of Tree Species*, European Commission, pp. 166-167.
- WorldClim, 2019. Global climate data. <http://www.worldclim.org/>, Accessed: 25.03.2019.
- WWF, 2019. WWF Türkiye web sitesi. [www.wwf.org.tr](http://www.wwf.org.tr), Erişim: 22.04.2019.