



T.C.
KONYA TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



GÜNEŞ VE RÜZGAR ENERJİ
KAYNAKLARINA GÖRE TÜRKİYE ENERJİ
KİMLİK HARİTASI OLUŞTURULMASI VE
YER SEÇİMİ ÖRNEĞİ

Harika ÜLKÜ

YÜKSEK LİSANS

Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Ocak-2022
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Harika ÜLKÜ tarafından hazırlanan “Güneş ve Rüzgar Enerji Kaynaklarına göre Türkiye Enerji Kimlik Haritasının Oluşturulması ve Yer Seçimi Örneği.” adlı tez çalışması 17/01/2022 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Konya Teknik Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Harita Mühendisliği Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

Başkan

Prof. Dr. Levent GENÇ

Danışman

Doç. Dr. Şükran YALPIR

Üye

Prof. Dr. Mevlüt UYAN

İmza

.....

.....

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Saadettin Erhan KESEN
Enstitü Müdürü

Bu tez çalışmasının bir kısmı TÜBİTAK – ÇAYDAG 118Y475 No’lu proje kapsamında yapılmıştır.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

Harika ÜLKÜ

Tarih:

ÖZET

YÜKSEK LİSANS

GÜNEŞ VE RÜZGAR ENERJİ KAYNAKLARINA GÖRE TÜRKİYE ENERJİ KİMLİK HARİTASI OLUŞTURULMASI VE YER SEÇİMİ ÖRNEĞİ

Harika ÜLKÜ

Konya Teknik Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Harita Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Şükran YALPIR

2022, 78

Jüri

Doç Dr. Şükran YALPIR
Prof. Dr. Levent GENÇ
Prof. Dr. Mevlüt UYAN

Hayatımızın her dakikasında kullanmakta olduğumuz zorunlu ihtiyaçlarımız arasında yer alan elektrik enerjisine olan gereksinimimiz teknolojik gelişmelerin paralelinde her geçen gün artmaktadır. Günümüzde küresel iklim sorunu yaşanırken artan bu ihtiyacı karşılamak adına yapılan enerji üretimleri, sürdürülebilir bir gelecek için önemlidir. Yaşanabilir bir dünya için elektrik enerjisi üretimlerinin yenilenebilir kaynaklardan sağlanması gerekmektedir. Yerinde etkin ve verimli bir kullanım açısından yenilenebilir elektrik enerjisi kaynaklarına verilen önemi yansıtan bu çalışmada, öncelikle elektrik enerjisinin gelecek kullanım kapasite tahmini yapılarak en uygun enerji kurulum yeri belirleme metodolojisi oluşturulmuştur.

Küçük ölçekli düşünülen birinci etap uygulamada ülkemizin her bir ilinin 2030 yılı elektrik enerjisi tüketim tahminleri yapay zeka yöntemlerinden Yapay Sinir Ağları (YSA) ile gerçekleştirilmiştir. Ülke sınırları içinde yer alan tüm illeri kapsayan ilk etap çalışmada nüfus, ortalama hane halkı büyüklüğü, eğitim, kişi başına düşen gayri safi yurt içi hasıla, ihracat, ithalat ve sanayi faktörleri ele alınmıştır. Bu faktörlere göre 2009-2018 yıllarını kapsayan 10 yıllık döneme ait veriler ve bu yıllara ait enerji tüketim verileri YSA ile modellenmiştir. Modelleme sonucu elde edilen 0,94 R² değeri ile model doğrulanmıştır. 2030 yılı için yüksek, orta ve düşük olmak üzere senaryolara göre gelecek tahminleri yapılmış ve haritalanmıştır. Ayrıca gelecekte her bir ilin elektrik enerjisi tüketim tahmini ile oluşturulan güneş ve rüzgâr potansiyelleri birlikte değerlendirilmiştir. Gelecekte elektrik enerjisi ihtiyacını karşılamak noktasında güneş ve rüzgar enerji santralleri için Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) karar verici süreçlerinden faydalanılarak yer seçimi çalışması gerçekleştirilmiştir. Konumsal faktörlere göre güneş enerjisi için Konya, rüzgar enerjisi için Bursa ili enerji talebi ve potansiyel bakımından uygun çalışma bölgesi olarak belirlenmiştir. Çok Ölçütlü Karar Analiz Yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemine göre belirlenen arazi örtüsü, yükseklik, eğim, bakı, güneş radyasyonu miktarı, rüzgar hızı, korunan alanlar, su kaynakları, yerleşim alanları, ulaşım ağı ve enerji nakil hattı faktörlerine CBS analizleri yapılmıştır. Çalışma sonucu Konya ve Bursa'da güneş ve rüzgar enerji santrali kurulumu için en uygun alanların tespiti yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Analitik hiyerarşi prosesi, coğrafi bilgi sistemleri, enerji kimlik haritası, güneş enerjisi, rüzgar enerjisi, yapay zeka, yer seçimi.

ABSTRACT

MS THESIS

ACCORDING TO THE SUN AND WIND ENERGY RESOURCES CREATE OF TURKEY ENERGY IDENTITY MAP AND LOCATION SELECTION SAMPLE

Harika ÜLKÜ

Konya Technical University
Institute of Graduate Studies
Department of Geomatics Engineering

Assoc. Prof. Dr. Şükran YALPIR

2022, 78 Pages

Jury
Assoc. Prof. Dr. Şükran YALPIR
Prof. Dr. Levent GENÇ
Prof. Dr. Mevlüt UYAN

Our need for electrical energy, which is among the obligatory needs that we use every minute of our lives, is increasing day by day in parallel with technological developments. Today, energy productions made to meet this increasing need while experiencing the global climate problem is important for a sustainable future. For a habitable world, electrical energy production must be provided from renewable sources. In this study, which reflects the importance given to renewable electrical energy sources in terms of effective and efficient use on site, the most appropriate energy installation location determination methodology was created by first estimating the future usage capacity of electrical energy.

In the first stage application, which is considered as small-scale, the electric energy consumption estimates of each province of our country for the 2030 years were made with Artificial Neural Networks (ANN), one of the artificial intelligence methods. Population, average household size, education, gross domestic product per capita, exports, imports and industry factors have been addressed in the first stage study covering all provinces within the borders of the country. According to these factors, the data of the 10-years period covering the years 2009-2018 and the energy consumption data of these years were modelled with ANN. The model was validated with the 0.94 R^2 value obtained as a result of the modelling. Future projections for 2030 were made and mapped according to scenarios as high, medium and low. Also, the electrical energy consumption forecast of each province in the future and created solar and wind potentials were evaluated together. In order to meet the electrical energy needs in the future, a site selection study was carried out for solar and wind power plants by utilizing the decision-making processes of Geographic Information Systems (GIS). According to the spatial factors, Konya for solar energy and Bursa for wind energy was determined as the appropriate study region in terms of energy demand and potential. GIS analyzes were performed on land cover, elevation, slope, aspect, solar radiation amount, wind speed, protected areas, water resources, residential areas, transportation network and power transmission line factors determined according to the Analytical Hierarchy Process (AHP) method, which is one of the Multi-Criteria Decision Analysis Methods. As a result of the study, the most suitable areas for solar and wind power plant installation in Konya and Bursa were determined.

Keywords: Analytical hierarchy process, artificial intelligence, energy identity map, geographic information systems, location selection, solar energy, wind energy.

ÖNSÖZ

Yüksek lisans öğrenim hayatım boyunca bilgi, birikim ve tecrübeleri ile gelişimime katkı sunan, her konuda desteğini ve yardımını esirgemeyen mesafelere rağmen her zaman varlığını hissettiğim danışman hocam Doç. Dr. Şükran YALPIR'a, çalışmalarım da fikir ve desteğini esirgemeyip sunduğu katkılar ile yolumuzu aydınlatan hocam Prof. Dr. Esra YEL'e, zor anlarımda yardım elini uzatan fikirleri ile çalışmalarım a destek olan Arş. Gör. Ali Utku AKAR ve Arş. Gör. Süleyman ŞİŞMAN'a teşekkür ederim.

Her daim hayat yolculuğumda bana eşlik eden ve inanan, yolumu kolaylaştıran başta annem ve babam olmak üzere sevgili aileme ve bu süreçte desteğini esirgemeyip motive eden tüm sevenlerime teşekkürlerimi sunarım.

Ayrıca bu çalışmaya Uluslararası İkili İşbirliği Projeleri Destekleme Programı kapsamında ÇAYDAG 118Y475 No'lu proje ile katkıda bulunan Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu – TÜBİTAK'a teşekkür ederim.

Harika ÜLKÜ
KONYA-2022

İÇİNDEKİLER

ÖZET	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ	vi
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	viii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI	4
2.1. Elektrik Enerjisinin Genel Durumu	4
2.2. Talep Tahmini	6
2.3. Güneş ve Rüzgar Enerjisi.....	8
2.4. Güneş ve Rüzgar Enerjisi Yer Seçimi Çalışmaları	12
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	16
3.1. Yapay Sinir Ağları (YSA)	16
3.1.1. Biyolojik sinir ağları ve yapay sinir ağlarının yapısı	16
3.1.2 YSA metodolojisi	19
3.2. Analitik hiyerarşi prosesi (AHP)	19
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	22
4.1. Elektrik Enerjisi Tüketim Tahmini	22
4.2. Enerji Kimlik Haritalarının Üretilmesi	30
4.3. Yer Seçimi Uygulaması	33
4.3.1. Arazi örtüsü haritasının oluşturulması	35
4.3.2. Dijital yükseklik modeli (DEM) haritasının oluşturulması	37
4.3.3. Eğim haritasının oluşturulması	38
4.3.4. Bakı haritasının oluşturulması	41
4.3.5. Güneş ve rüzgâr potansiyeli haritasının oluşturulması	42
4.3.6. Korunan alanların haritasının oluşturulması	45
4.3.7. Su kaynakları haritasının oluşturulması.....	47
4.3.8. Yerleşim alanları haritasının oluşturulması	49
4.3.9. Ulaşım ağları haritasının oluşturulması	51
4.3.9. Enerji nakil hatları haritasının oluşturulması.....	53
4.3.10. AHP yöntemi ile ağırlıkların belirlenmesi.....	55
4.3.11. GES ve RES için en uygun yer seçimi	58
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	60
KAYNAKLAR	62
EKLER	69

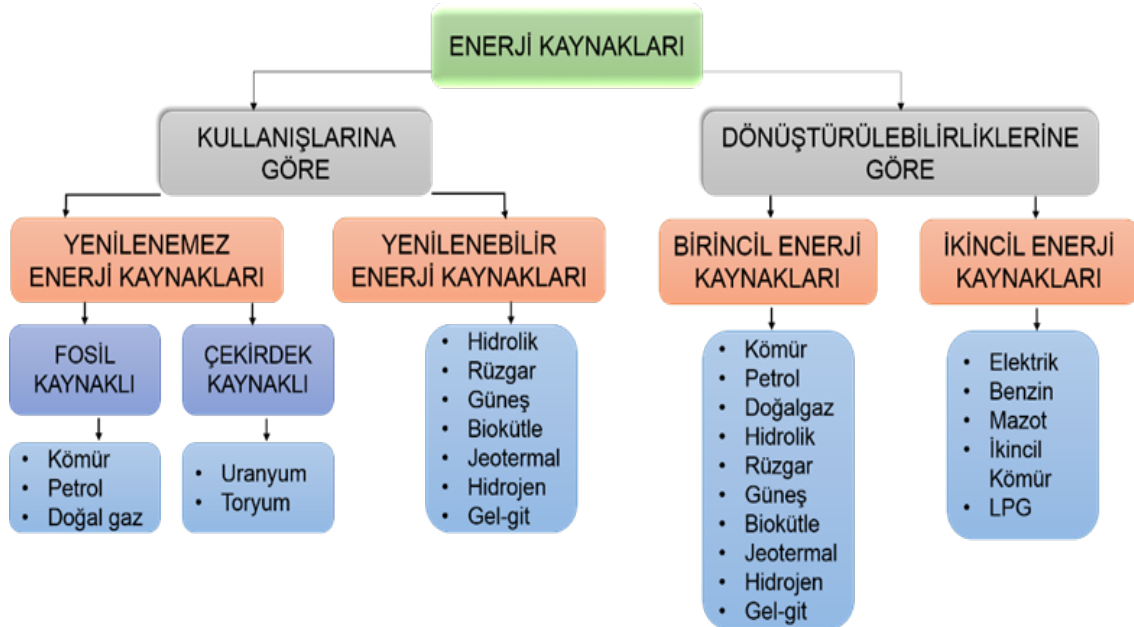
KISALTMALAR

AA	: Average Approximation
AHP	: Analitik Hiyerarşi Prosesi
ÇÖKA	: Çok Ölçütlü Karar Analizi
EİEİ	: Elektrik İşleri Etüt İdaresi
GES	: Güneş Enerji Santrali
GEPA	: Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası
GSMH	: Gayri Safi Milli Hasıla
GSYİH	: Gayri Safi Yurt İçi Hasıla
GWh	: Gigawatt saat
IEA	: International Energy Agency
MAE	: Mean Absolute Error
MAPE	: Mean Absolute Percent Error
MRA	: Multiple Regression Analysis
MSE	: Mean Squared Error
MGM	: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
MRA	: Multiple Regression Analysis
MSE	: Mean Squared Error
MWh	: Megawatt saat
REPA	: Rüzgar Enerjisi Potansiyel Atlası
RES	: Rüzgar Enerji Santrali
R ²	: Determinasyon Katsayısı
TÜREB	: Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliğı
TWh	: Terawatt saat
YSA	: Yapay Sinir Ağları

1. GİRİŞ

Gelişmekte olan teknoloji ve hızlı nüfus artışıyla beraber enerjiye olan talep gün geçtikçe artmaktadır. Dolayısıyla ülkelerin refah seviyelerinin yükseltilmesinde aracı olan kalkınma potansiyelini yansıtan en temel göstergelerden biri de enerjidir. Rus bilim adamı Nikolai Kardashev evrende bulunan medeniyetlerin gelişmişlik seviyelerini sınıflandırmak amacıyla 1964 yılında Kardashev ölçeği oluşturmuştur. Kardashev'e göre her ne kadar medeniyetlerin kültürü ve yönetim biçimi farklı olsa da ne kadar gelişmiş olduklarını üretilen ve tüketilen enerji miktarına göre sınıflandırmaktadır (Kardashev, 1964). Ortaya atılan bu teoriye göre uygarlıklar enerji tüketimine göre üç tipe ayrılarak teknolojik anlamda gelişmişlik seviyelerinin hangi sınıfta yer aldığı belirlenir. Birinci tip medeniyet seviyesi gezegensel medeniyet olarak adlandırılır ve gezegendeki tüm enerji kaynaklarını sonuna kadar kullanabilen medeniyetlerdir. Medeniyetlerin bu seviyeye ulaşabilmesi için yılda 10 katrilyon watt enerji üretmesi gerekir. Oysaki günümüz medeniyetleri ürettikleri yıllık enerji miktarı ile birinci tip medeniyette yer almamaktadır.

Birinci tip medeniyet seviyesine ulaşabilmesi için gezegenimizi taklit etmeliyiz. Gezegenin sunduğu güneş, rüzgar, dalga gibi doğal enerjilerden daha fazla beslenmeye çalışmalıyız. Enerji tüketiminde Şekil 1.1'de gösterilen yenilenemez enerji kaynaklarını tüketmekten ziyade yenilenebilir enerji kaynaklarına odaklanmalı ve gezegenimizin sunduğu enerjilerden faydalanmalıyız.



Şekil 1.1. Enerji kaynaklarının genel sınıflandırılması (Koç ve Kaya, 2015).

Yenilenebilir ve yenilenemez enerji kaynakları gibi birçok kaynaktan üretilerek elde edilen elektrik enerjisi, hayatımızı etkileyen neredeyse tüm araçlarda kullanılmaktadır. İkincil bir enerji kaynağı olarak kullandığımız bu elektrik enerjisinin hayatımızda ki önemi göz önüne alındığında, üretilmesinde kullanılan enerji kaynaklarının çevreye ve hayata verdiği zararı minimuma indirmek adına kritik tercihler yapılmalıdır. Aynı zamanda Birinci tip medeniyet seviyesine ulaşmamızda izlenecek yol olan gezegenimizi taklit etmek söz konusu olduğundan elektrik enerjisi üretiminde kullanılan kaynakların yenilenebilir enerjiler olmasına özen gösterilmelidir. Elektrik enerjisi üretildiği tesiste depolanamayıp tüketilmesi gereken bir enerji türü olduğundan talep, arz, iletim, dağıtım ve fiyatlandırma elektrik enerjisinin gelişimi için önem arz etmektedir. Dolayısıyla elektrik enerjisinin geleceğe yönelik planlanması gerekir ve bu noktada talep tahmininin yapılması elektrik enerji piyasasında önemlidir (Hamzaçebi ve Kutay, 2004).

Eğer tahmin edilen talep arzın altında ise sistemde kısıtlamalara neden olacaktır. Sistemde kısıtlamalara gidilmesi ancak tahmin edilen talep arzın altında ise gerçekleşeceği; tahmini talep arzdan fazla ise elektrik tüketimine fazla ücret ödeneceği yaklaşımından yola çıkarak arzın karşılanması için tüketim talebinin tahmin doğruluğunun hesaplanması önemlidir (Boltürk, 2013). Elektrik enerjisi tüketiminde yapılan planlamanın amacı, talebi ekonomik, kaliteli, olması gerekene en yakın ve güvenilir biçimde temin etmek olduğundan talebi sürdürülebilir şekilde karşılayabilmek için güvenilir talep tahminleri yapmak oldukça önemlidir (Yavuzdemir, 2014). Enerji alanında yapılan yatırımların çok iyi analiz edilmiş çalışma ve projelere dayalı olması, ülke ekonomisi için büyük önem taşımaktadır. Türkiye, dünyada bulunduğu konumu itibarıyla henüz yeterince değerlendirilememiş oldukça yüksek enerji potansiyellerine sahiptir. Bu potansiyellerin değerlendirilebilmesi için yerinde, etkin ve verimli kullanılması amacıyla yenilenebilir enerji kaynakları gelecek adına sürdürülebilir bir enerji kaynağıdır.

Ülkemizin de öncelikli alanlarından biri olan yenilenebilir enerji kullanımını arttırmak adına ve ulusal stratejik hedefleri göz önünde bulundurularak hazırlanan bu tez çalışmasında Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynaklarından olan güneş ve rüzgar enerjisinin en etkin ve verimli kullanımı için enerji kurumlarının nerede olması gerektiği ile ilgili uygulama gerçekleştirilmiştir. Bu amaç doğrultusunda öncelikle Türkiye il bazında değerlendirilerek 81 ilin 2030 yılı elektrik enerjisi tüketim ihtiyacı Yapay Sınır Ağları (YSA) ile belirlenmiştir. Devamında ise güneş ve rüzgar enerji

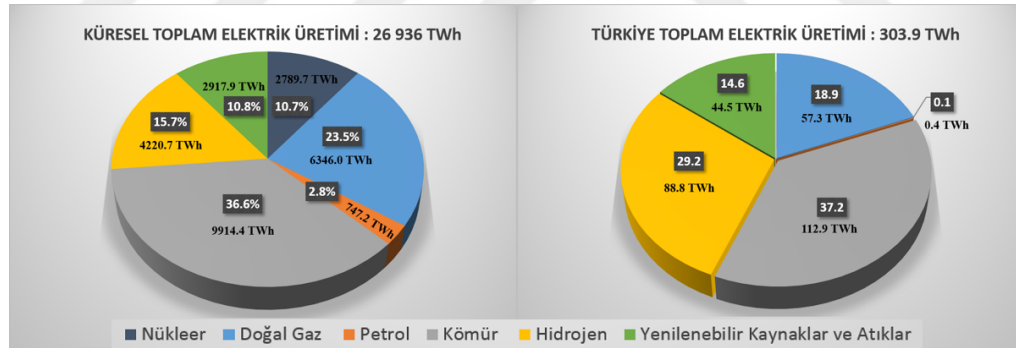
potansiyel haritaları oluşturulmuştur. Çalışmalar sonucu elde edilen elektrik enerjisi tüketim tahmini haritaları ile potansiyel haritaları birlikte değerlendirilmiş ve enerji kimlik haritaları oluşturulmuştur. Enerji kimlik haritasına bakıldığında gelecekte enerji ihtiyacı yoğun olan bölgelerde belirtilen en uygun kaynaklara göre güneş (Konya) ve rüzgar (Bursa) enerji santralleri için yer seçimi yapılmıştır. Büyük ölçekli haritalama çalışmasında yer seçiminde konumsal faktörler Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ile ağırlıklandırılarak çalışılmıştır.



2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Elektrik Enerjisinin Genel Durumu

Enerji talepleri arasında en hızlı şekilde büyüyen kaynak elektriktir. Modern çağda sürdürülebilir ekonomiler, elektrik enerjisinin güvenilir ve uygun maliyet ile dağıtımına bağlıdır. Aynı zamanda küresel iklim değişikliği göz önüne alındığında güç sistemlerinde dönüşüme yol açmaktadır. Küresel elektrik arzı, rüzgar ve güneş enerjisi gibi değişken yenilenebilir üretim kaynaklarının artışıyla da karşılanmaktadır. Bu yükseliş ile elektrik enerjisinin üretimini temiz enerjiye geçişte en ön sıraya koyarken, hava kirliliğini azaltmaya ve iklim hedeflerine ulaşmaya yardımcı olmaktadır. Aksi takdirde Şekil 2.1’de gösterildiği gibi elektrik arzının karşılanabilmesi için yenilenemeyen enerji kaynaklarına ağırlık verilmeye devam edilmektedir. İklim değişikliği, beklenen hedeflere ulaşmakta zorluk çıkaracağı için daha az güvenli enerji sistemleri ile üretime devam etme tercihi, bu kritik enerji sektöründe acil politika eylemlerine olan ihtiyacı ortaya çıkaracaktır (URL 1).



Şekil 2.1. 2019 yılı elektrik üretiminin kaynaklar bazında payı (IEA, 2020).

2020 yılında dünya ekonomileri Covid-19 salgını sebebiyle zor günler geçirmiş olsa da güneş ve rüzgar gibi yenilenebilir enerji kaynakları hızla büyümeye devam etmiştir. Bunun yanı sıra elektrikli araç piyasası da ivme göstermektedir. Zor günlerde yaşanan bu gelişmeler yenilenebilir elektrik enerjisi kaynakları ile yeni bir küresel enerji ekonomisi doğurmaktadır. Bu değişimin ortaya çıkışı verimli politika eylemleri ve teknolojik yenilikler sayesinde şimdilerde daha düşük maliyetler ile sürdürülmektedir.

Yatırım ve istihdam için önemli bir alan olan ve uluslararası işbirliği ve rekabet için dinamik hale gelen yenilenebilir enerji teknolojisinin geldiği bu noktadan daha da fazla kat etmesi gereken uzun bir yolu vardır. Çünkü yenilenebilir enerjideki tüm ilerlemelere rağmen CO₂ emisyonlarında artış da görülmektedir. Çizelge 2.1’de gösterilen Uluslararası Enerji Ajansının (IEA) Mayıs 2021’de yayınlanan verilerine göre 2050’ye kadar Net Sıfır Emisyon Senaryosuna ulaşmak uzun bir yoldur. Ancak artan küresel sıcaklıklarda 1.5 °C 'lik bir stabilizasyona ve enerji ile ilgili sürdürülebilir kalkınma hedeflerine ulaşmada önemli bir yol haritasıdır (IEA, 2021).

Çizelge 2.1. 2050’ye kadar net sıfır emisyon senaryosunda elektrik üretimi

	2010	2020	2030	2040	2050
CO ₂ emisyon yoğunluğu (kwh başına g CO ₂)	523	459	138	-1	-5
Azaltılmamış kömürün payı	40%	35%	8%	0%	0%
Yenilenebilir enerji payı	20%	28%	61%	84%	88%
Rüzgar ve güneş enerjisinin payı	2%	9%	40%	63%	68%

Dünya çapında elektrik sektöründe kullanılan en büyük enerji kömürdür ve diğer enerji kaynaklarına kıyasla emisyonların en büyük kaynağı olmaya devam etmektedir. Yenilenebilir enerji kaynaklarının ve diğer düşük emisyonlu elektrik kaynaklarının üretimde yerinin artırılması hedeflere ulaşmak için önemli adımlardır. Küresel anlamda yaşanan iklim değişikliği sorununa katkı sağlayabilmek için Türkiye de 2030 yol haritasını belirlemiştir. 2030 yılına kadar sera gazı emisyonlarının azaltılması için enerji üretimi, sanayi, tarım, atık ve ulaşım gibi tüm sektörler üzerinde gerçekleştireceğini Türkiye İklim Değişikliği Ulusal Bildiriminde ifade edilmektedir.

İklim değişikliği sorunu ile mücadelede Türkiye konumunu ve 2020 sonrası iklim değişikliği politikasını “İklim değişikliği politikalarını kalkınma politikalarıyla entegre etmiş, temiz ve yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını arttıran” bir ülke olarak tanımlamaktadır. Enerji sektörünün yapısal dönüşümünde kilit rol oynayan elektrik enerjisidir ve tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’nin de elektrik üretim sektörüne yönelik plan ve politikaları 2030 yılı yol haritasında yer almaktadır.

Türkiye’nin 2030 yılına kadar elektrik üretim sektöründe yürütülmesi öngörülen hedefleri arasında;

- Güneş enerjisi ile üretilen elektrik kapasitesi 10 GW,
- Rüzgar enerjisi ile üretilen elektrik kapasitesi 16 GW,

- Mümkün olan tüm hidrolik kapasitenin kullanılması,
- 1 nükleer santralin kurulması ve aktif hale getirilmesi
- Elektrik retiminde yaşanan kayıp miktarının %15 seviyesine indirilmesi,
- Yerinde retim, kojenerasyon ve mikrokojenerasyon sistemlerinin yaygınlaştırılması,
- Kamu Elektrik retim Santrallerinin iyileştirme çabaları yer almaktadır (T.C. evre ve Şehircilik Bakanlığı, 2018).

İklim değişikliğinin nlenebilmesinde önemli bir yere sahip olan enerji sektöründe sürdürülebilir kalkınmayı teşvik etmek için politika oluşturmanın yanı sıra enerji planlaması ve analizi de yapılması gereken önemli noktalardandır. Ülkelerin ihtiyaı olan elektrik enerjisinin ekonomik bir Şekilde üretilip tketelebilmesi için politikaların etkin bir Şekilde oluşturulmasında arz talep dengesinin sağlanması gerekmektedir (Vecihi, 2011).

2.2. Talep Tahmini

Pazarlama, işletme, finans, planlama, bankacılık, organizasyon vb. sektörlerde olduğu gibi elektrik enerjisinde de geleceğe yönelik yapılan talep tahmini uygulamaları öne çıkmaktadır (Lewis, 2012).

Farklı sektörlerde ve alanlarda gerçekleştirilen talep tahmini çalışmalarına; kağıt fabrikasında üretilen ürünlerin gelecek tahmininde (Gavcar vd., 1999), kısa vadeli kentsel su talebi yönetiminde (Bougadis vd., 2005), müşteri talep tahmininde (Levis ve Papageorgiou, 2005), Hong Kong turizm talebi incelemesinde (Wong vd., 2006), yüksek hızlı demiryolu yatırımlarında yolcu hacimleri üzerine yapılan çalışmada (Ben Akiva vd., 2010), imalat sanayi talebini tahmin etmek için (Dou vd., 2021), elektrikli araç Őarj istasyonlarının kullanım oranlarının belirlenmesinde (Ye vd., 2021), otomobil satışlarının tahmin edilmesinde (Kaya vd., 2019), gelecek tahmini için yapılan çalışmalara rastlanmaktadır. Aynı zamanda gelecek enerji talebi konularında da sanayi sektöründe enerji talep tahmini (Kialashaki ve Reisel, 2014), doğal gaz (Fan vd., 2018) ve elektrik enerjisi talep tahmini (Johannesen ve Goodwin, 2019), bina enerji tüketim tahmini (Somu vd., 2021) gibi uygulamalar mevcuttur.

Talep tahmini birçok sektörde önemli olmasına rağmen elektriğin depo edilemeyen bir enerji olmasından dolayı elektrik enerjisi için ayrı bir öneme sahiptir. Elektrik üretiminden tüketimine kadar organize edilmiş sistemlere yönelik talep tahmini yatırımlarının nasıl yapılacağı, sistemler arasındaki ilişkinin birbirine nasıl entegre edileceği, hangi santralde ne kadar elektrik enerjisi üretilmesi gerektiği ve üretilen elektrik enerjisinin hangi şebeke sisteminden tüketiciye iletileceği gibi konularda stratejik kararlar almasında fayda sağlayacaktır (Uygun, 2015).

Enerji politikalarında önemli bir yere sahip olan elektrik enerjisi talep tahmini sonuçlarının güvenilir ve sağlıklı bir şekilde planlanabilmesi için talebi etkileyen kriterlerin belirlenmesi önem arz etmektedir (Gültekin, 2009). Literatür çalışmalarında elektrik enerjisi talep tahminini etkileyen kriterler Çizelge 2.2’ de gösterilmektedir. İncelenen bu çalışmalarda farklı yöntem ve kriterler ile farklı dönemlerde ülke geneli veya belirli bölgeler ele alınarak gelecek enerji talebi tahmini yapılmıştır.

Çizelge 2.2 Elektrik enerjisi talebini etkileyen faktörler (Ülkü ve Yalpir, 2021).

Yazarlar	Etkileyen kriterler
(Mohamed ve Bodger, 2005)	GSYİH, elektriğin ortalama fiyatı, nüfus
(Pao, 2006)	Milli gelir, GSYİH, tüketici fiyat endeksi
(Hamzaçebi, 2007)	GSMH, nüfus, ithalat, ihracat
(Kavaklıoğlu vd., 2009)	GSMH, nüfus, ithalat, ihracat
(Bianco vd., 2009)	Nüfus, GSYİH, kişi başına GSYİH
(Vecihi, 2011)	GSYİH, nüfus, ithalat, ihracat
(Bilgili vd., 2012)	Kurulu güç kapasitesi, brüt elektrik üretimi, nüfus, toplam abone sayısı
(Kaytez vd., 2015)	Brüt elektrik üretimi, kurulu kapasite, toplam abonelik, nüfus
(Kavaklıoğlu, 2019)	Nüfus, GSYİH, ithalat, ihracat
(Uzlu ve Dede, 2020)	GSYİH, nüfus, ithalat, ihracat

Elektrik enerjisi planlaması yapılırken geçmişe ait mevcut olan sayısal veriler kullanılarak üretilen matematiksel modellere ihtiyaç vardır. Elektrik enerjisi tüketimi için yapılan tahmin çalışmasında kullanılan farklı yöntem çalışmalarına örnek olarak; YSA modeli (Pao, 2006; Kavaklıoğlu vd., 2009; Es vd., 2014), ARIMA (Erdoğan, 2007), ANFIS (Demirel vd., 2010), bulanık mantık (Küçükali ve Barış, 2010), regresyon modeli (Bianco vd., 2009; Kavaklıoğlu, 2011), genetik algoritma (Vecihi, 2011; Öztürk vd., 2005), zaman serileri yöntemi (Amarawickrama ve Hunt, 2008), yapay arı kolonisi algoritması yaklaşımı (Gürbüz vd., 2013), tekrarlayan sinir ağı ve uzun kısa vadeli hafıza ağları (Türkunoğlu, 2019; Patel vd., 2020) ve destek vektör makinesi (Liu vd., 2020) verilebilir.

Elektrik enerjisi tüketim tahmininde makine öğrenimindeki son gelişmeler dikkate alındığında, literatürde çeşitli amaçlar doğrultusunda enerji tüketimine ilişkin örneklerde özel olarak hazırlanan farklı yaklaşımlar sunulmaktadır. Solyali (2020), yaptığı çalışmada Kıbrıs'ın elektrik talebini tahmin etmede model önerisinde bulunabilmek için YSA, MLR, ANFIS ve SVM yöntemlerini kullanmıştır. ML algoritmalarının performansını kapsamlı bir şekilde inceleyen Soyali SVM ve YSA'nın diğer yöntemlere kıyasla daha üstün olduğunu, tahmin hatası ile ortaya koymaktadır. Şirzadi ve arkadaşları (2021) ise Amerika'da bölgesel elektrik yükü tahmini için dokuz yıla ait geçmiş verileri kullanarak SVM, rastgele orman (RF) dahil olmak üzere makine öğrenme tekniklerine ek olarak doğrusal olmayan otomatik regresif dışsal (NARX) ve LSTM gibi derin öğrenme yöntemleri kullanılmıştır. Veriler üzerinde ön işleme ve temizleme aşamaları tamamlandıktan sonra modeller eğitilmiş ve derin öğrenme kullanılarak alınan sonuçların daha doğru bir şekilde tahmin edildiği sonucuna varılmıştır.

Literatürdeki farklı tahmin yöntemlerinin elde edilen sonuç değerlendirmeleri hesaplanan MSE, MAE, MAPE, %AA ve R^2 değerleri ile anlaşılmaktadır. Düşük olan hata sonuçları tahmin modelinin güçlü olduğunu ifade etmektedir. Lin (2002), Küçükali ve Barış (2010), Ervural (2018)' e göre oluşturulan model hataları %10'dan daha az ise tahmin modellerinin doğruluk derecesinin yüksek olduğu bilgisi çıkartılmalıdır.

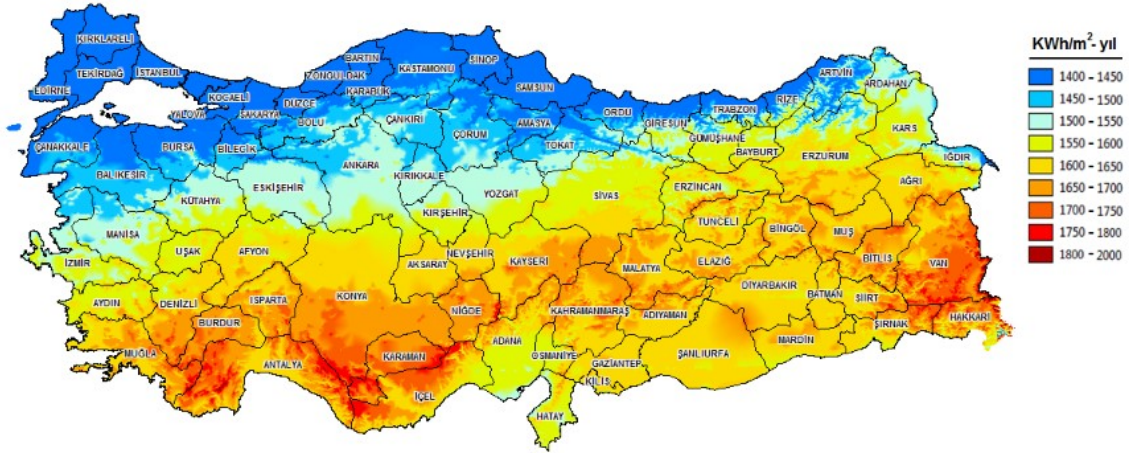
2.3. Güneş ve Rüzgar Enerjisi

Yenilenebilir enerji kaynakları, enerjinin doğrudan ya da dolaylı olarak kaynaktan kullanımı sonucu elde edilmektedir. Bu kaynakların miktarının sınırlı olmaması, çevreye daha az zarar vermeleri ve güvenli olmaları nedeniyle fosil yakıtlardan daha avantajlıdır. En hızlı büyüme kaydeden, ülkelere sürdürülebilir kalkınma ve hedeflere ulaşmada kolaylık sağlayan yenilenebilir enerji kaynakları olarak karşımıza çıkan güneş ve rüzgâr enerjisidir (Seydioğulları, 2013).

Temiz ve güvenilir enerji kaynakları arasında yer alan güneş enerjisi, kaynağının sınırsız olması beraberinde kurulum ve kullanım kolaylığı sağlaması gibi özelliklere sahiptir.

T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı Tarafından hazırlanan Türkiye'nin Güneş Enerji Potansiyeli Atlasına (GEPA) (Şekil 2.2) göre yıllık olarak toplam sahip olduğu değerler; güneşlenme süresi 2.741 saat (günlük ortalama 7,50 saat), gelen güneş

enerjisi 1.527 kWh/m².yıl (günlük ortalama 4,18 kWh/m².yıl) ve kurulu güç kapasitesinin yaklaşık olarak 6 MW olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 2.2. Türkiye'nin güneş enerji potansiyeli atlası

Dünyada kurulu güç olarak dördüncü sırada, kişi başına düşen güneş enerji santrali kurulu gücünde birinci sırada yer alan Almanya'nın ise yıllık toplam güneşlenme süresi 1.600 saat ve yaklaşık 46 MW kurulu güç kapasitesine sahiptir. Buna göre güneş enerjisinde dünyada kurulu güç olarak on birinci sırada, kişi başına düşen güneş enerji santrali kurulu gücünde, yirmi sekizinci sırada yer alan ülkemizin kapasitesine göre güneş enerji kullanımının çok düşük kaldığı gözlenmektedir (URL2).

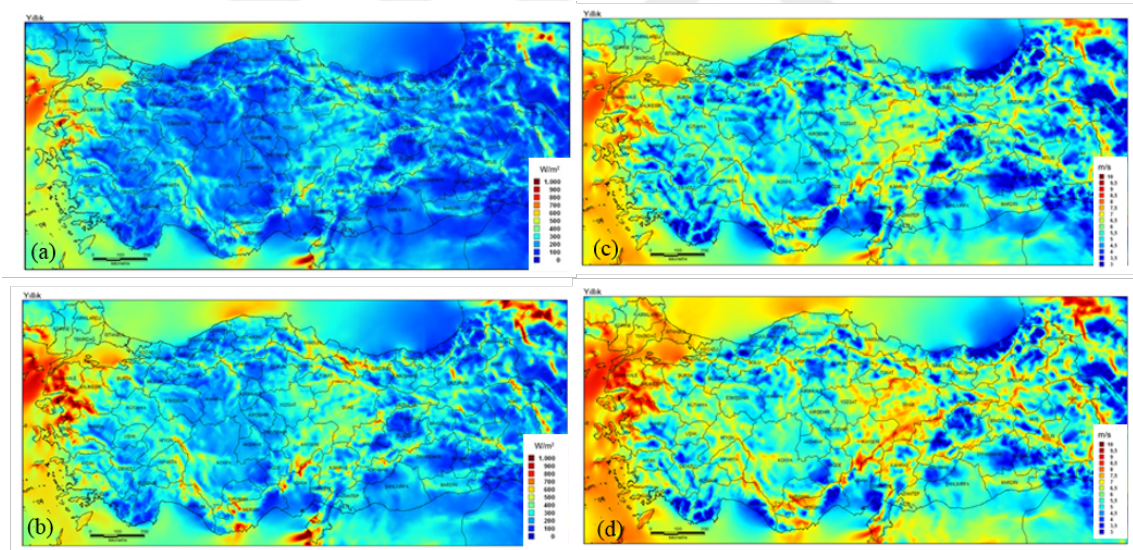
Türkiye'nin Güneş Modeli oluşturulurken CBS' de modül olarak ESRI Solar Radiation Model kullanılarak günlük değerlerden elde edilen veriler ile hazırlanmış ve sonucunda 500m x 500m grid haritası olarak 12 aya ait Şekil 2.2.'de gösterilen güneş radyasyonu (kWh/m²) elde edilmiştir (URL3).

Rüzgâr enerjisi ise yerli, doğal ve tükenmeyen, asit yağmurlarına ve atmosferik ısınmaya yol açmayan, CO₂ emisyonu olmayan teknolojik gelişimi hızlı bir kaynaktır. Rüzgâr enerjisinin üstünlüklerinin yanı sıra elektrik üretim uygulamalarında ilk yatırım maliyetinin yüksek, kapasite faktörünün düşük oluşu ve değişken enerji üretimi gibi dezavantajları da vardır (URL4). Rüzgâr enerjisi değişken enerji üretimine sahip olduğu için tek başına enerji sorununa çözüm getiremez. Bu kaynaklar enerji kaynaklarımızı çeşitlendirmek ve kaynak temini konusunda dışa bağımlılığımızı minimuma indirmek için önemlidir (URL5). Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği (TÜREB) tarafından Temmuz 2019 istatistik raporuna göre, Türkiye'de 183 adet Rüzgâr Enerji Santrali (RES) 7.615

MWm kurulu güce sahiptir ve RES üretilen elektrik ile toplam ihtiyacımızın %7,40'ı karşılanmaktadır.

Avrupa Rüzgâr Enerjisi Birliğinin yaptığı sınıflandırmaya göre rüzgâr enerjisinden yararlanılacak rüzgâr türbini eksen yüksekliğinin genellikle 50-70 m arasında olduğu göz önüne alınarak, ortalama rüzgâr hızları iyiye yakın, iyi ve çok iyi şeklindeki ifadeler ile sırasıyla 6.5 m/s, 7.5 m/s ve 8.5 m/s olarak belirtilmiştir (Garrad, 1991). Türkiye’de ise yer seviyesinden 50 m yükseklikte ve 7,5 m/s üzeri rüzgâr hızlarına sahip alanlarda kilometrekare başına 5 MW gücünde rüzgâr santrali kurulabileceği kabul edilmiştir (URL4).

Bu doğrultuda orta-ölçekli sayısal hava tahmin modeli ve mikro-ölçekli rüzgâr akış modeli kullanılarak üretilen rüzgâr kaynak bilgilerinin verildiği Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA) hazırlanmıştır. Bu atlas yardımıyla Türkiye genelinde 200 m x 200 m çözünürlüğünde 50 ve 100 m yüksekliklerde yıllık (Şekil 2.3), mevsimlik ve aylık ortalama rüzgâr güç yoğunluğu ve hızı haritaları oluşturulmuştur (URL6).

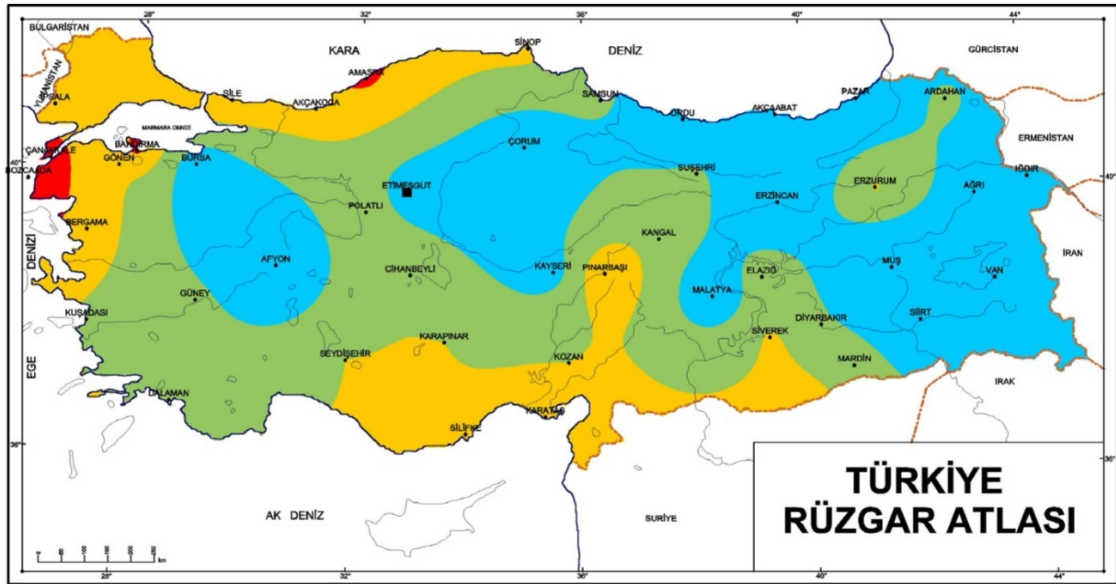


Şekil 2.3. Türkiye'nin 50 m yükseklikteki ortalama yıllık güç yoğunluğu (a), 100 m yükseklikteki ortalama yıllık güç yoğunluğu (b), 50 m yükseklikteki ortalama yıllık rüzgâr hızları (c), 100 m yükseklikteki ortalama yıllık rüzgâr hızları (d)

Aynı zamanda REPA' ya göre Türkiye rüzgâr enerji potansiyeli 48.000 MW olarak belirlenmiş ve bu potansiyele karşılık gelen toplam alanın Türkiye yüz ölçümünün %1,30'una denk geldiği belirtilmiştir (URL4).

Şekil 2.4'te gösterilen Türkiye Rüzgâr Atlası, Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) ve Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİEİ) bünyesi tarafından hazırlanmıştır. Türkiye

Rüzgâr Atlasının oluşturulmasında, Danimarka Meteoroloji Teşkilatının laboratuvarında hazırlanan ve Avrupa Rüzgâr Atlasının hazırlanmasında WAsP (Wind Atlas Analysis and Application Program) paket programı kullanılmıştır. 2002 yılında yayınlanan bu çalışmada homojen dağılım gösteren 45 adet meteoroloji istasyonu verileri kullanılmıştır. WAsP paket programında veri analizleri, rüzgâr hızı parametrelerinin 2 parametrelili Weibull dağılımına uygun bir dağılım gösterdiği varsayılarak yapılmaktadır. Bu programda saatlik rüzgâr verisi, bölge pürüzlülük bilgileri, yakın çevre engel bilgileri ve bölgenin topoğrafya bilgisi kullanılmaktadır. Bu dört girdi bilgisi programın alt modellerinde değerlendirilerek bölgesel rüzgâr atlası istatistikleri hesaplanmaktadır (URL7).



Beş farklı topoğrafik durum için yer seviyesinden 50 m yükseklikteki rüzgâr potansiyelleri ¹									
Kapalı Araziler ² ms ⁻¹ Wm ⁻²		Açık Araziler ² ms ⁻¹ Wm ⁻²		Kıyılar ⁴ ms ⁻¹ Wm ⁻²		Açık Deniz ² ms ⁻¹ Wm ⁻²		Tepe ve Bayırlar ⁵ ms ⁻¹ Wm ⁻²	
> 8.0	> 250	> 7.5	> 500	> 8.5	> 700	> 9.0	> 800	> 11.5	> 1800
5.0-6.0	150-250	6.5-7.5	300-500	7.0-8.5	400-700	8.0-9.0	600-800	10.0-11.5	1200-1800
4.5-5.0	100-150	5.5-6.5	200-300	6.0-7.0	250-400	7.0-8.0	400-600	8.5-10.0	700-1200
3.5-4.5	50-100	4.5-5.5	100-200	5.0-6.0	150-250	5.5-7.0	200-400	7.0-8.5	400-700
< 3.5	< 50	< 4.5	< 100	< 5.0	< 150	< 5.5	< 200	< 7.0	< 400

1. Rüzgâr potansiyeli, rüzgârın gücünü temsil etmektedir. Rüzgâr türbini halihazırda potansiyelin % 20 ile % 30 luk bölümünü kullanabilir. Potansiyel hesaplamaları; deniz seviyesinde 1 Atm lik standart basınç ve 15 °C sıcaklığa karşılık gelen 1.23 kg.m⁻³ hava yoğunluğuna göre yapılmıştır.
2. Yerleşim alanları, ormanlar ve rüzgâr kırıcıları yoğun olduğu tarım alanları (pürüzlülük sınıfı 3)
3. Az sayıda rüzgâr kırıcının olduğu açık araziler (pürüzlülük sınıfı 1). İç bölgelerde en fazla tercih edilen alanlar genellikle bu sınıfta bulunmaktadır.
4. Düzgün kıyı alanları ve çok az sayıda rüzgâr kırıcı içeren kara yüzeyleri (pürüzlülük sınıfı 1). Eğer hakim rüzgâr yönü deniz tarafindan ve sürekli ise, potansiyel daha fazla olabilir. Tam tersi durumda ise potansiyel daha az olabilir.
5. Kıyılardan en az 10 km uzaklıktaki açık denizler (pürüzlülük sınıfı 0).
6. Bölün sınıflarda % 50 ye varan bir hız artışı görülmektedir ve bu sonuç 400 m yüksekliğinde ve 4 km gapındaki simetrik bir tepede yapılan hesaplamalarda elde edilmiştir. Rüzgâr hızındaki artış; tepenin yüksekliğine, uzunluğuna ve yapısına bağlıdır.

Şekil 2.4. Türkiye Rüzgâr Atlası

2.4. Güneş ve Rüzgâr Enerjisi Yer Seçimi Çalışmaları

Belirtilen güneş ve rüzgâr enerjilerinin etkin ve verimli kullanımı için farklı lokasyonlardaki potansiyel bilgilerine ihtiyaç vardır. Potansiyel kaynakları araştırmak ve tespit etmek karar vericiler, mühendisler ve ilgili kullanıcılar için önemli bilgiler sağlayabilmektedir. Tespit edilen bu potansiyellerin kullanılabilirliği yenilenebilir enerji gelişimi için öncelikli alanlara yönlendirilebilir hale gelmektedir. Bu kaynakların etkin ve en verimli kullanımı, enerji potansiyelleri ve enerji ihtiyacı ile doğrudan ilgili olması, mekânsal dağılımları ve bu dağılıma göre kaynakların yerinde kullanımı için yer seçimi önemli bir çalışmadır.

Güneş enerjisi için kurulumun yapılacağı yer seçimi çalışmalarında konumsal etmenler ve kullanılan yöntemler farklı farklı ele alınmıştır. Kullanım kolaylığı bakımından yöntem olarak Çok Ölçütlü Karar Analiz Yöntemlerinden (ÇÖKA) AHP tercih edildiği görülmektedir (Demirer, 2017; Uyan, 2017; Uyan, 2013). Güneş panellerinin kurulum alanlarının yer seçiminde yapay zeka yöntemlerinden bulanık mantık ve AHP yöntemi ile oluşturulan hibrit bir yöntem olan bulanık AHP'nin de kullanımına rastlanılmaktadır (Aydın, 2009). Çalışmalarda konumsal olarak ele alınan etkenler Çizelge 2.3.'de gösterilmiştir.

Rüzgâr tribünlerinin kurulum yerlerinin belirlenmesinde, özellikle gürültü ve çeşitli kaynaklara yer verilen ama henüz bilimsel olarak netleştirilemeyen yaşam kalitesinde meydana getirdiği olumsuz yönlerden kaynaklı önem arz etmektedir. Bu konuda konumsal yer seçimi için yapılan bölgesel çalışmalar mevcuttur (Yalçın, 2007; Aitzhanov, 2016; Can, 2019). Bu çalışmalarda Rüzgâr hızı, yoğunluğu ve yönü dışında farklı konumsal etkenlerin göz önüne alındığı Çizelge 2.4'e bakınca anlaşılmaktadır. Ayrıca Ayçin ve Arsu, 2019 çalışmasında; Yenilenebilir enerji kaynaklarında Türkiye'de Düzey-1 bölgelerine göre ÇÖKDS'den Entropi ve Codas yöntemleri yardımıyla bölgesel anlamda sıralama yaparak güneş enerjisi kurulu gücü/toplam kurulu güç, rüzgâr enerjisi kurulu güç ve güneş enerjisi kurulu güç kriterleri olarak belirlenmiştir. CODAS yöntemi sonuçlarına göre, TR5- Batı Anadolu, TR3- Ege ve TR7-Orta Anadolu bölgeleri ilk üç sırada yer almıştır (Ayçin ve Arsu, 2019).

Çizelge 2.3. Güneş enerjisi yer seçimi için kullanılan kriterler

(Uyan, 2017; Uyan, 2013)	(Ayдын, 2009)	(Güçlüer, 2010)
*Yerleşim alanlarından uzaklık *Arazi Kullanımı *Eğim (%) *Trafo merkezine uzaklık *İletim hatlarından uzaklık *Yol ve demiryolundan uzaklık	*Orman alanları, *Milli parklar, *Doğal koruma bölgeleri, *Konut alanları, *Ulusal elektrik şebekeleri, *Kuş göç yolu, *Havaalanları, *Su kütleleri, *Sulak alanlar, *İşletme rüzgâr çiftliği bölgeleridir	*Güneş enerjisi potansiyel atlası – global radyasyon değeri *Eğim *Enerji nakil hattına yakınlık *Trafo merkezlerine yakınlık *Su kaynak alanlarına yakınlık *Nehirlere yakınlık *Göllere yakınlık *Karayollarına yakınlık *Demiryolu hatlarına yakınlık *Çevre koruma alanlarına uzaklık *Kuş göç yollarına uzaklık *Deprem fay hattına uzaklık *Yerleşim alanlarına uzaklık *Havalimanına uzaklık *Rüzgâr elektrik santrallerine uzaklık ***Kullanılamaz alanların haritası oluşturulmuştur(çevre koruma alanı, eğim>%10, yerleşim alanları, havalimanı, göller)
(Yalçın ve Yüce, 2019).	(Kum vd., 2019).	(Akçay, 2019).
*Eğim *Bakı *Enerji nakil hattına uzaklık *Trafo merkezine uzaklık *Yerleşim yerlerine uzaklık *Karayolu ve demiryoluna uzaklık *Sulak alanlar	* Arazi kullanımı *Bakı *Eğim *Global güneşlenme *Güneşlenme süresi *Ortalama sıcaklık *Trafo merkezlerine yakınlık *Ulaşım ağlarına yakınlık	1.Ekonomik Kriterler *Trofa tarife bölgeleri *Bölgesel teşvik uygulamaları *Arazi maliyetleri 2.Teknik Kriterler *Güneş radyasyonu *Üretilebilecek enerji miktarı 3.Coğrafik Kriterler *Ortalama yağış miktarı *Karlı gün sayısı *Deprem riski *Erozyon riski 4.Sosyal Kriterler *İşsizlik *İşgücü

Çizelge 2.4. Rüzgâr türbin yer seçimi için kullanılan kriterler

(Yalçın, 2007).	(Aydin, 2013).	(Aitzhanov, 2016).
1)Potansiyel *Rüzgâr hızı *Rüzgâr yoğunluğu *Hakim rüzgar yönü *Çevresel engeller *Kapasite faktörü 2)Teknik *Deprem kuşağı *Altyapı durumu *Ormanlık alan 3)Sosyal etkenler *Askeri ve sosyal radar tesislerine olan uzaklık *Doğal yaşam ve ekoloji *Hava alanına olan uzaklık *Yerleşim birimlerine olan uzaklık *Tarihi turistik alana uzaklık 3)Ulaşım *Trafo merkezine uzaklık *Elektrik ihtiyacı olan merkezlere uzaklık *Sahaya yakın karayolu uzaklığı 4)Maliyet *Kuruluma maliyeti *Arazi maliyeti *İşletme ve bakım maliyeti	*Rüzgâr Karakteristiği 1.Rüzgâr Hızı 2.Rüzgâr yoğunluğu 3.Hakim rüzgar yönü 4.Çevresel engeller *Maliyet 1.Arazi maliyeti 2.Montaj maliyeti 3.Kablolama maliyeti 4.Lojistik maliyeti 5.İşletme ve bakım maliyeti *Teknik 1.Alt yapı durumu 2.Trofa merkezine olan uzaklık 3.Elektrik ihtiyacı olan merkezlere uzaklık 4.Askerî ve sivil radar merkezlerine uzaklık 5.Havaalanına olan uzaklık *Sosyal 1.Yerleşim birimlerine olan uzaklık 2.Tarihi ve turistik alana uzaklık 3.Ormanlık alan 4.Doğal yaşam ve ekolojik çevre	*Karayolu *Elektrik hattı maliyeti *Arazi maliyeti *Demiryollarına uzaklık *Havaalanı alanı *Kentsel alanlar *Topluluk bölgeleri *Önemli yerler *Turistik yerler *Parklar ekolojik değer alanları *Dünya mirası arkeolojik anıtlar ve önem arz eden tarihi yerler *Radyo ve tv istasyonlarına uzaklık *Rüzgâr enerji potansiyeli *Yüzey pürüzlülüğü *Yükseklik *Eğim *Gözenekli zeminler ve mağaralar *Arıza hatlarına uzaklık *Maden sahalarına uzaklık *Nehir,kanal,su kütleleri *Kuş habitatları ve rotaları *Ormanlar
(Sedıqı, 2015)	(Can, 2019)	(Özşahin, vd., 2013)
*Rüzgar Potansiyeli/Hızı *Koruma Alanlarına Olan Uzaklık *Yerleşim Alanlarına olan Uzaklık *Ormanların Varlığı *Eğim *Yükseklik *Yoldan Uzaklıkları *Tarım Alanı Varlığı	*Yükseklik modeli *Arazi eğimi *Arazi yüksekliği *Karayolları *Diri Faylar *Yerleşim alanları *Koruma alanları *Orman alanları *Akarsular *Göller *Kurulu RES'ler *Elektrik hatları *Rüzgar kapasitesi	*Yıllık Rüzgâr Hız Dağılımı (m/s) *Yıllık Güç Yoğunluğu Dağılımı *Yıllık Kapasite faktörü dağılımı/50m (%) *Pürüzlülük *Enerji nakil hatlarına uzaklık(m) *Trafo merkezlerine uzaklık *Litoloji *Fay hatlarına uzaklık (m) *Yer şekilleri *Yükseklik *Eğim *Bakı *Akarsulara uzaklık(m) *Arazi kullanımı *Yollara uzaklık (m)
(Değirmenci vd., 2017)		
*Rüzgâr Enerji Potansiyeli *Don süreleri *Arazi Maliyetleri *Yollar *Ormanlık Alanlar *Şebeke Kapasitesi *Arazi Engebesi		

Ayrıca ülkemizde yapılan REPA çalışması, bizlere il bazında rüzgâr enerjisi teknik potansiyelleri ile ilgili yönlendirici bilgiler sunmaktadır. Rüzgâr kaynak bilgileri aşağıda belirtilen tematik haritalar ile desteklenerek RES kurulabilecek alanlar belirlenmektedir (URL5).

1. Arazi pürüzlülüğü
2. Topoğrafya ve yükseklik bilgileri
3. Deniz derinlikleri
4. Arazi eğimi
5. Yerleşim alanları
6. Sulama kanalları ve alanları
7. Kara yolları, demir yolları , hava yolları ve limanlar
8. Enerji nakil hatları ve trafo merkezleri
9. Enerji santralleri
10. Deprem fay hattı
11. Arazi kullanım bilgisi
12. Ormanlar
13. Çevre koruma alanları
14. Kuş göç yolları
15. RES başvurularının yerleri

Her bir ilde türbinlerin kurulması mümkün olmayan alanların tespiti için ise,

- Tüm karayolları, demiryolu hatları ve deniz sahillerinde; 100 m içindeki alanlar
- Havaalanları; 3 km içindeki alanlar
- Yerleşim birimi ve alanları; 500 m içindeki alanlar
- Çevre koruma alanları; 500m içindeki alanlar
- 50 m derinlikten fazla olan deniz alanları
- %20'den büyük olan arazi eğimi
- 1500 m'den fazla olan yükseklikler (T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, 2010).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Yapay Sinir Ağları (YSA)

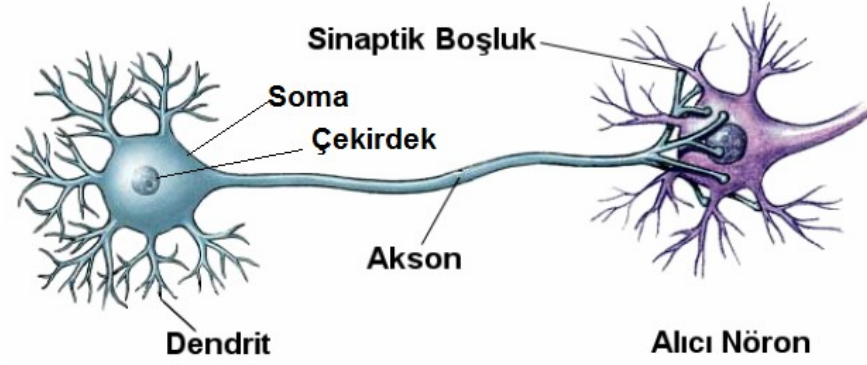
Yapay Sinir Ağları (YSA), basit biyolojik sinir sisteminin çalışma şeklini taklit etmek için tasarlanan bir modeldir. Taklit edilen sinir hücreleri nöronlar içerirler ve bu nöronlar çeşitli şekilde birbirine bağlanarak ağı oluştururlar. Bu ağlar aracılığıyla veriler arasındaki ilişki öğrenme, hafızaya alma ve ilişkiyi ortaya çıkarma süreçlerini destekler (Yurtoğlu, 2005). Başka bir ifadeyle, YSA insan beyninin özelliklerinden olan öğrenme yolu ile yeni bilgiler türetebilen, oluşturabilen ve keşfedebilme gibi yetenekleri bilgisayar ortamında otomatik olarak gerçekleştirebilen bir sistemdir (Öztemel, 2006).

YSA yaklaşımının temel düşüncesi ile insan beyninin fonksiyonları arasında benzerlik vardır. Çevre şartlarına göre davranışlarını şekillendirebilir. Girişler ve istenen çıkışların sisteme verilmesi ile kendisini farklı cevaplar verebilecek şekilde ayarlayabilir. Ancak son derece karmaşık bir içyapısı vardır. Hedef elemana ulaşmak için veri seti analiz edilir. Bu analiz esnasında programın yaptığı denklemler bilinmemekte olup herhangi bir denkleme bağlı çalışmamaktadır (Saraç, 2012).

3.1.1. Biyolojik sinir ağları ve yapay sinir ağlarının yapısı

İnsan beyni tarafından yönetilen biyolojik sinir sistemi beş duyu organından ve diğer sinirlerden gelen bilgiler ışığında geliştirildiği, algılama ve anlama mekanizmalarını çalıştırarak olaylar arasındaki ilişkileri öğrenir. Bilgiyi alan, yorumlayan ve uygun karar üreten merkezi sinir ağı olan beyin 3 katmanlı bir sistem olarak çalışır. Bu katmanlar çevresinden gelen uyarıları (girdileri) elektriksel sinyallere dönüştüren alıcı sinirler (receptor), beynin ürettiği sinyalleri uygun tepkilere dönüştüren tepki sinirleri (effector) ve tepki sinirleri ile alıcı sinirleri arasında ileri geri besleme yaparak uygun sinyaller üreten merkezi sinir sistemidir (Bayır, 2006).

Merkezi sinir sisteminin temel elemanları olan özel sinir hücresi nöron olarak adlandırılır. Şekil 3.1'de de görüldüğü gibi bir sinir hücresi dendritler, hücre gövdesi (soma), aksonlar ve sinapslardan oluşmaktadır.



Şekil 3.1. Biyolojik bir sinir hücresi

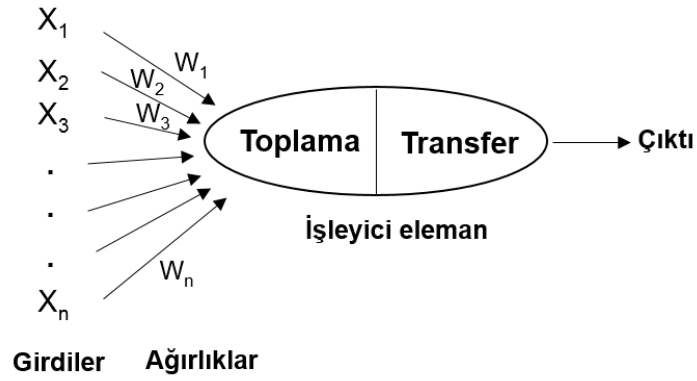
Sinir hücreleri birbirine akson veya dendritlerden bağlanır. Bu bağlantı noktalarına sinaps denir. Sinapslar diğer bir sinir hücresinin aksonundan aldıkları sinyalleri dendrite iletilmesini sağlar. Dendrit, girdi olarak aldığı sinyali somaya yani hücrenin gövdesine iletir ve hücre gövdesi akson aracılığıyla tekrar diğer nöronlara sinyaller iletmektedir (Bayır,2006).

Biyolojik sinir ağı performansları görmezden gelinemeyecek kadar yüksek ve karmaşık olayları işleyebilecek yeteneğe sahiptir. Bu sebeple YSA ile bu yetenek bilgisayarlara kazandırılmıştır. Sinir sisteminin temel elemanları olan nöronlar YSA'nın da temel elemanıdır. YSA, birbiriyle bağlantılı çok sayıda nöronun (yapay sinir hücresi) meydana gelmektedir. Çok sayıda girdisi ve tek bir çıktısı olan yapay sinir ağları, biyolojik sinir sisteminin basit bir modelidir. Biyolojik sinir sistemi ve yapay sinir ağlarının elemanları Çizelge 3.1.'de verilmektedir (Uygun, 2015).

Çizelge 3.1. Biyolojik sinir sistemi ve yapay sinir ağları arasındaki benzerlik (Fausett,1994)

Biyolojik sinir sistemi	Yapay sinir ağları
Nöron	İşlemci eleman
Soma (hücre gövdesi)	Transfer fonksiyonu
Dendrit	Toplama fonksiyonu
Akson	Çıktı
Sinapsler	Ağırlıklar

McCullogh ve Pitts (1943) tarafından ilk kez biyolojik sinir sisteminden esinlenerek yapay sinir hücresinin matematiksel modelini oluşturmuşlardır. Şekil 3.2.'de verilen yapay sinir hücresine ait matematiksel modelin gösterimidir. Matematiksel modelde de gösterildiği gibi yapay sinir ağlarının içinde olan sinir hücreleri girdi verilerini alıp çıktı üretmektedir.



Şekil 3.2. Basit bir yapay sinir hücresinin yapısı

YSA öngörü, tahmin ve öğrenme gibi yeteneklere sahip olduğundan istatistikî yöntemlere göre daha kolay çözüm üretebilir. Öğrenme ve ortam değişikliklerine uyum sağlayabilme yeteneği yapay sinir ağı modelinin en önemli avantajıdır (Hu, 2002). Endüstriyel, finansal, askeri ve savunma, sağlık, haberleşme ve ulaşım gibi uygulama alanlarında sıklıkla kullanılmaktadır (Elmas, 2003; Oztemel, 2006; Karahan, 2011). Model, verilerin eğilimlerini tanımlayan bir yöntem olduğu için tahmin işlemleri içinde kullanımı uygundur (Karahan, 2011). Geçmiş dönemdeki veri örneklerinden yararlanarak problemi tanımlar ve model oluşturarak gelecekle ilgili tahminlerde bulunur.

Özellikle YSA doğrusal olmayan sistemlerde geleneksel sistemlere göre daha fazla avantaja sahiptir. Bundan dolayı bir çok alanda kullanım imkanı bulunan YSA'nın sağladığı avantaj ve dezavantajlar aşağıdaki gibi özetlenebilir.

Çizelge 3.2. YSA yönteminin avantaj ve dezavantajları (Aydın, 2012).

YSA'nın Avantajları	YSA'nın Dezavantajları
Doğrusal olmama	YSA yönteminin donanıma bağlı olması
Öğrenme	Belirli bir kural olmadığından probleme uygun ağ yapısının belirlenmesi için deneme yanılma yolunun uygulanması
Genelleme	Ağın davranışlarının açıklanamaması
Uygulanabilirlik	Ağın eğitiminin ne zaman sonlanacağına dair karar vermek için bir yöntem olmaması
Hata toleransı	Geniş veri seti gereksinimi
Paralellik	Modelleme yapılarına rağmen uygulamanın zor ve karmaşık olması
Eksik verilerle çalışma	
Adaptasyon	

3.1.2 YSA metodolojisi

YSA modeli kurulurken ilk önce girdi ve buna karşılık gelen çıktı verilerinin oluşturulması ve ağa sunulmadan önce normalize edilmesi gerekmektedir. Veri setinin %70'i ağın eğitiminde %30'u ise ağın test edilmesindeki işlem adımları için ayrılmalıdır. Girdi ve çıktı verilerinin belirlenmesinden sonra ağ mimarisi oluşturulmalıdır. Ağ mimarisinin oluşturulması için gizli katman sayısı ve gizli katmandaki nöron sayısının belirlenmesi, ağ parametrelerinin saptanması gerekir. Ağ mimarisinin kurulmasında etkili olan tüm işlemler sezgisel olarak deneme yanılma yolu ile belirlenmektedir. Eğitime başlamadan önce YSA da ki girdi verilerinin ağırlıkları kullanıcı tarafından bilinmemektedir. Kurulan model tarafından rassal olarak belirlenir.

Daha sonra eğitim için ayrılmış olan eğitim seti ağa tanıtılır ve öğretilir. Eğitim işlemi sırasında ağın bağlantılarındaki ağırlıklar öğrenme kuralına göre güncellenir ve yeni ağırlıklara göre ağ tekrar çıktı üretmektedir. Bu iteratif işlemlerin sonlandırılması iki şekilde mevcuttur. Ya belirli bir iterasyon sayısına ulaşıncaya ya da hata değeri kabul edilebilir bir değerin altına inince eğitim sonlandırılır. İstenilen hata değerine eğitim sonucunda ulaşılamıyorsa veri seti gözden geçirilerek ağ mimarisi tekrar kurulur.

Ağ eğitimi kabul edilebilir şekilde tamamlandıktan sonra test verilerinden yararlanılarak ağ test edilir ve tahmin performansı ölçülür. Eğer test sonucu kabul edilebilir bir başarıya ulaşırsa yeni girdi verileri ağa tanıtılır ve çıktı verileri elde edilir. Eğer test sonucu kabul edilebilir bir başarıya sahip değil ise işlemler tekrarlanır.

3.2. Analitik hiyerarşi prosesi (AHP)

Türkiye enerji kimlik haritası üzerinden yer seçimi uygulamalarının gerçekleştirilebilmesi için analitik hiyerarşi prosesi (AHP) yöntemi kullanılmıştır.

1970'li yıllarda Thomas Saaty tarafından geliştirilen AHP yöntemi çok sayıda kriter ile karmaşık problemleri hiyerarşik bir düzen içerisinde modellemektedir. Problem ana hedef ve hedefi etkileyen kriterler alt ölçütlerden oluşacak şekilde hiyerarşik yapı oluşturulur (Saaty ve Vargas,2000). Oluşturulan hiyerarşik yapı karşısında öncelikli kriterlerin elde edilmesi için ikili karşılaştırmalar yapılmalıdır. Öncelikli kriterlerin belirlenebilmesi için karar verme sürecinde uzman kişilerin bilgi ve deneyimlerinin de dikkate alınması gerekir. Göreceli olan karar verme süreci bir standarda getirilmesi için Saaty (1980) tarafından Çizelge 3.3'te gösterilen 1-9 aralığına

göre tercih ölçeği geliştirilmiştir. Çizelge 3.3'ten faydalanılarak yapılan puanlama ile ikili karşılaştırma matrisi oluşturulur.

Çizelge 3.3. AHP değerlendirme sürecinde ikili karşılaştırma ölçeği

Önem Derecesi	Anlamı	Açıklaması
1	Eşit önemli	Her iki kriterde eşit önemde
3	Orta önemli	Bir kriter diğer bir kritere göre biraz daha önemli
5	Güçlü önemli	Bir kriter diğerine göre fazla öneme sahipse
7	Çok güçlü önemde	Bir kriter diğerine göre çok fazla bir öneme sahipse
9	Aşırı derecede önemli	Bir kriter diğer bir kritere göre aşırı derecede önemli
2,4,6,8	Ara değerler	Hangi dereceye ait olduğu kararını vermekte tereddüt edilirse sayısal değerlerin arasında kalan değer verilir.

Bu çizelgede yer alan değerler kriterler arasındaki ilişkilerin önem derecesini belirler. Tüm kriterlerin ikili karşılaştırması sonucu matris oluşur ve bu matris n adet kriter için $n(n-1)/2$ adet karşılaştırmadan oluşur (3.1).

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (3.1)$$

İkili karşılaştırma matrisi olan A matrisi kriterlerin arasındaki ilişkilere göre önem derecelerini göstermektedir. Birde bu kriterlerin bir bütün içerisinde yüzde dağılımlarını yani ağırlıklarının belirlenmesi gerekir. Bunun içinse sütunlardan yararlanılır. Her bir sütunda yer alan değerler toplanır ve sütundaki her bir değer sütundaki toplam değere bölünür ardından sütundaki bileşenlerin ortalaması ile C matrisi elde edilir (3.2).

$$C = \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ c_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \frac{a_{11}}{\sum a_{1j}} & \frac{a_{12}}{\sum a_{1j}} & \dots & \frac{a_{1n}}{\sum a_{1j}} \\ n & n & \dots & n \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \cdot & \cdot & \dots & \cdot \\ \frac{a_{n1}}{\sum a_{nj}} & \frac{a_{n2}}{\sum a_{nj}} & \dots & \frac{a_{nn}}{\sum a_{nj}} \\ n & n & \dots & n \end{bmatrix} \quad (3.2)$$

Hiyerarşinin kabul edilebilirliği hakkında bilgi sahibi olmamız için sonuçların doğruluğunu teyit eden tutarlılık derecesi de hesaplanmalıdır. A karşılaştırma matrisi ile öncelik vektörü olan C matrisinin çarpımından tutarlılık vektörü hesaplanır (3.3). Ardından temel değer olan λ_{\max} değeri hesaplanır (3.4).

$$A \times C = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \times \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \vdots \\ c_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ \vdots \\ x_n \end{bmatrix} \quad (3.3)$$

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{x_i}{c_i} \quad (3.4)$$

λ_{\max} hesaplandıktan sonra tutarlılık indeksi (CI) ve tutarlılık oranı (CR) belirlenir (3.5).

$$CI = \frac{\lambda - n}{n-1} \quad CR = \frac{CI}{RI} \quad (3.5)$$

Random gösterge olan RI değeri ise Çizelge 3.4'te verilen standart değerler ile belirlenir. Sonuçların doğruluğu karar vericilerin tespit ettiği kriterler arasındaki ilişkiler ile tespit edildiğinden ikili karşılaştırmalardaki yanlış değerlendirmeler CR değeri ile gözlenir. CR değeri için 0.10 üst sınır değeridir ve 0.10'dan büyük olan karşılaştırmaların karar vericiler tarafından tekrardan gözden geçirilmesi gerekmektedir.

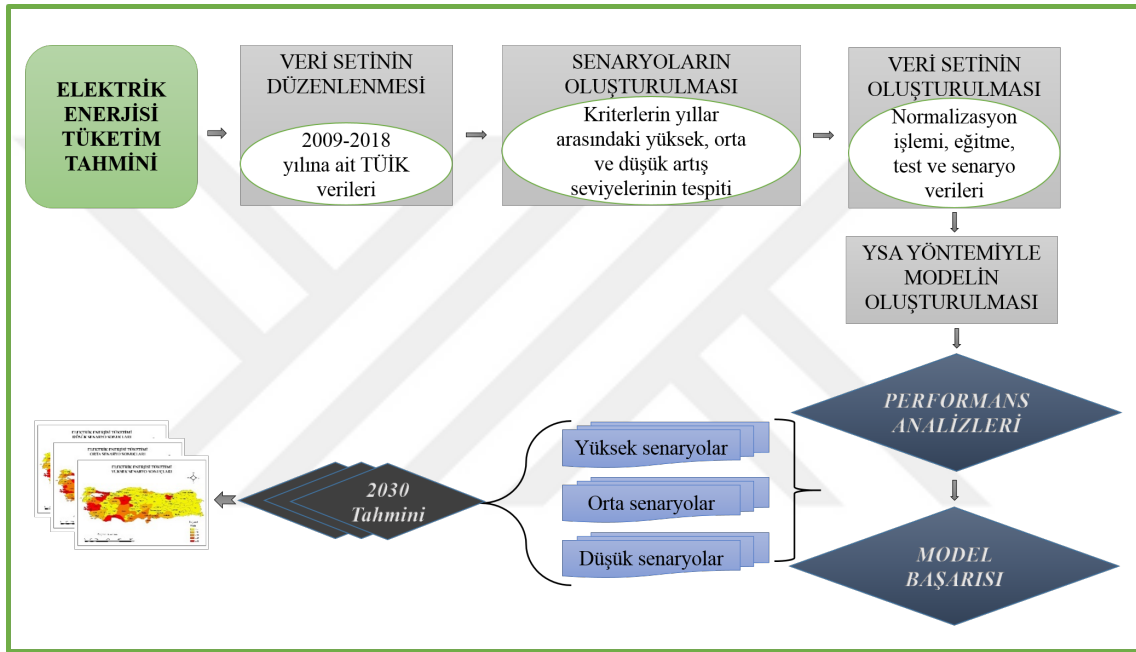
Çizelge 3.4. RI değerinin belirlenmesi

Kriter Sayısı	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
RI	0	0	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

4.1. Elektrik Enerjisi Tüketim Tahmini

Tez çalışması kapsamında yapılan ilk uygulama 2030 yılı elektrik enerjisi tüketim tahminine yöneliktir. Türkiye'nin 2030 yılı talep tahmini için kullanılan YSA yöntemi Matlab programında değerlendirmeye alınmıştır. Şekil 4.1'de gösterildiği gibi yapılan uygulamaya dair iş akış planı yer almaktadır.



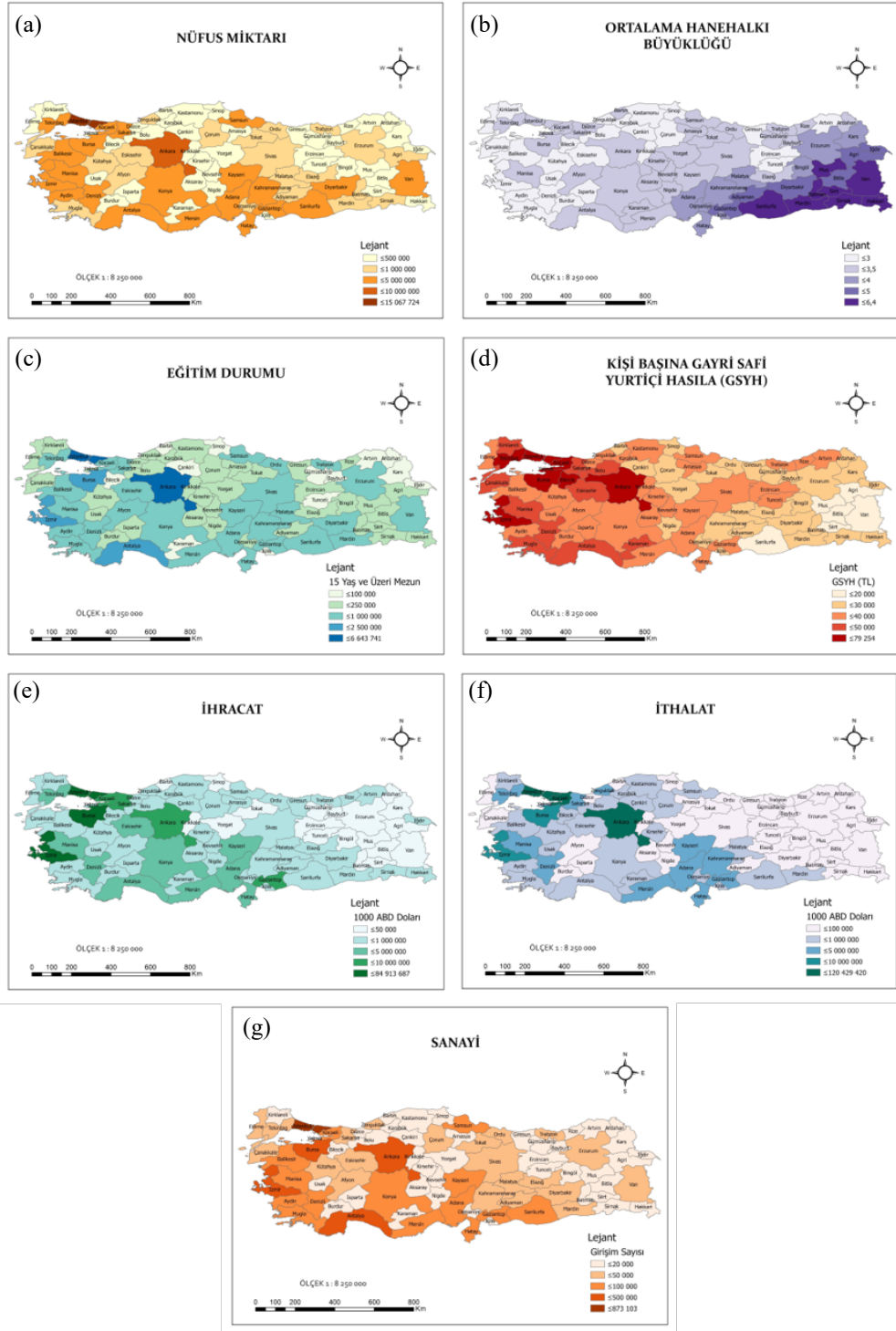
Şekil 4.1. Elektrik enerjisi tüketim tahmini iş akış planı

Literatürde ki taramalardan elde edilen bilgiler ışığında elektrik enerjisi tüketim tahminini etkileyen öznitelik bilgileri tespit edilmiş ve Türkiye'nin 2030 yılı elektrik enerjisi tüketim tahmininde kullanılmak üzere nüfus, ortalama hanehalkı büyüklüğü, eğitim durumu, GSYH, ihracat, ithalat, sanayi bilgileri modelde girdi verisi olarak kullanılmıştır. Her bir kriterin 2009-2018 yıllarından oluşan 10 yıllık döneme ait verileri içeren bilgiler, Türkiye İstatistik Kurumu'ndan (TÜİK) 81 il özelinde değerlendirmeye alınmıştır.

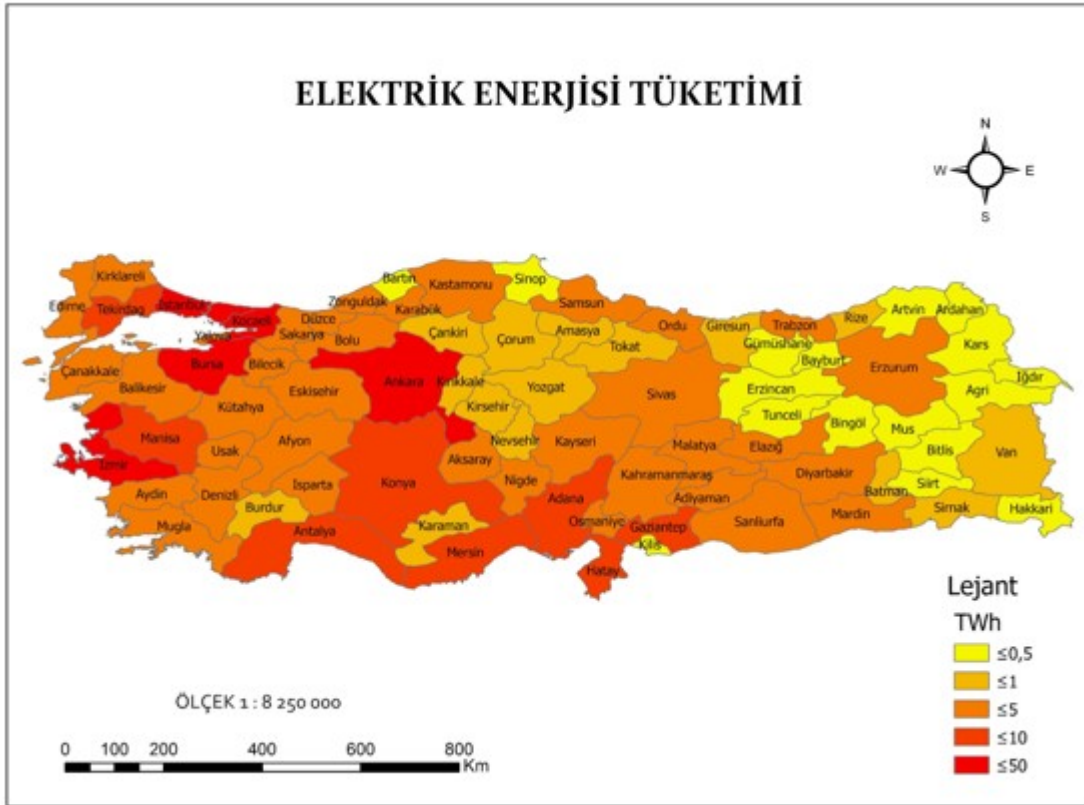
Modelde yedi tane öznitelik bilgisi girdi olarak ve elektrik enerjisi tüketimi çıktı verisi olarak kullanılmıştır. Girdi ve çıktı verilerinin yoğun olması, veri setinin analiz edilmesinde karmaşıklığa yol açtığı için konumsal anlamda yakından tanımak ve

mevcut durumunu gözlemleyebilmek adına her bir kriter coğrafi bilgi sistemleri ortamına entegre edilmiştir. Böylece modelde etkili olan tüm kriterlerin genel durumunu göstermek amacıyla Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'te görsel olarak il bazında değerlendirilebilme imkanı sunulmaktadır.





Şekil 4.2. Modelin girdi verisi olan nüfus miktarı (a), ortalama hanehalkı büyüklüğü (b), eğitim durumu (c), kişi başına gayri safi yurtiçi hasıla (d), ihracat (e), ithalat (f), sanayi (g) bilgilerinin 2018 yılı genel durumu



Şekil 4.3. Modelin çıktı verisi olan elektrik enerjisi tüketiminin 2018 yılı genel durumu

TÜİK'ten elde edilen öznitelik bilgileri ile oluşturulan veri setinde, veriler arasında herhangi bir düzensizlik ve eksiklik olmadığı için veri ön işleme çalışmasına gerek duyulmamaktadır. Elde edilen verilerin gerçeği yansıttığı kabul edilerek veri setinde doğrudan kullanılmıştır.

Senaryoların oluşturulmasına yardımcı olan tüketime etki eden her bir kriterin yıllar arasındaki değişimleri göz önüne alınarak en yüksek, orta ve düşük artış seviyeleri ile 3 farklı senaryo oluşturulmuştur. Oluşturulan bu senaryolar daha sonra veri setine dahil edilmiştir. Veri setindeki değerler YSA yönteminde modele entegre edilebilmesi için veriler arasında aşırı derecede fark olmaması ve birbiri ile orantılı olması gerekmektedir. Bu nedenle verilerin modelde kullanılabilmesi için aşağıdaki denklem ile [1,2] aralığında normalize edilmiştir.

$$x_n = (x_r - x_{min}) / (x_{max} - x_{min}) \quad (4.1)$$

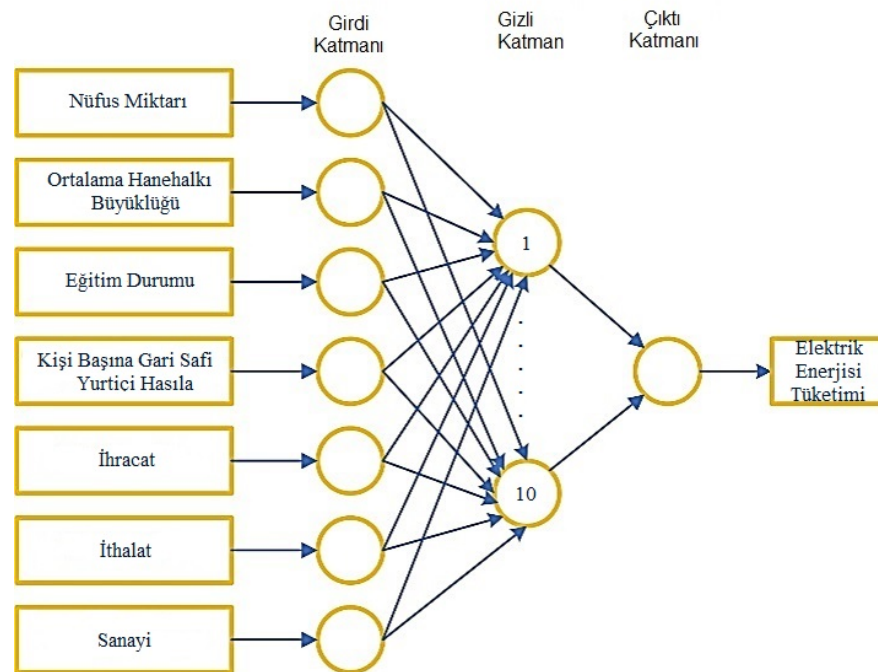
Burada x_r , kriterin gerçek değeri iken x_{min} ve x_{max} ' da kriterin en büyük ve küçük değerlerini yansıtmaktadır.

Normalize edilen veri seti değerlerinin %70'i eğitim, %30'u test ve oluşturulan senaryo verileri olarak 3 gruba ayrılmaktadır;

- 2009, 2011, 2012, 2013, 2015, 2016, 2017 yıllarını içeren 567x8 veri eğitim seti,
- 2010, 2014, 2018 yıllarını içeren 243x8 veri test seti,
- 2030 yılı için verilerin düşük, orta ve yüksek seviye artışına göre düzenlenen 243x7 veri senaryo seti olarak düzenlenmiştir.

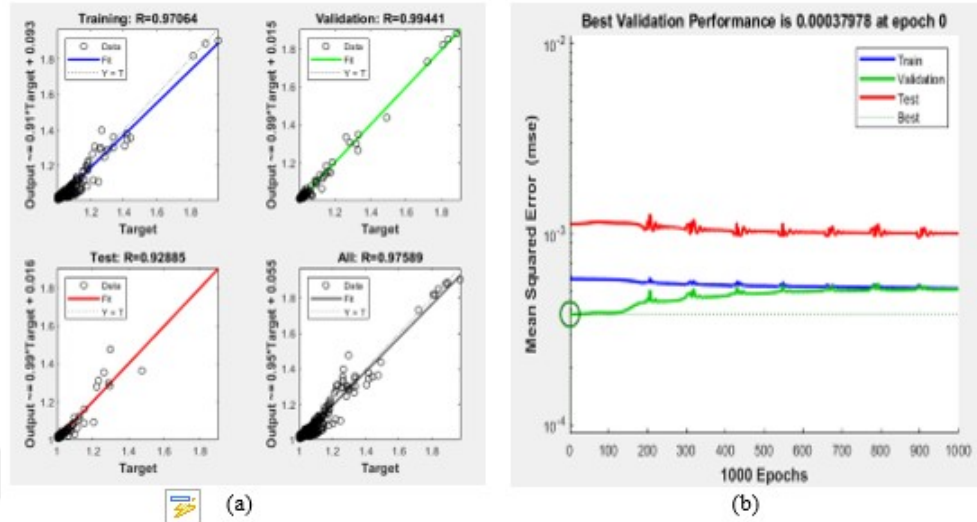
Eğitim setinde yer alan veriler ile model eğitimi gerçekleştirilirken test setindeki veriler ile modelin tahmin başarısının test edilmesinde kullanılmıştır. 2030 yılı elektrik enerjisi tüketim talebinin tahmin edilmesinde ise senaryo setinden faydalanılmıştır.

Yedi giriş ve bir çıkış kriteri ile oluşturulan YSA modelinin yapısı Şekil 4.4'te gösterilmektedir. YSA modelinin yapısı oluşturulurken problemin türüne göre farklı algoritmalar tercih edilebilir. Fakat ileri beslemeli geri yayılım topolojisi neredeyse tüm problemlerin çözümünde kullanılmaktadır (Anderson ve McNeill, 1992). Bu çalışmanın model kurulumunda da YSA'nın ileri beslemeli geri yayılım özelliğinden faydalanılmıştır. Katman ve nöron sayısının tespitinde ise farklı kombinasyonlar deneyerek 1 katmanlı ve 10 nöron sayısına sahip ağ modelin performansına göre karar verilmiştir.



Şekil 4.4. Yapay sinir ağı modelinin yapısı

Oluşturulan YSA modeli ile eğitime başarısı 1000 iterasyon sonucunda $R=0.97064$ olarak geri dönüş sağlamıştır (Şekil 4.5).



Şekil 4.5. YSA modelinde eğitim sonucunda elde edilen regresyon değerleri (a) ve modelin ortalama kare hatası ile en iyi doğrulama performans değerleri arasındaki ilişki

Eğitim veri setinin performans değerleri sonucunda model başarısı kabul edilebilir olduğundan test verileri ağı tanıtarak tahmini bir çıktı üretmektedir. Elde edilen tahmini değerler ile gerçek çıktı verileri değerlendirilerek YSA modelinin performansı ölçülür. Modelin doğruluğu ortalama yaklaşıklık (%AA) ve determinasyon katsayısına (R^2) göre incelenmektedir.

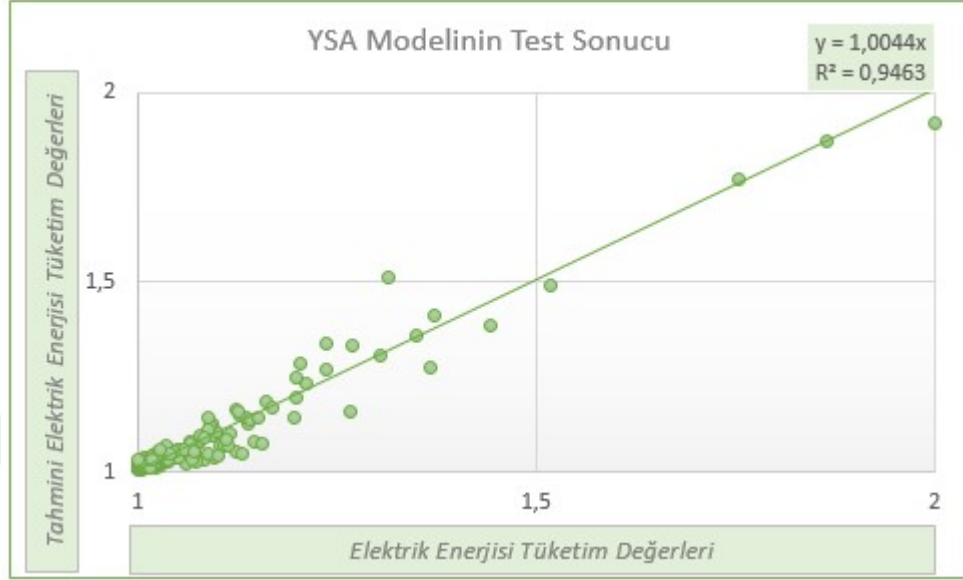
$$\%AA = \frac{\sum_{i=1}^n (1 - \frac{|X_p - X_i|}{X_p})}{n} \times 100 \quad (4.2)$$

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (x_p - x_i)^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (4.3)$$

Denklemlerde belirtilen x_p elektrik enerjisi tüketiminin tahmin değeri, x_i gerçek değeridir. $i: \{1,2,3,\dots,n\}$ ise veri setinde bulunan 81 ilin numaralandırılmasıdır.

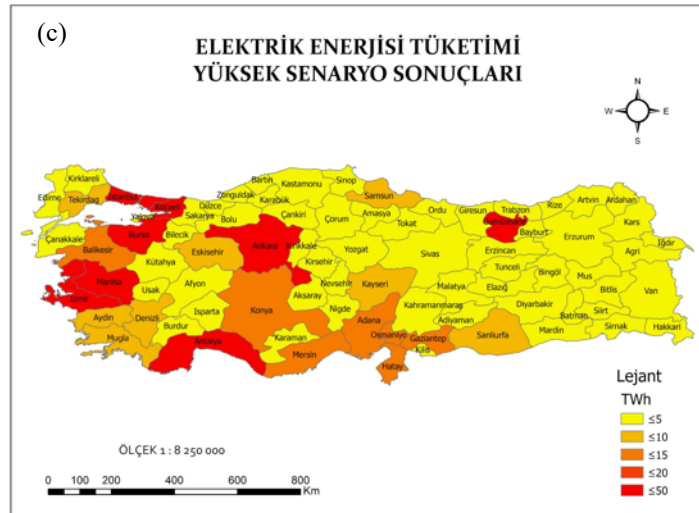
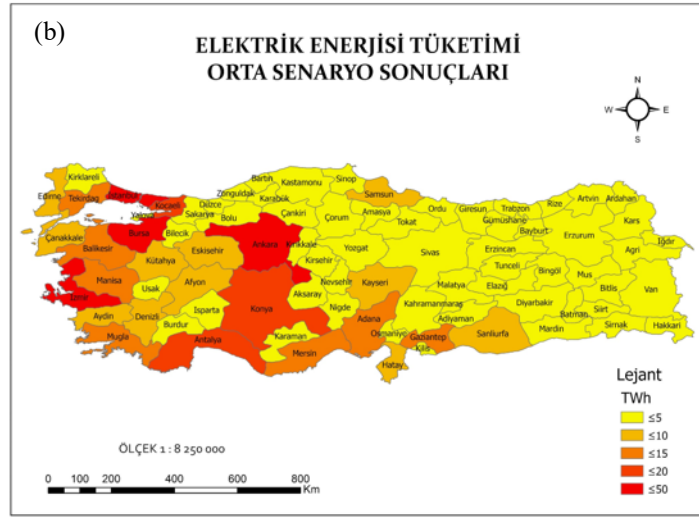
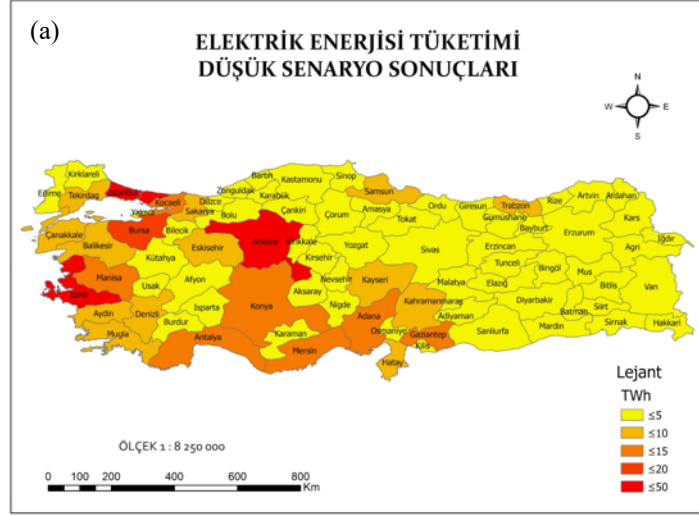
Model performansı incelendiğinde ortalama yaklaşıklık oranı %98 mutlak başarı ile elde edilmiştir. Test veri setinde kullanılan elektrik enerjisi tüketim değeri ile

modelden elde edilen tahmini elektrik enerjisi tüketim değeri arasındaki en iyi uyum eğrisi ($y=x$ eğrisi) Şekil 4.6'da gösterilmektedir. $R^2 = 0,9463$ olarak elde edilen tahmin sonucu 1'e yakın olduğundan model başarılı sayılır.



Şekil 4.6. YSA modelinin $y=ax$ ve R^2 değeri

Türkiye'nin 10 yıllık verileri kullanılarak modelin başarısı test edildikten sonra 81 ile ait 2030 yılı elektrik enerjisi tüketim tahmini için üretilen senaryolar ile enerji talep tahmini gerçekleştirilmiştir. Düşük, orta ve yüksek olarak 3 ayrı grupta değerlendirilen senaryonun YSA modeline tanımlanmasıyla elde edilen tahmin sonuçlarına ait haritalar Şekil 4.7'de gösterilmektedir.



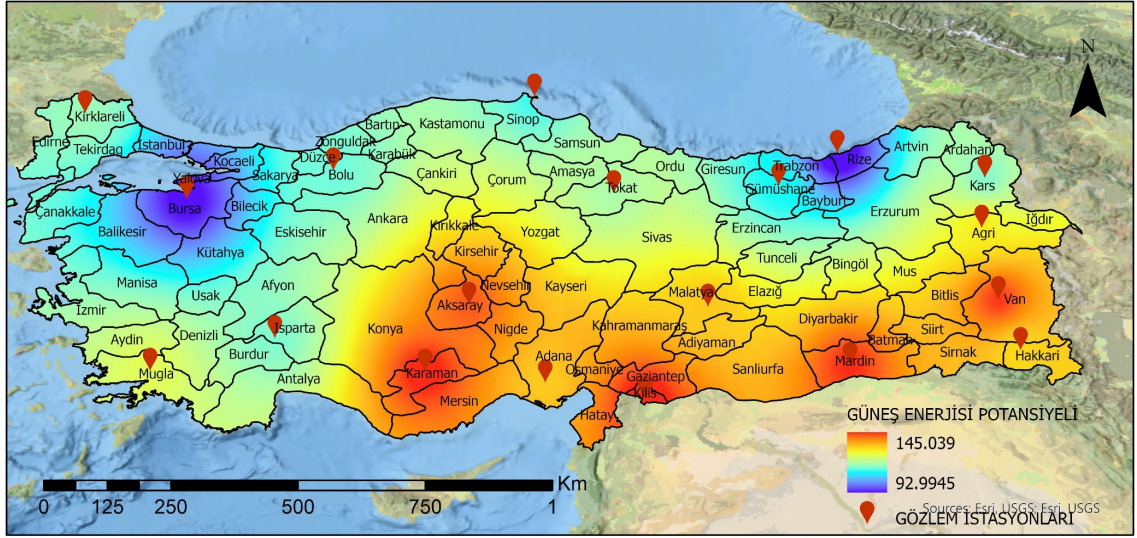
Şekil 4.7. Türkiye'nin 2030 yılı elektrik enerjisi tüketim tahmini düşük senaryo (a), orta senaryo (b) ve yüksek senaryo (c) sonuç haritası

4.2. Enerji Kimlik Haritalarının Üretilmesi

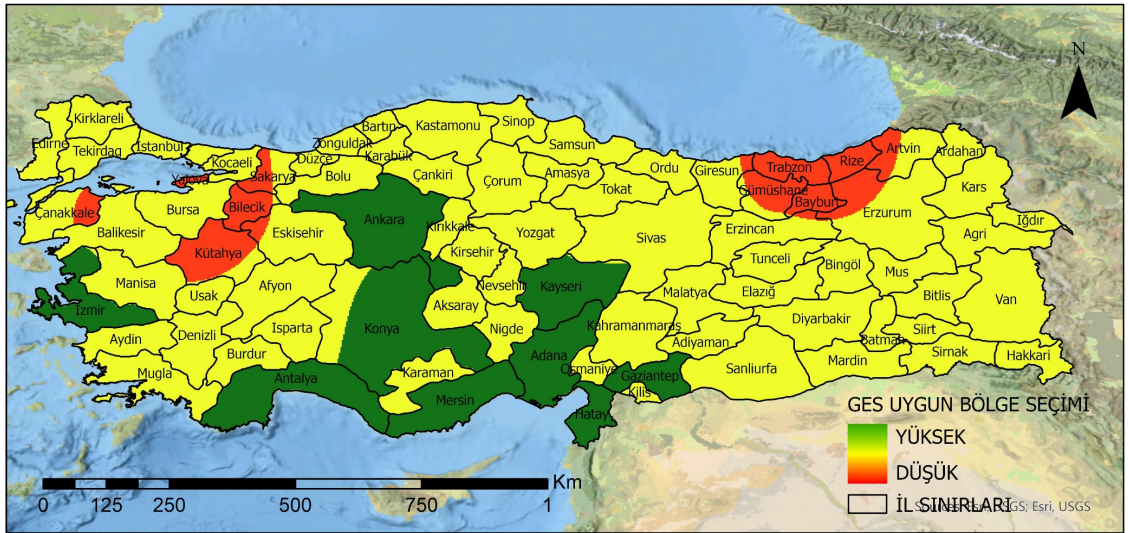
Çalışmada kimlik haritalarının üretilmesi için Meteoroloji Genel müdürlüğünden elde edilen gözlem istasyonlarına ait küresel güneş radyasyonu ve rüzgar hızı verilerinden faydalanılmıştır. Elde edilen veriler ile hazırlanan güneş (Şekil 4.8) ve rüzgar enerjisi potansiyel haritaları (Şekil 4.10) ile 2030 yılı elektrik enerjisi tüketim tahmini (Şekil 4.7) haritaları birlikte değerlendirilerek üretilen enerji kimlik haritaları güneş (Şekil 4.9) ve rüzgar (Şekil 4.11) enerji kaynağı içinde ayrı ayrı elde edilmiştir.

Elde edilen enerji kimlik haritaları enerji kaynağına bağlı olarak potansiyelin yüksek olduğu aynı zamanda gelecekte elektrik enerjisi tüketim ihtiyacının olacağı bölgelerin bilgisini sunmaktadır (Şekil 4.8). Enerji kaynaklarına göre üretilen iki farklı kimlik haritası kurulacak olan santrallerin hangi bölgede daha verimli üretim yapılacağını göstermektedir. Aynı zamanda enerji kaynağına bağlı olarak ihtiyaca yönelik, yerinde yapılacak üretimin etkili bir şekilde tüketiciye iletilmesini oluşturulan haritalar sağlamaktadır.

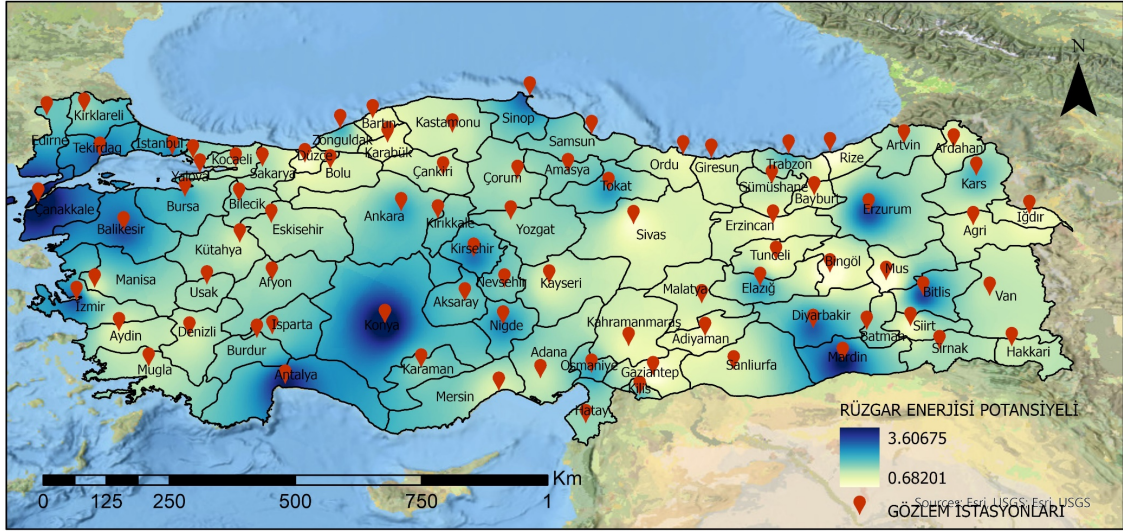
GES ve RES yer seçimi uygulamasında bölge tercihi yapılırken enerji kimlik haritalarının oluşturulması kontrollü ve ihtiyaca yönelik bölgelerin gözlenerek karar sürecine destek olmuştur. İlgili kimlik haritaları incelendiğinde GES için uygun yer seçimi bölgelerinin güney kıyılarında yoğunluk gösterdiği ve batıda tek bir il olarak İzmir'in en uygun bölge olduğu gözlenmektedir. Güney kıyılarındaki dağılım incelendiğinde ise ihtiyacı karşılamak noktasında Konya merkezli bölge tercihi yapılmasının daha uygun olduğu sonucu çıkartılmıştır. RES santrali için de oluşturulan kimlik haritası değerlendirmeye alındığında en uygun bölgelerin Marmara bölgesinde yer aldığı GES santrali ortak noktaları olan İzmir ve Ankara-Konya-Antalya bölgelerinde yoğunluk gösterdiği gözlenmektedir. Dolayısıyla GES için tercih edilen bölgeler de dikkate alınarak Marmara bölgesindeki yoğunluğun karşılanabilmesi adına en uygun bölgenin yer seçiminde tercih edilmesi önemlidir.



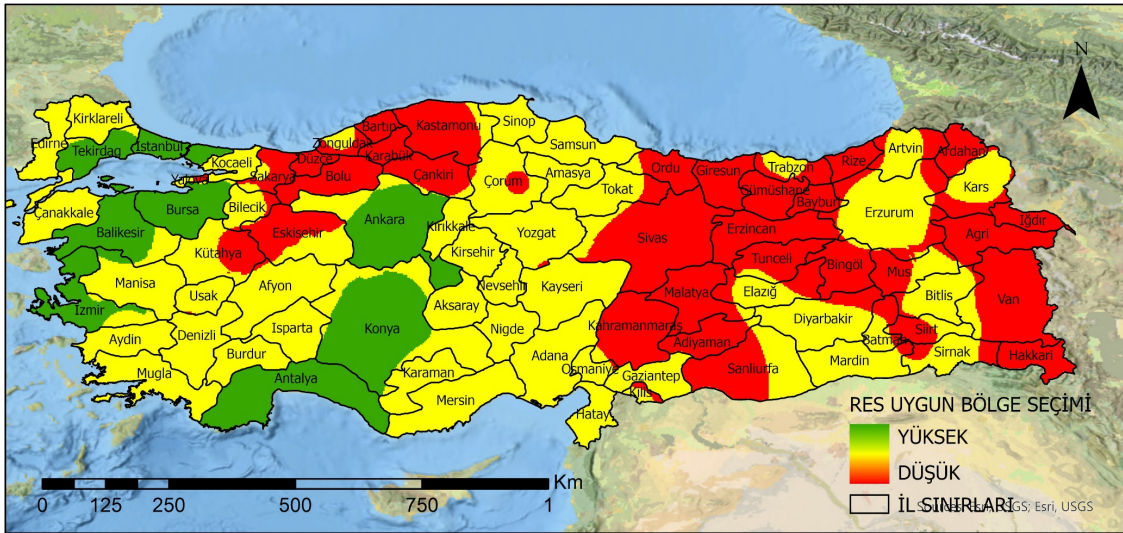
Şekil 4.8. Türkiye'nin güneş enerjisi potansiyel haritası



Şekil 4.9. Türkiye'nin GES için oluşturulan enerji kimlik haritası



Şekil 4.10. Türkiye'nin rüzgar enerjisi potansiyel haritası



Şekil 4.11. Türkiye'nin RES için oluşturulan enerji kimlik haritası

4.3. Yer Seçimi Uygulaması

Tez çalışması kapsamında yapılan bir diğer uygulama elektrik enerjisi üretim tesisi için güneş ve rüzgar enerji santrallerinin yer seçimi çalışmasıdır. Elektrik enerjisi üretim tesisinin planlı ve sürdürülebilir bir çalışma olması adına en uygun tesis alanlarının seçiminde bölgesel olarak karar verme sürecinde kolaylık tanıyan enerji kimlik haritaları (Şekil 4.9 ve Şekil 4.11) değerlendirmeye alınmıştır.

Enerji kimlik haritalarıyla birlikte değerlendirilmesi gereken elektrik enerjisi üretiminde aktif yer alan kurulu güç dağılımı (Çizelge 4.1) dikkate alındığında ise gelecek potansiyel tüketim tahmini neredeyse tüm illerde artış gösterdiğinden mevcut kurulu güçler yerinde üretim ile tüketim miktarını karşılamamaktadır. Dolayısıyla yüksek tüketim ihtiyacı olan bölgeler ile iller genelinde kurulu güçlerde yetersiz kalmış bölgeler dikkate alınarak potansiyel kaynaklarına göre Konya GES yeri seçiminde, Bursa ise RES yeri seçiminde örnek çalışılan bölgeler olarak tercih edilmiştir (Şekil 4.12).

Çizelge 4.1 Bazı illerin elektrik enerjisi kurulu güç değerleri (URL 8)

İller	Kurulu Güç (MW)
İzmir	5.355
Çanakkale	4.463
Adana	3.852
Balıkesir	3.095
Manisa	3.059
İstanbul	2.939
Ankara	2.760
Bursa	2.723
Antalya	2.208
Konya	1.329
Mersin	1.034



Şekil 4.12. GES ve RES yer seçiminde örnek alınan illerin haritası

İlgili bölgelerde santral yeri seçiminde gerekli olan şartlar göz önünde bulundurularak kamu kurumlarından ve veri tabanlı web sitelerinden elde edilen kriterler Çizelge 4.2’de detaylandırılmıştır.

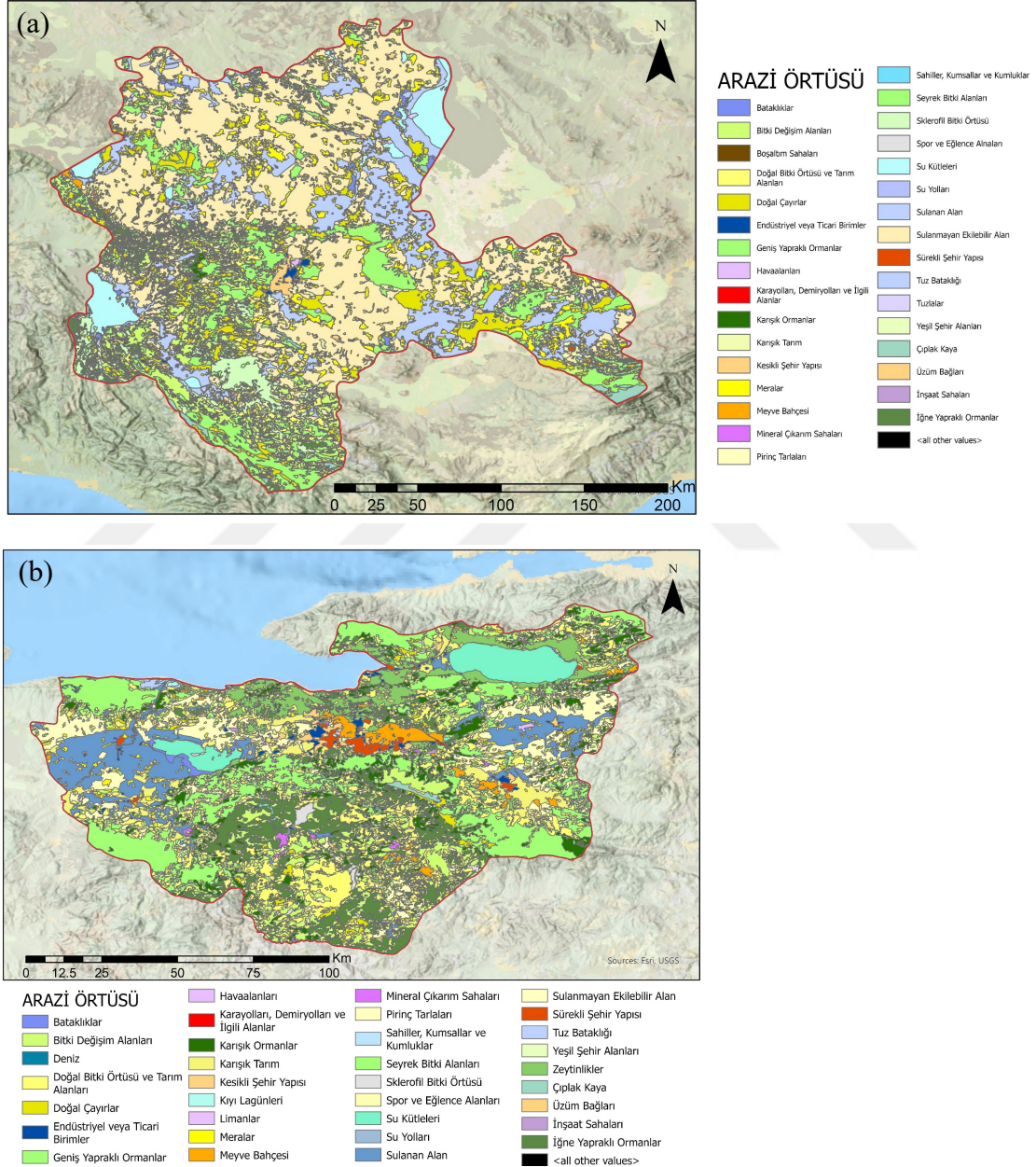
Çizelge 4.2 Santral yeri seçimini etkileyen kriterler ve erişim kaynakları

Kriterler	Erişilen Kaynak
Arazi Örtüsü	CORİNE
Korunan Alanlar	OSM veri tabanı
Su Kaynakları	DSİ
Yerleşim Alanları	CORİNE
Eğim	Open Topography
Bakı	Open Topography
Ulaşım Ağı	KGM ve OSM veri tabanı
Enerji Nakil Hattı	Sayısallaştırma yöntemi
Güneş Potansiyeli	MGM
Rüzgar Hızı	MGM

Farklı kaynaklardan elde edilmiş olan GES ve RES yeri seçimini etkileyen her bir kriter ArcGis Pro programı aracılığıyla düzenlenmiş ve analizleri gerçekleştirilmiştir. Bazı veriler vektör bazıları ise raster olarak elde edilmiştir. Harita verileri analizlerde etkili kullanım için ön işlemlerden geçmektedir. Öncelikli olarak her bir kriter kendi içerisinde değerlendirilmiş olup başlıklar halinde açıklanmaktadır.

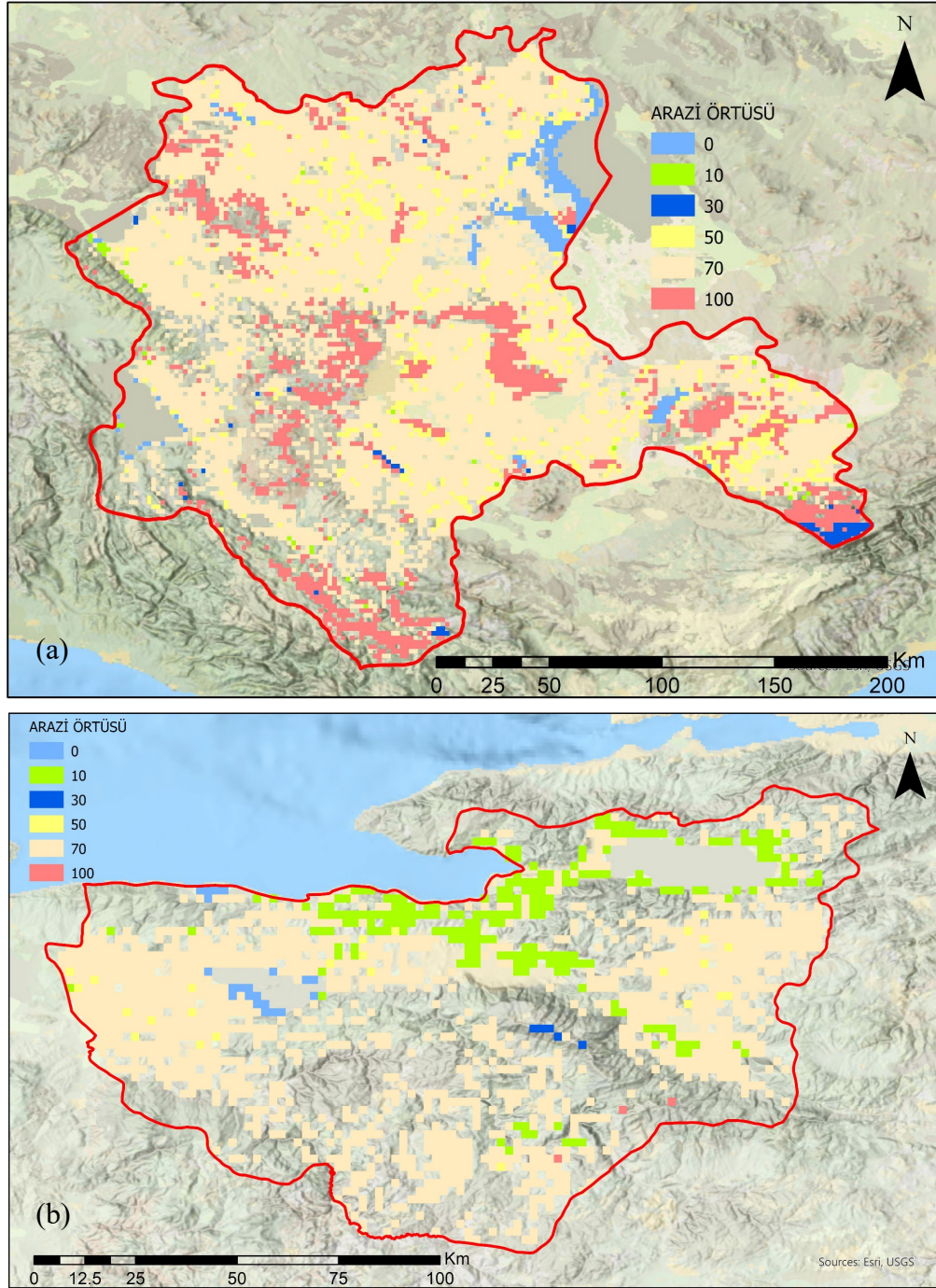
4.3.1. Arazi örtüsü haritasının oluşturulması

Yeryüzünü kaplayan çeşitli nitelikler ile sınırlandırılan arazi örtüsü, arazi kullanım durumunu yansıtır ve yer seçiminde göz önünde bulundurulması gereken en önemli faktörlerden biridir. Her iki santral yeri seçiminde etkin olan bu kriter Şekil 4.13'te gösterilen haritadaki özellikleri ile bölgeleri yansıtmaktadır.



Şekil 4.13. Konya (a) ve Bursa (b) bölgesinin arazi örtüsü haritası

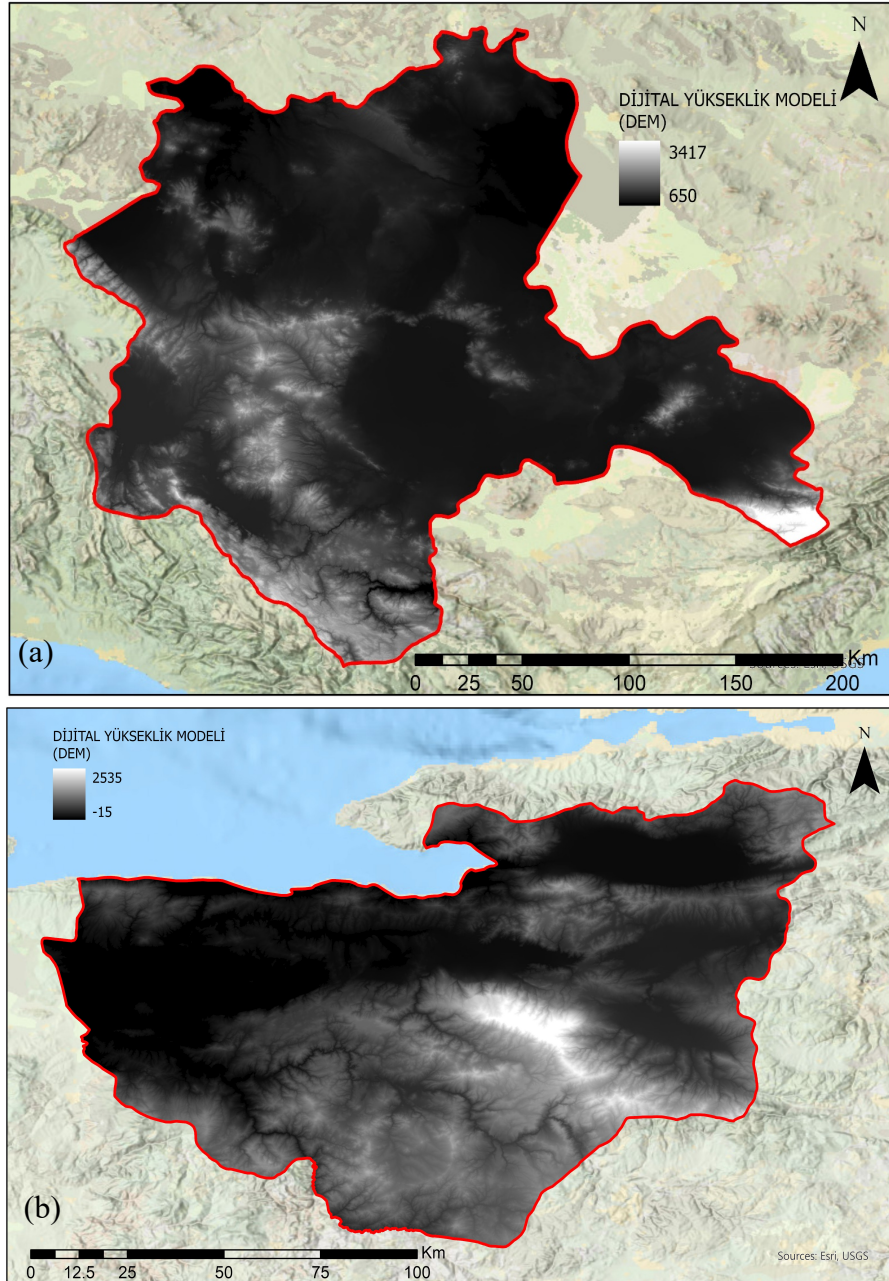
Bölgelerin arazi niteliklerine ulaşıldıktan sonra seyrek bitkili alanlar, sürülebilir arazi, mera alanları, bağ-bahçe vb. alanlar, bataklık ve sulu alanlar, taşlık alanlar bölgelere uygun yer seçiminde etkili sınıflandırma özellikleri olarak seçilmiştir. Daha sonra arazi örtüsü kriterinde en uygun yerlerin belirlenebilmesi için her bir nitelik 100 üzerinden sırasıyla 100, 70, 50, 30, 10, 0, olarak puanlandırılmış ve sonuç haritası Şekil 4.14'te sunulmuştur.



Şekil 4.14. Konya (a) ve Bursa (b) bölgelerine ait arazi örtüsü uygun alanları

4.3.2. Dijital yükseklik modeli (DEM) haritasının oluşturulması

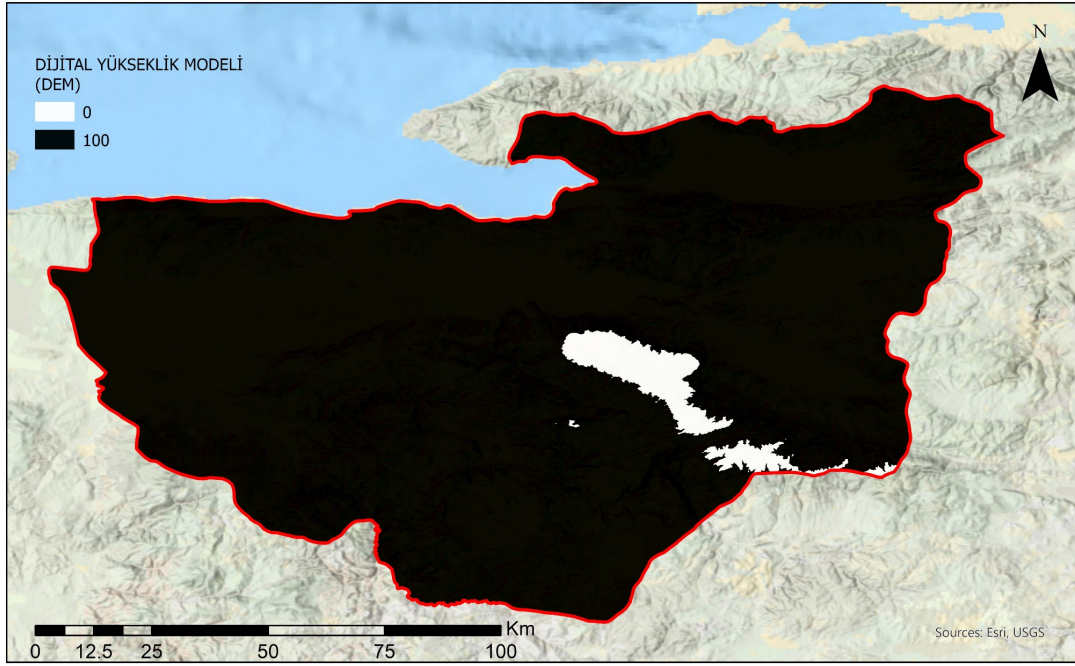
30 m x 30 m çözünürlükte dijital yükseklik verilerine ilgili kaynaktan erişim sağlanmış ve DEM haritası her iki bölge içinde üretilmiştir. Üretilen model hem yükseklik haritası olarak Bursa bölgesinde RES yeri seçiminde etkili kriter olarak ele alınmış hem de eğim ve bakı haritalarının oluşturulmasında altlık olarak kullanılmıştır. Şekil 4.15'te bölgelere ait DEM haritaları verilmektedir.



Şekil 4.15. Konya (a) ve Bursa (b) bölgesine ait dijital yükseklik modeli

1500 m'den fazla olan alanlar içinde RES kurulumu mümkün olmayacağından ilgili yer seçiminde yükseklik faktörü önemli ve etkili bir kriterdir. Dolayısıyla 1500 m yükseklikten fazla olan alanların yoğunluğu söz konusu iken analizlerde bu faktör için 1500 m'den yüksek ve alçak olarak iki aralıkta değerlendirmeye alınmış ve 0 ile 100 puanları atanmıştır.

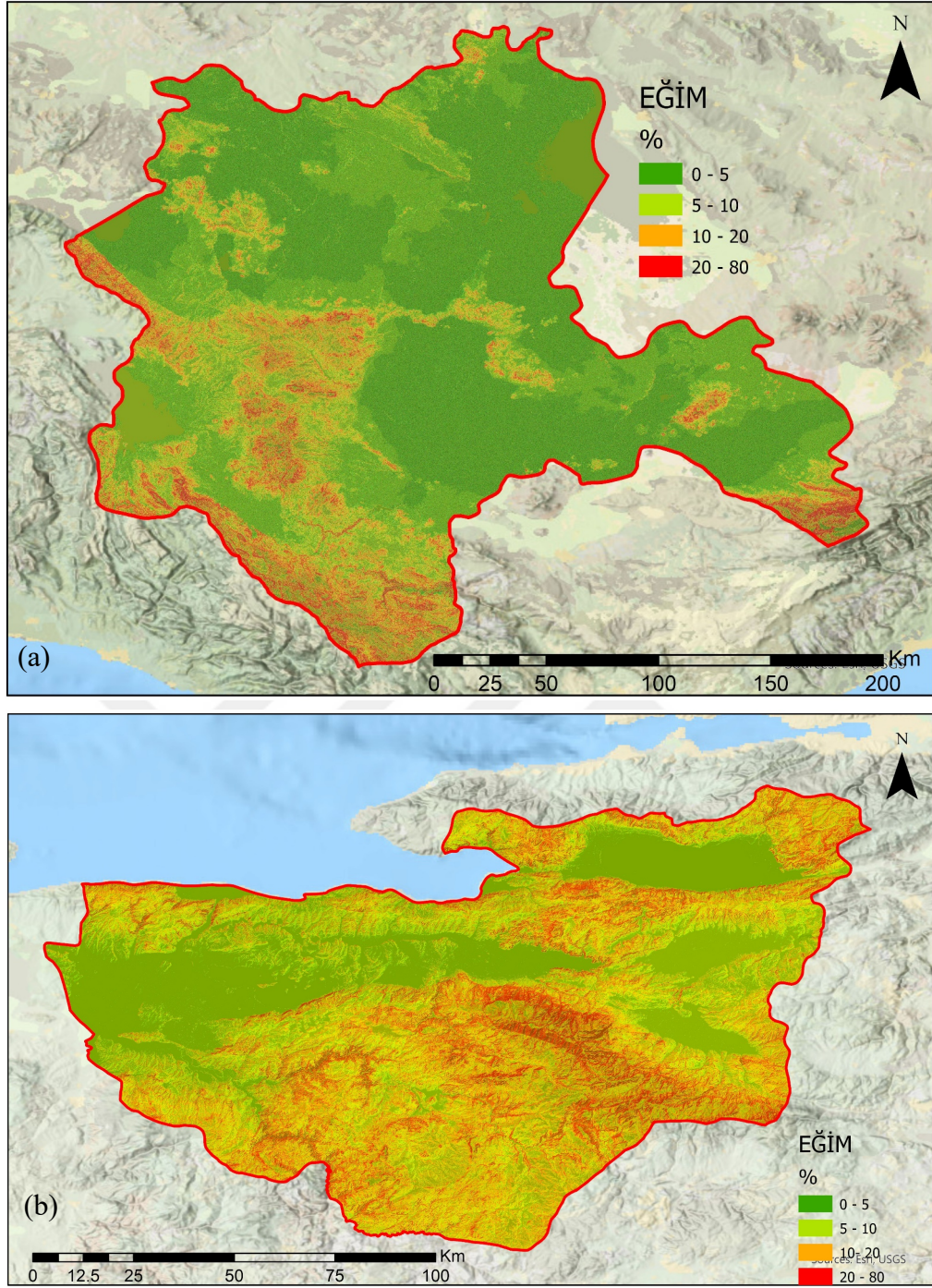
Konya bölgesinde GES yer seçimi çalışmasında yükseklik faktörü kullanılmadığından o bölge için model üzerinde bir sınıflandırma yapılmamıştır.



Şekil 4.16. Bursa bölgesine ait yükseklik faktörüne göre uygun alanlar

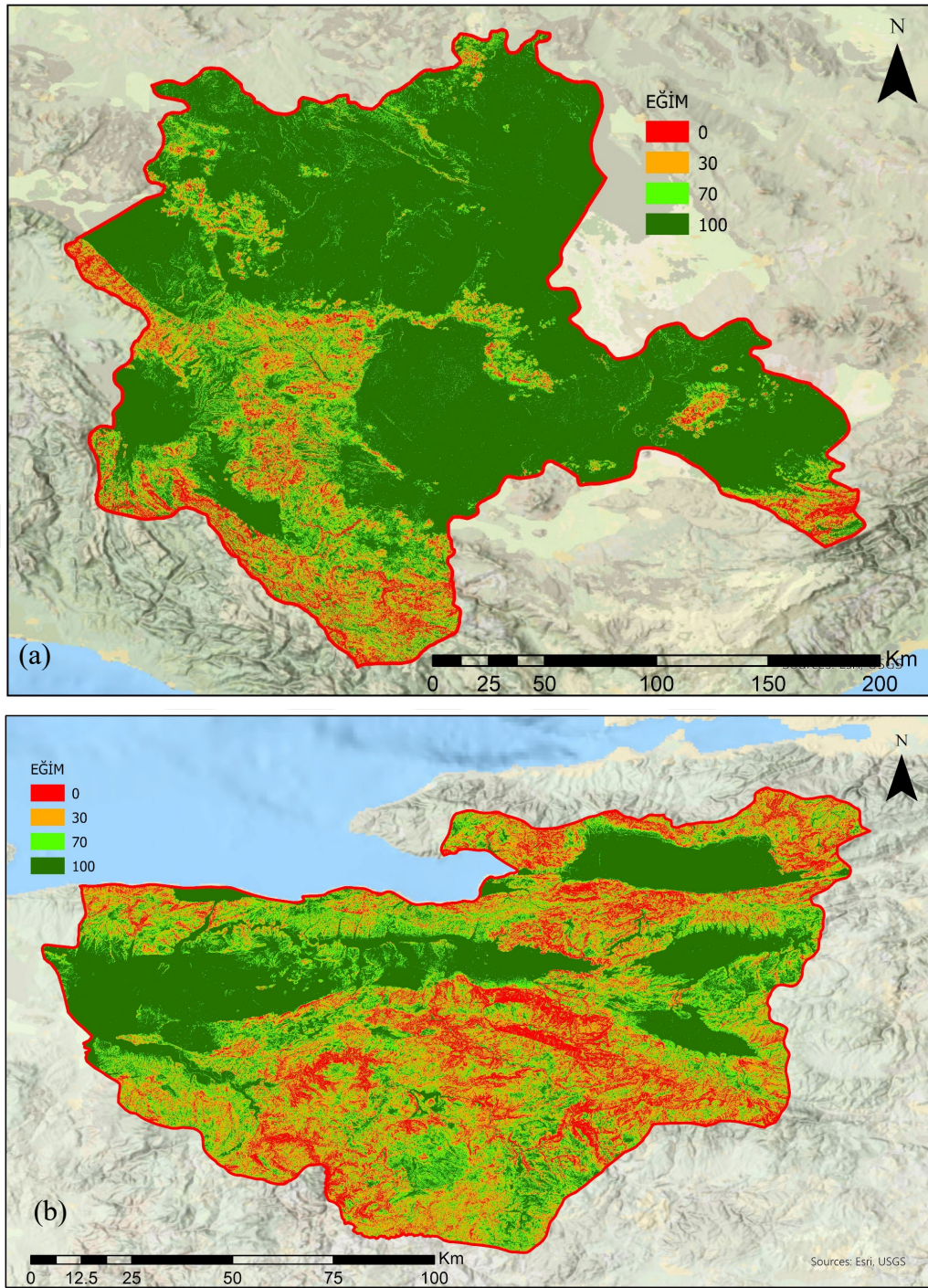
4.3.3. Eğim haritasının oluşturulması

Yer seçimi çalışmalarında arazi topografyasının dikkate alınması ulaşım ve yapım maliyetleri açısından önemli bir etkidir. DEM haritaları (Şekil 4.15) aracılığıyla analizleri yapılarak elde edilen eğim haritaları (Şekil 4.17) her iki bölgede de dikkate alınması gereken etkenlerden biridir.



Şekil 4.17. Konya (a) ve Bursa (b) bölgesine ait eğim haritası

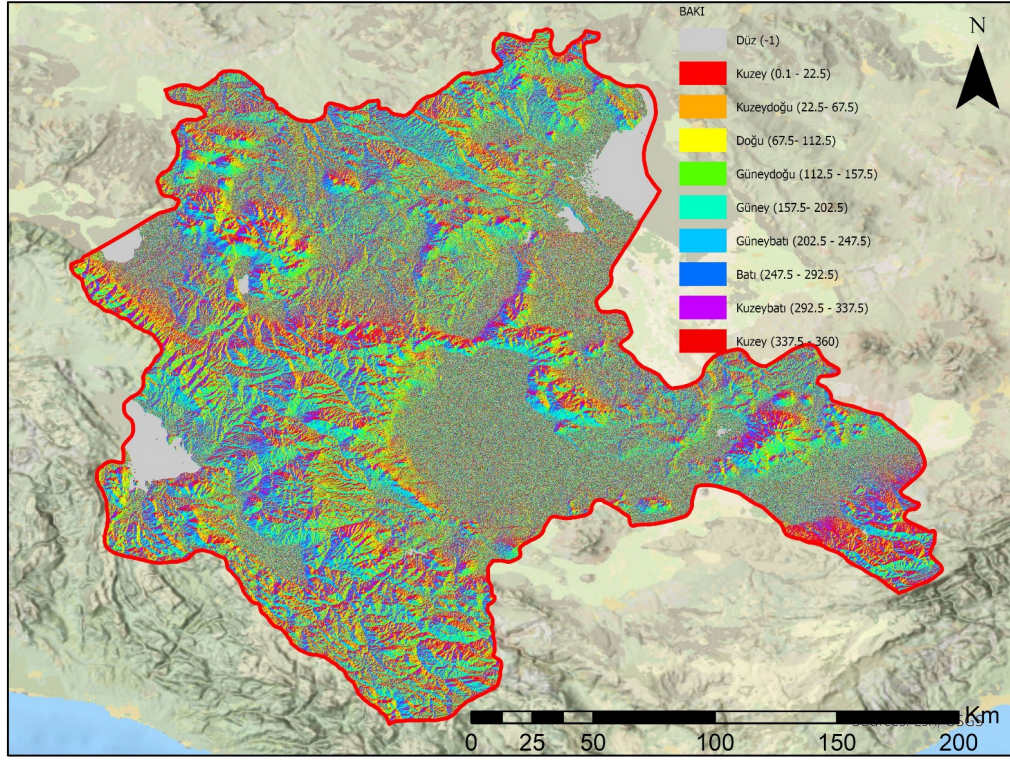
Her iki bölge içinde %20'nin üzerinde eğimli bir araziye santral kurumu mümkün olmayacağından eğim faktörü (% 0-5), (% 5-10), (% 10-20), (% 20-80) aralıklarında değerlendirilmiş olup sırasıyla 100, 70, 30, 0 olarak puanlandırılmıştır (Şekil 4.18).



Şekil 4.18. Konya (a) ve Bursa (b) bölgesine ait eğim faktörüne göre uygun alanlar

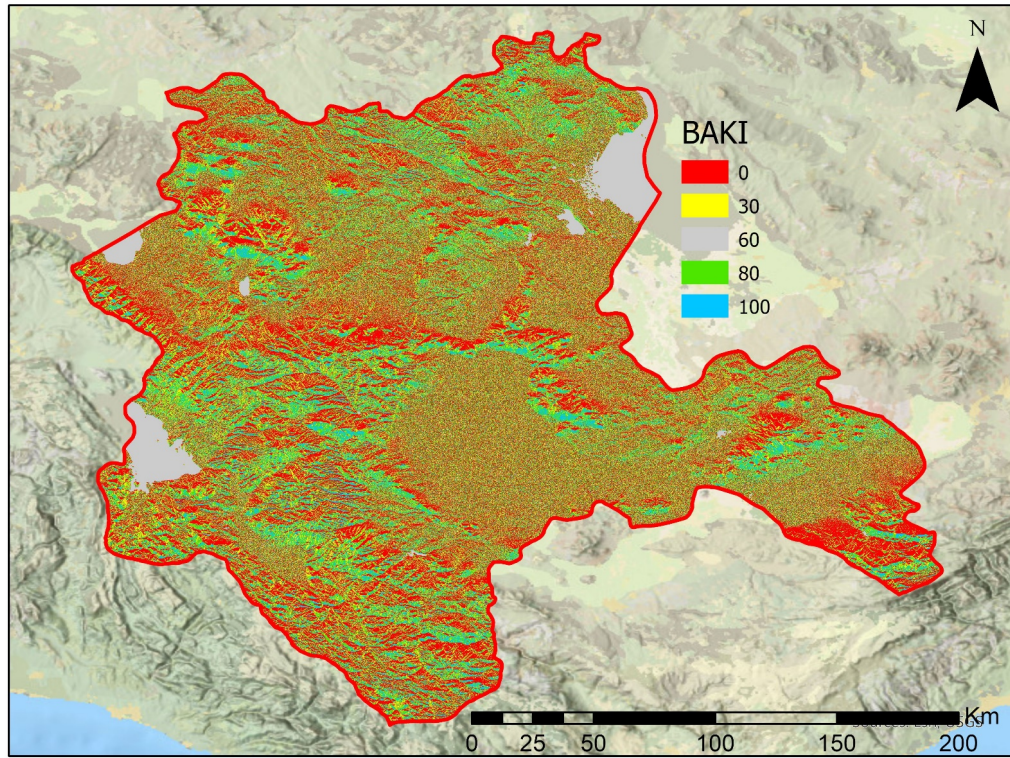
4.3.4. Bakı haritasının oluşturulması

Temin edilen DEM (Şekil 4.15) aracılığıyla analizleri yapılarak elde edilen bakı haritası (Şekil 4.19) GES yeri seçiminde dikkate alınması gereken etkenlerden biridir.



Şekil 4.19. Konya (a) bölgesinin bakı haritası

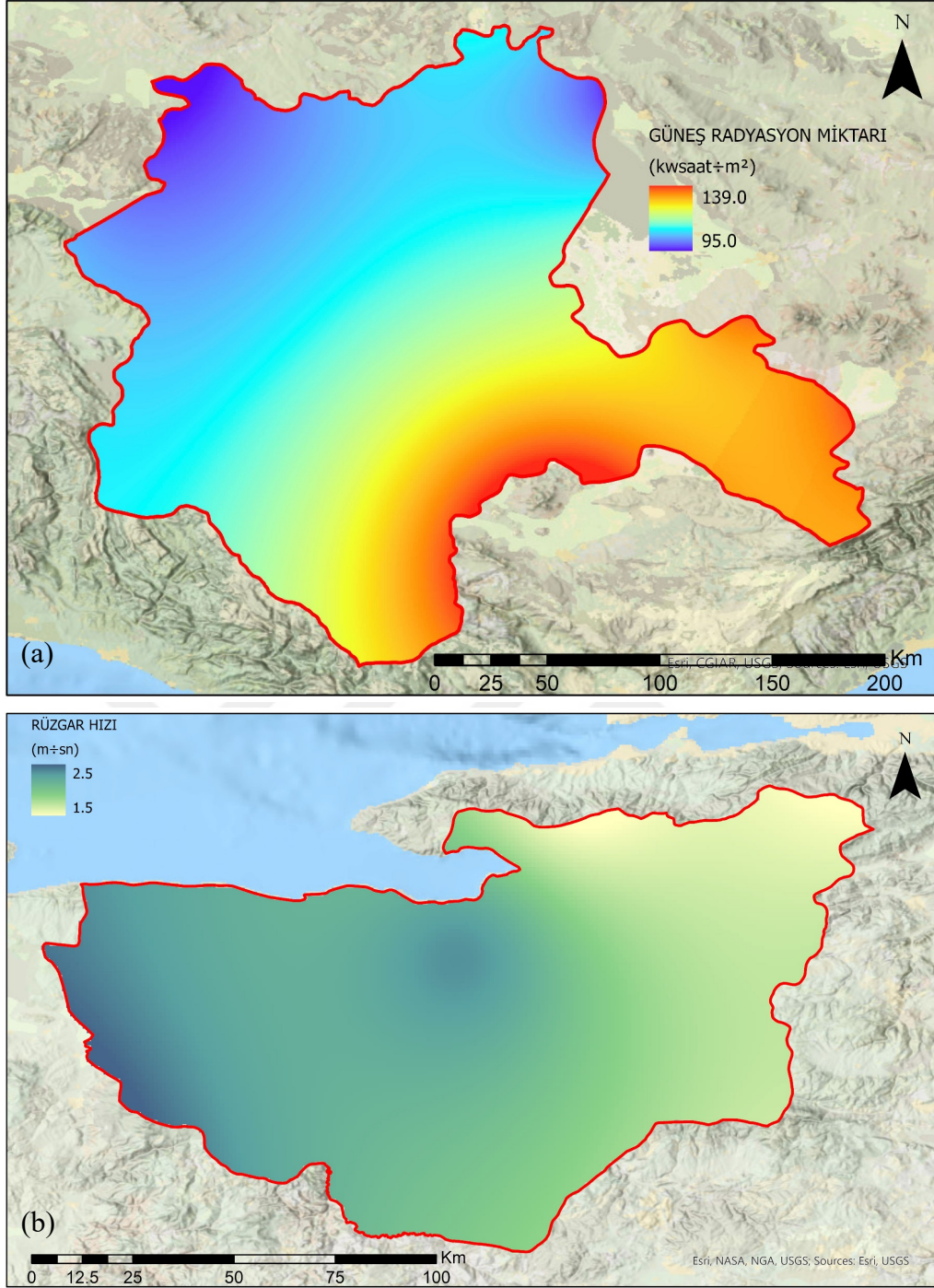
Güneş ışınlarını alış yönü olarak adlandırılan bakı faktörü GES için güneye bakan kısımlarda enerji verimliliği söz konusudur. Puanlandırma düzeni ise güneyde 100, güneybatı-güneydoğu 80, düz 60, batı-doğu 30, kuzey- kuzeybatı ise 0 olarak atanmış bölgelerdir. İlgili özelliklerin puanlandırma haritası Şekil 4.20'de gösterilmektedir.



Şekil 4.20. Konya (a) bölgesine ait bakı faktörüne göre uygun alanlar

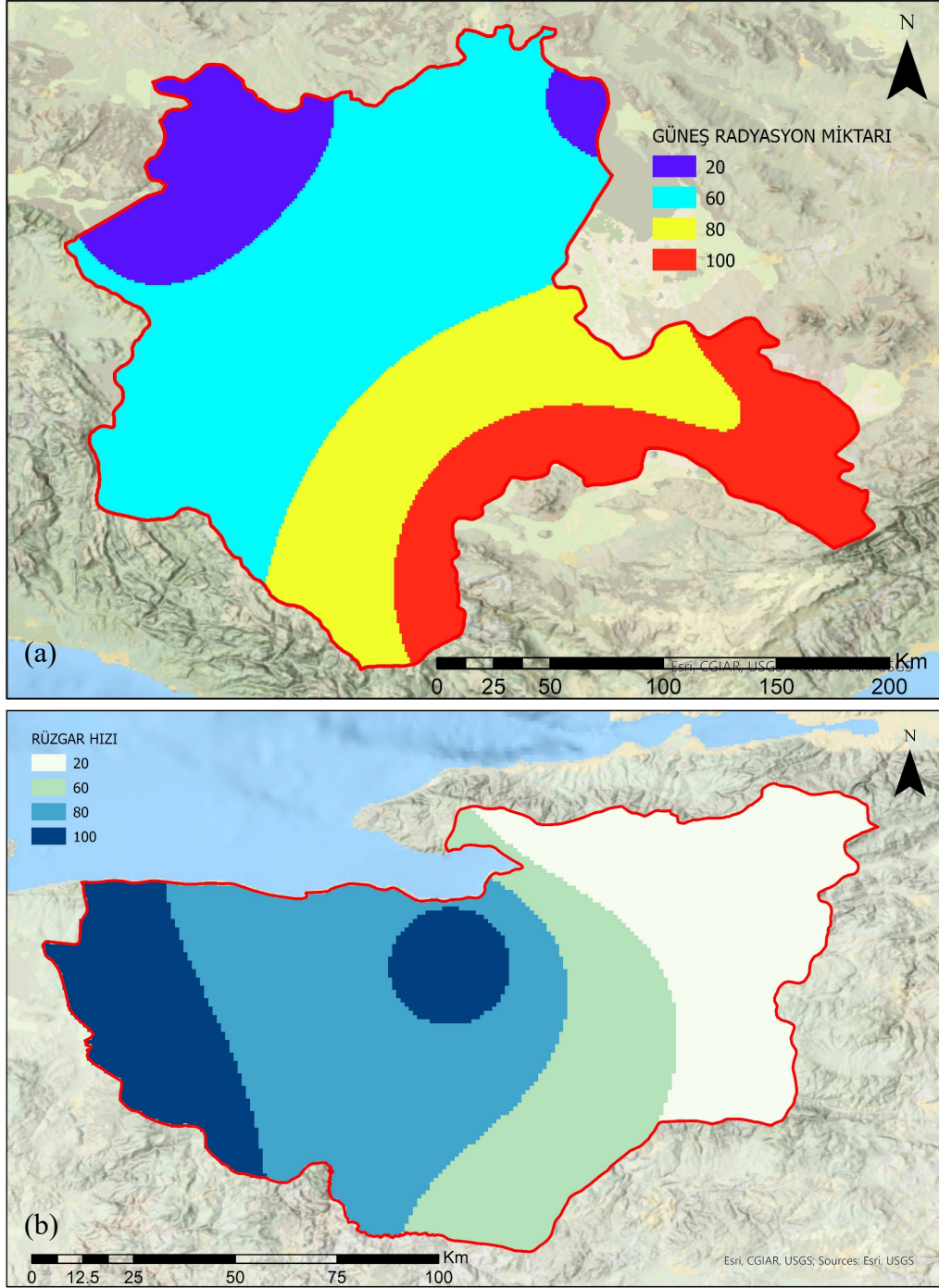
4.3.5. Güneş ve rüzgâr potansiyeli haritasının oluşturulması

Türkiye'nin meteorolojik istasyon verilerinden faydalanılarak oluşturulan 10 yıllık döneme ait verileri içeren ortalama güneş radyasyon miktarı bilgileri GES yeri seçiminde, ortalama rüzgâr hızı verileri ise RES yeri seçiminde kullanılmaktadır. Elde edilen istasyon verilerine enterpolasyon yöntemi uygulanmış ve gerekli düzeltmeler yapılarak potansiyel haritaları oluşturulmuştur (Şekil 4.21).



Şekil 4.21. Konya (a) bölgesine ait güneş potansiyeli ve Bursa (b) bölgesine ait rüzgar potansiyeli haritası

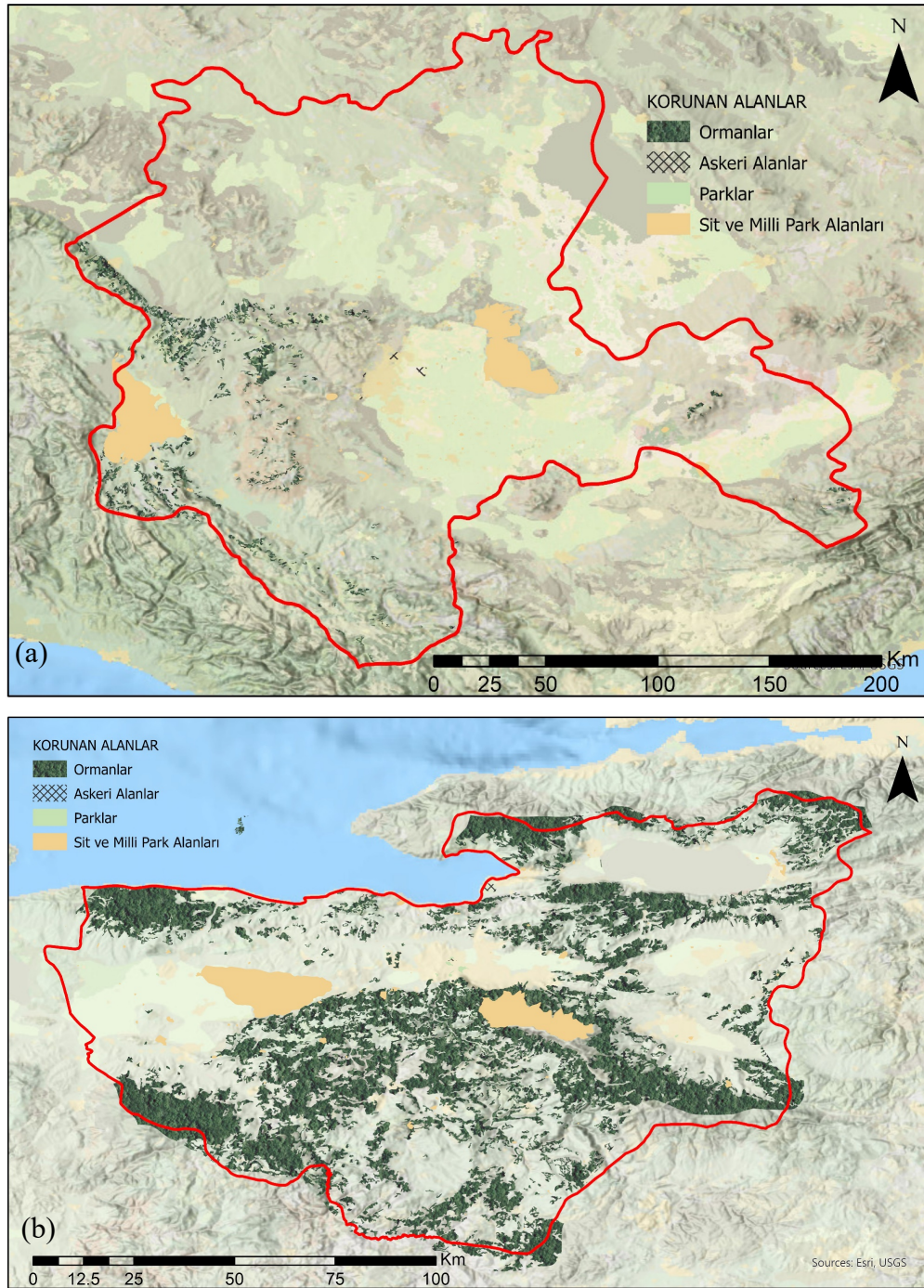
Güneş ve rüzgar potansiyel değerleri yüksek, orta, düşük ve çok düşük seviyelerini belirlemek için dört sınıfa ayrılmış ve ilgili potansiyel aralıkları Şekil 4.22’de gösterildiği gibi sırasıyla 100, 80, 60, 20 puanlamalarıyla değerlendirmeye alınmıştır.



Şekil 4.22. Konya (a) bölgesine ait güneş potansiyeli ve Bursa (b) bölgesine ait rüzgâr potansiyeli faktörlerine göre uygun alanlar

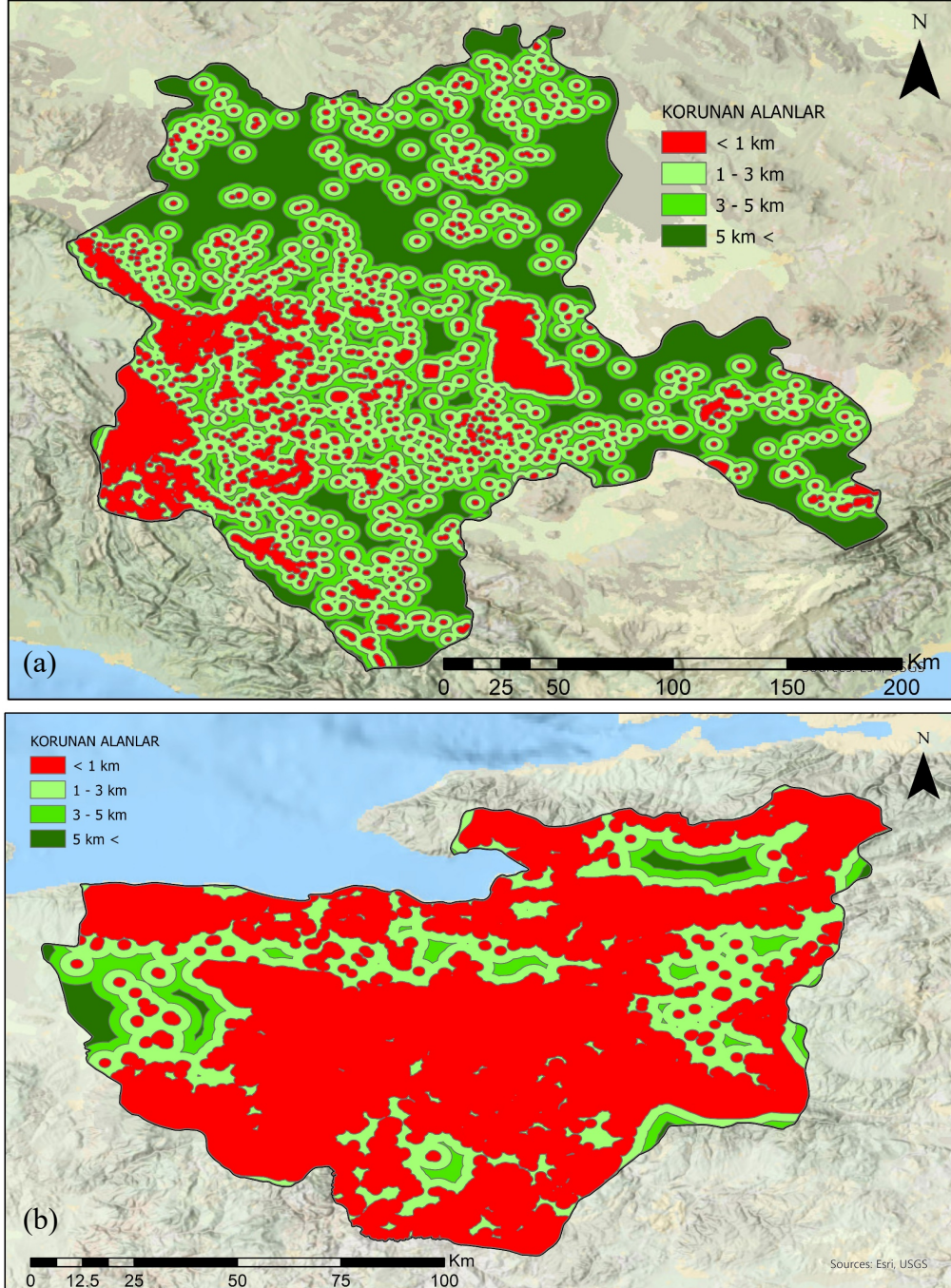
4.3.6. Korunan alanların haritasının oluşturulması

Şehrin dokusunu ve yapısını bozmamak adına nitelik kazanmış alanlar dikkate alınarak yer seçimi çalışmasının yapılmasına özen gösterilmelidir. Bu çalışmada ise Şekil 4.23'te ayrıntılı gösterilen koruma alanlarımız ormanlar, sit ve milli park alanları, parklar ve askeri alanlar olarak belirlenmiştir.



Şekil 4.23. Konya (a) ve Bursa (b) bölgesine ait korunan alanların haritası

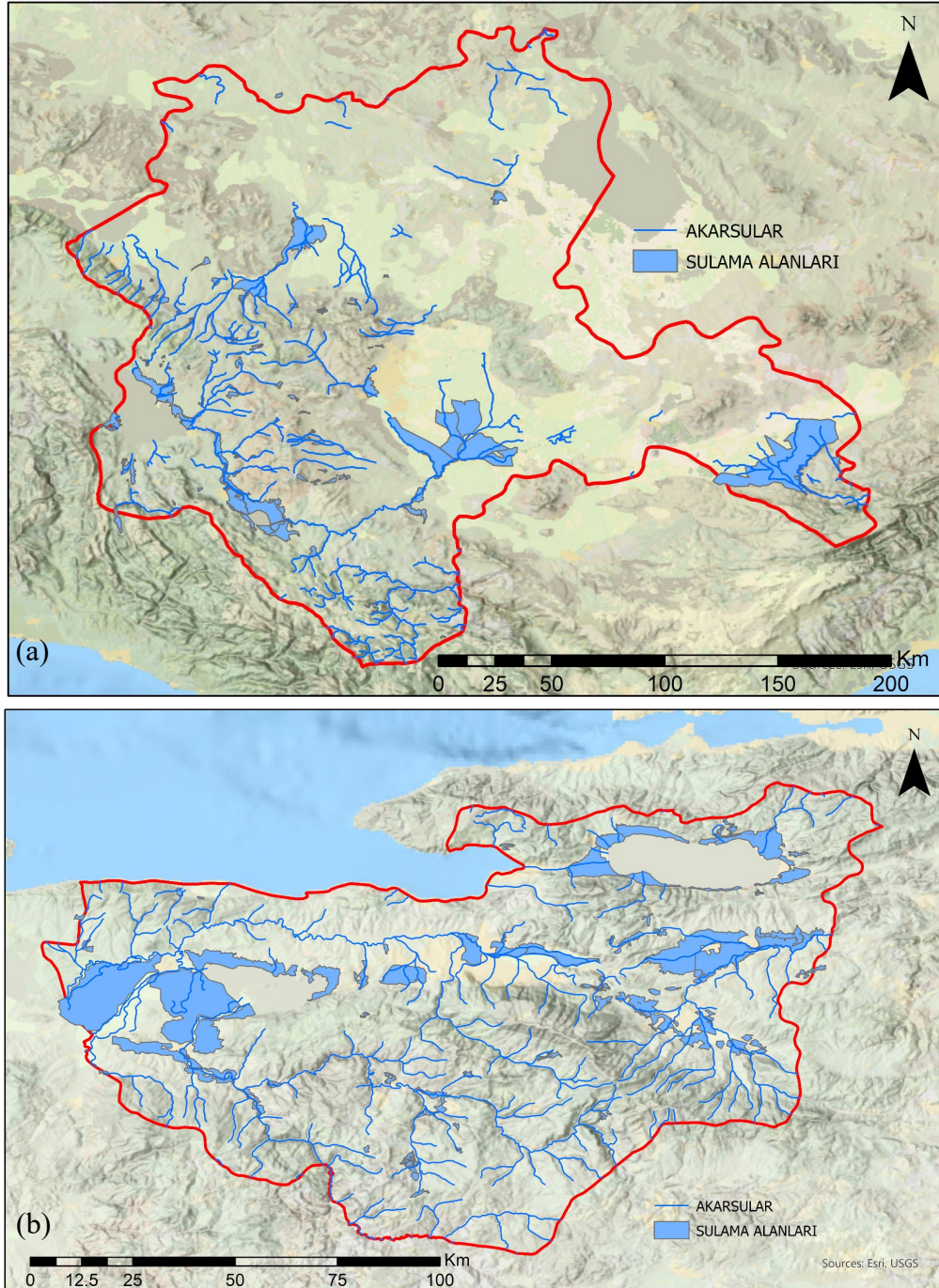
Her iki bölge içinde yapılan analizlerde korunan alanlara olan mesafeler Şekil 4.24'te gösterilen haritalarda belirtilmektedir. İlgili kriter için en uygun alanlar belirlenirken (< 1 km), ($1 - 3$ km), ($3 - 5$ km), ($5\text{km} <$) mesafeleri dikkate alınarak sırasıyla 0, 50, 75 ve 100 puan atamaları gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.24. Konya (a) ve Bursa (b) bölgesine ait korunan alanların uygunluk haritası

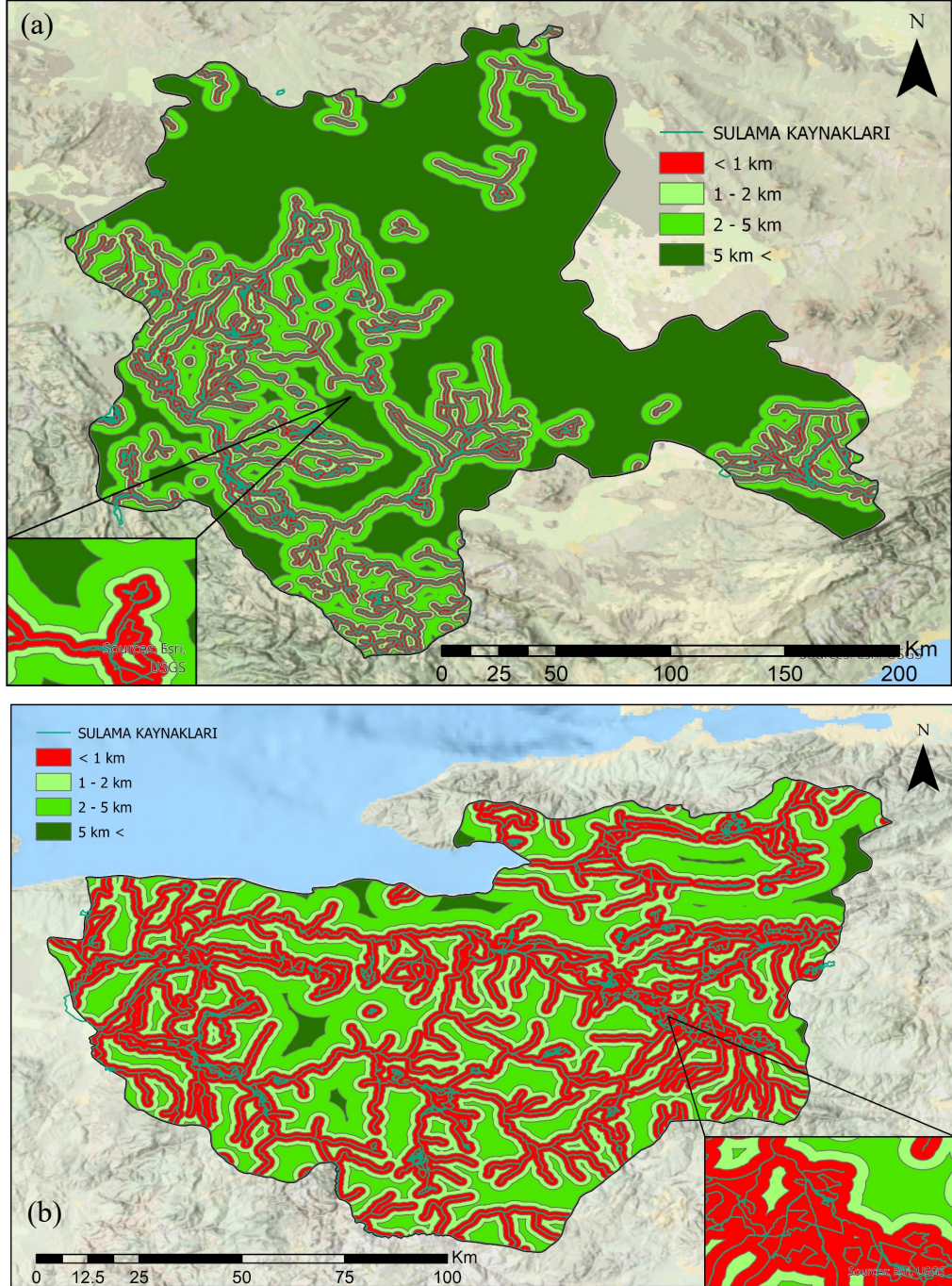
4.3.7. Su kaynakları haritasının oluşturulması

Bölgelerde akarsular ve su kütleleri dikkate alınarak hazırlanan bu altlık çalışmasında ilgili bölgelerin su kaynaklarını yansıtan haritalar Şekil 4.25'te gösterilmektedir.



Şekil 4.25. Konya (a) ve Bursa (b) bölgesine ait su kaynaklarının haritası

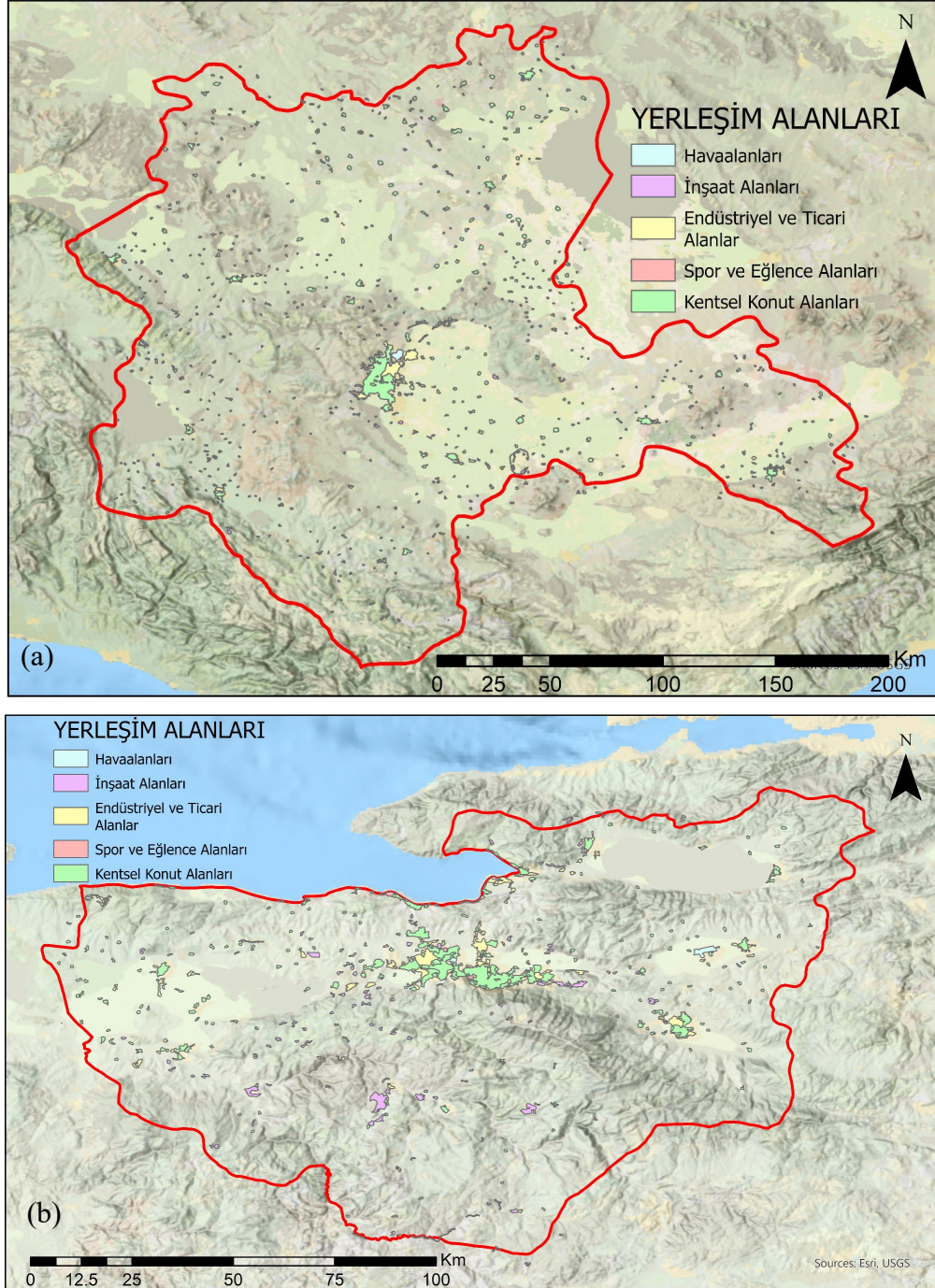
Her iki bölge içinde yapılan analizlerde su kaynaklarına olan mesafeler Şekil 4.26'da gösterilen haritalarda belirtilmektedir. İlgili kriter için en uygun alanlar belirlenirken (< 1 km), ($1 - 2$ km), ($2 - 5$ km), (5 km $<$) mesafeleri dikkate alınarak sırasıyla 0, 50, 75 ve 100 puan atamaları gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.26. Konya (a) ve Bursa (b) bölgesine ait su kaynaklarının uygunluk haritası

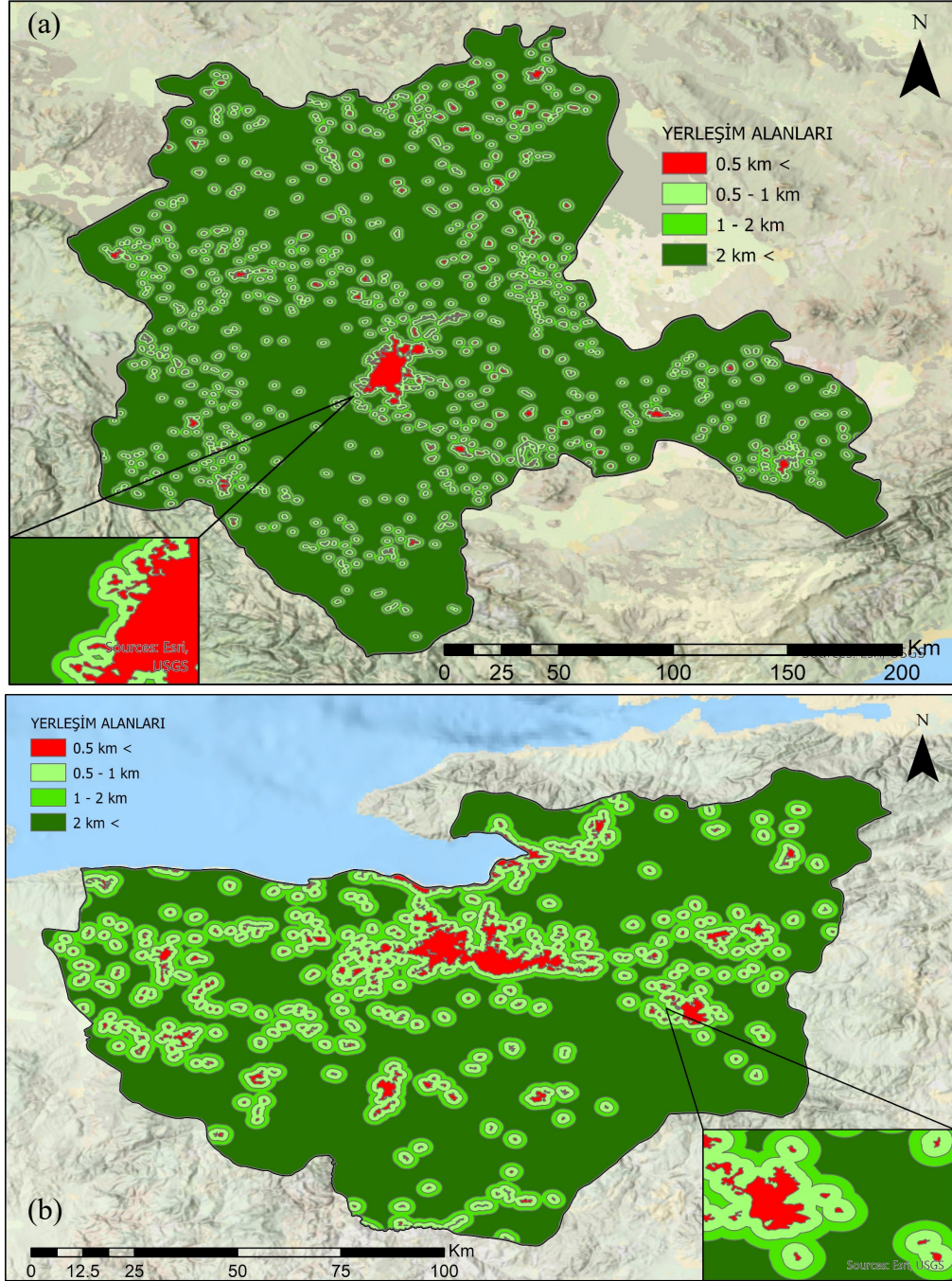
4.3.8. Yerleşim alanları haritasının oluşturulması

Şehrin yapısını oluşturan kullanım alanları göz önünde bulundurularak yapılan santral yeri seçimlerinde şehirlerin önemli noktalarını yansıtan haritalar Şekil 4.27'de gösterilmektedir.



Şekil 4.27. Konya (a) ve Bursa (b) bölgesine ait yerleşim alanlarının haritası

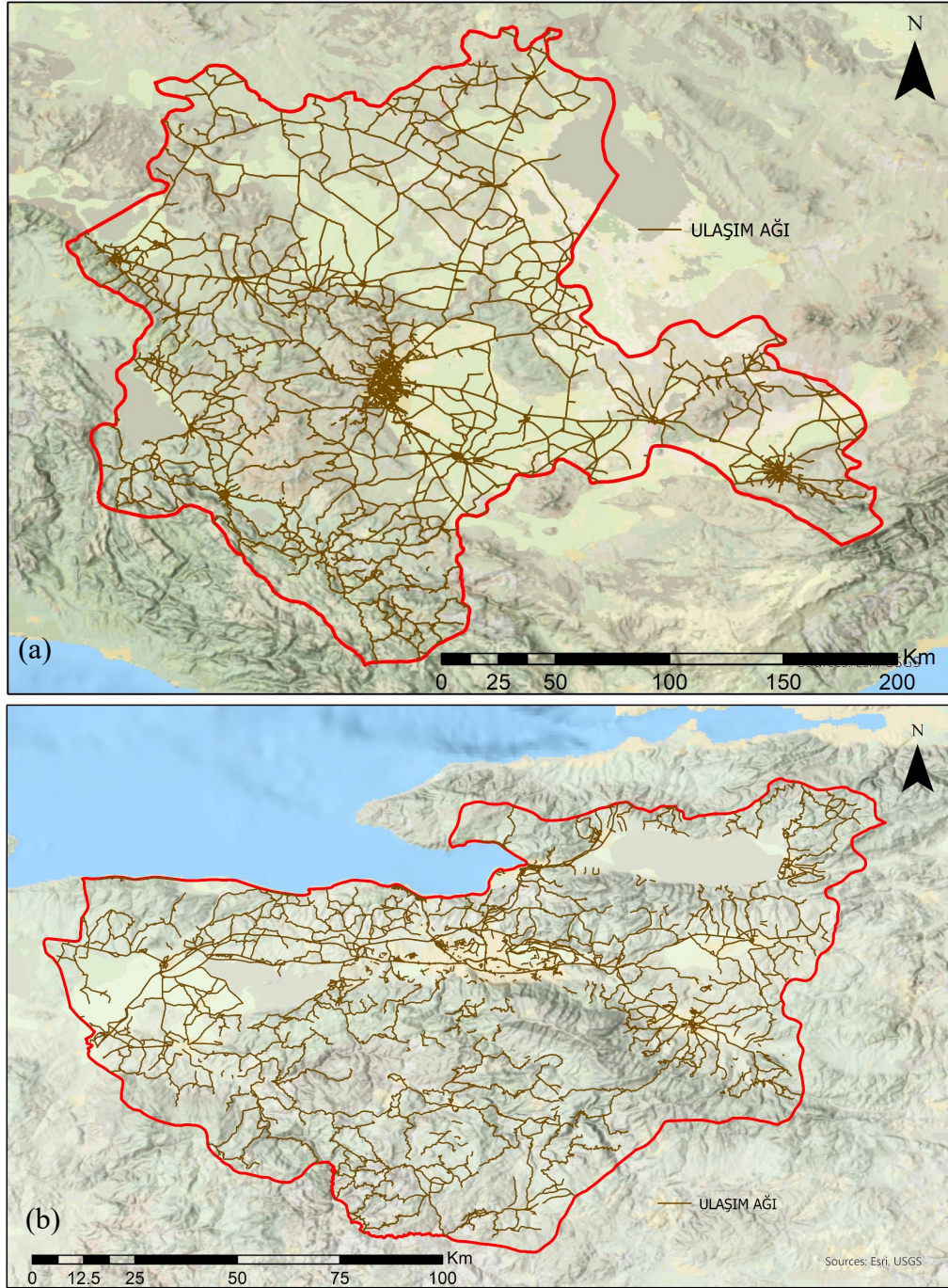
Yerleşim alanlarına olan mesafeler ($0.5 \text{ km} <$), ($0.5 - 1 \text{ km}$), ($1 - 2 \text{ km}$), ($2 \text{ km} <$) Şekil 4.28'de gösterilen haritalarda belirtilirken ilgili kriter için en uygun alanların belirlenmesinde sırasıyla 0, 50, 75 ve 100 puan atamaları gerçekleştirilmiştir.



Şekil 4.28. Konya (a) ve Bursa (b) bölgesine ait yerleşim alanlarının uygunluk haritası

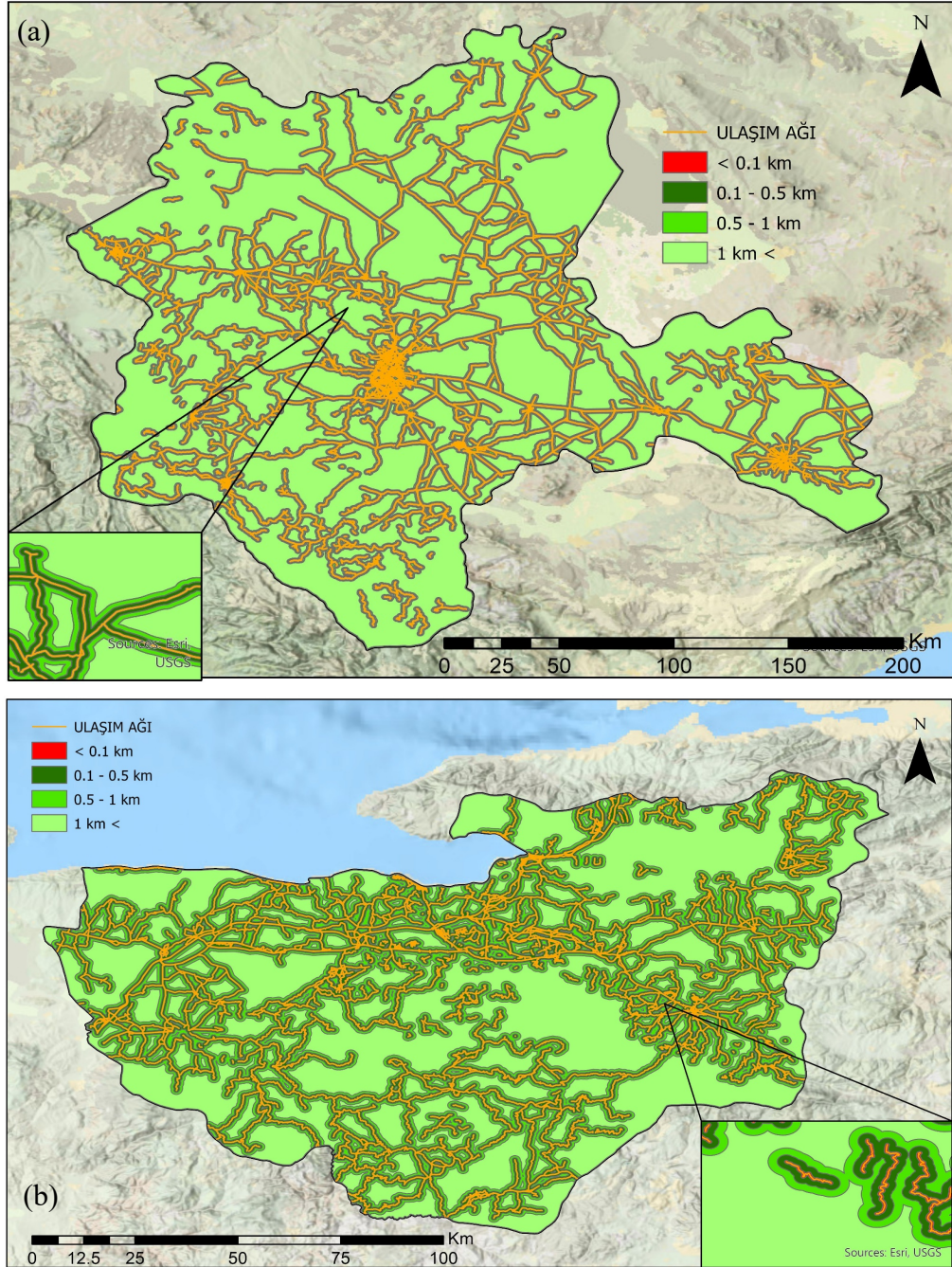
4.3.9. Ulaşım ağları haritasının oluşturulması

Ulaşım ağı haritasının mevcut durumunu aşağıda görmekteyiz. Santrallerin kurulum aşamasından onarım ve bakım aşamasına kadar etkili olan bu kriter yer seçimi analizlerde kullanılmak üzere önemli bir veri kaynağıdır.



Şekil 4.29. Konya (a) ve Bursa (b) bölgesine ait ulaşım ağları haritası

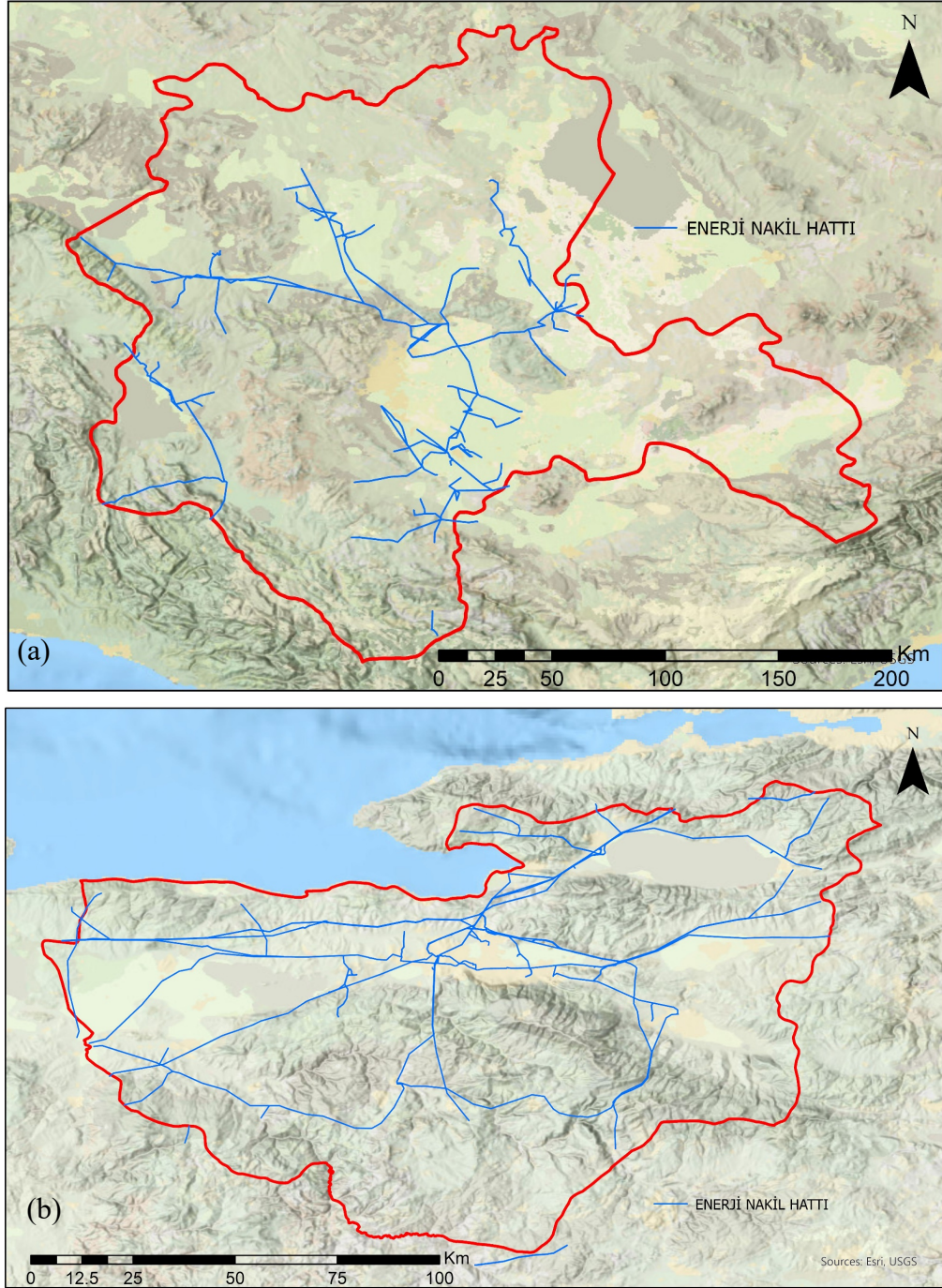
Ulaşım alanlarına ne kadar yakın olursa kurulum ve ulaşım maliyetinde de o kadar faydalı olur düşüncesi mevcutken ilgili yapılan çalışmada ulaşım ağındaki kısıtlama göz önüne alınarak yakınlık durumu ikinci plana atılmıştır. Ulaşım ağlarına 100 m mesafedeki alanlara santral kurulumu gerçekleştirilemeyeceğinden ilgili kısıtlama göz önünde bulundurularak değerlendirme yapılmıştır. Aşağıda ilgili haritasında belirtilen mesafelere sırasıyla 0, 100, 80 ve 50 puan atamaları yapılmıştır.



Şekil 4.30. Konya (a) ve Bursa (b) bölgesine ait elektrik iletim hattı uygunluk haritası

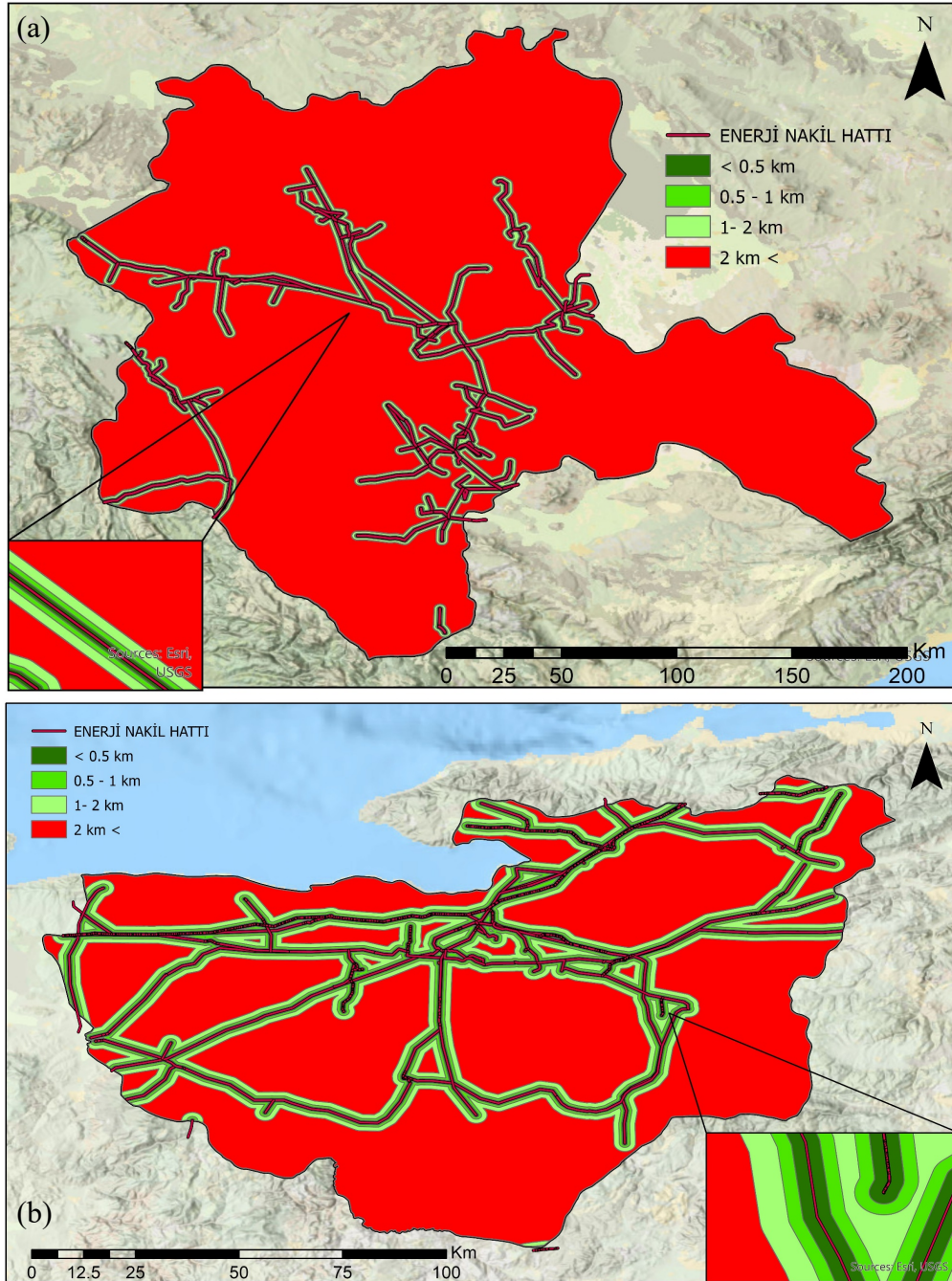
4.3.9. Enerji nakil hatları haritasının oluşturulması

Yerinde üretim ve kullanım düşüncesine gelecek potansiyelinden sonra destek sağlayan en önemli kriter enerji nakil hatlarına yakınlıktır. Aynı zamanda yerinde tüketime destek sağlayan bu veriler sayesinde enerji üretiminden iletimine geçen süreçte yaşanan enerji kayıplarının önlenmesine de destek olan en önemli kriterdir.



Şekil 4.31. Konya (a) ve Bursa (b) bölgesine ait enerji nakil hatları haritası

Enerji nakil hatlarına mesafenin önemli olduğu bu kısımda puan atamaları da sırasıyla 100, 80, 60 ve 20 değerleriyle artan mesafelere göre ters orantılı olarak ele alınmıştır (Şekil 4.32).



Şekil 4.32. Konya (a) ve Bursa (b) bölgesine ait elektrik iletim hattı uygunluk haritası

Yukarıda ayrı ayrı başlıklarda ele alınan her bir kriter kendi içinde değerlendirilmiş olup daha sonra AHP sürecinde de tüm tampon bölgeler ağırlıklandırılmış olmalıdır. Buffer analizleri ile oluşturulan tampon bölgeler sayesinde

kurulum için (yeşil renkler) uygun ve uygun olmayacak alanlar (kırmızı renk) her bir kriter özelinde tespit edilmiştir.

4.3.10. AHP yöntemi ile ağırlıkların belirlenmesi

Ağırlıklandırma işlemleri için her bir kriterin ikili karşılaştırmaları yapılabilmesi için uzman görüşlerinden faydalanılmıştır ve ikili karşılaştırmalar sonucunda $CR \leq 10$ şartını sağlayan en iyi değere sahip uzman görüşü ile yola devam edilmiştir (Çizelge 4.3 , Çizelge 4.4)(EK-1).

GES ve RES yeri seçiminde hazırlanan karşılaştırma matrislerinde her bir sütun değeri toplanır ve her bir hücre toplam sütun değerine bölünerek normalizasyon işlemi gerçekleştirilir (Çizelge 4.5, Çizelge 4.6).

Çizelge 4.3 GES yer seçiminde kullanılan karşılaştırma matrisi

Kriterler	Arazi Örtüsü	Eğim	Bakı	Sıcaklık	Korunan Alanlar	Su kaynakları	Yerleşim Alanları	Ulaşım Ağı	Enerji Nakil Hattı
Arazi Örtüsü	1	3	1/3	1/5	1/2	1/2	2	4	3
Eğim	1/3	1	1	1/4	1/2	1/3	2	3	2
Bakı	3	1	1	1/3	1/2	2	3	2	2
Sıcaklık	5	4	3	1	3	2	4	4	3
Korunan Alanlar	2	2	2	1/3	1	1	3	2	2
Su kaynakları	2	3	1/2	1/2	1	1	3	2	4
Yerleşim Alanları	1/2	1/2	1/3	1/4	1/3	1/3	1	1	2
Ulaşım Ağı	1/4	1/3	1/2	1/4	1/2	1/2	1	1	2
Enerji Nakil Hattı	1/3	1/2	1/2	1/3	1/2	1/4	1/2	1/2	1
	14.41	15.33	9.16	3.45	7.83	7.91	19.50	2	21

Çizelge 4.4 RES yer seçiminde kullanılan karşılaştırma matrisi

Kriterler	Arazi Örtüsü	Yükseklik	Eğim	Rüzgar	Korunan Alanlar	Su kaynakları	Yerleşim Alanları	Ulaşım Ağı	Enerji Nakil Hattı
Arazi Örtüsü	1	1/7	2	1/7	1/2	1/3	1	1/2	1/4
Yükseklik	7	1	7	1/2	3	3	3	3	3
Eğim	1/2	1/7	1	1/5	1/3	1/5	1/5	1/3	1
Rüzgar	7	2	5	1	6	6	5	2	2
Korunan Alanlar	2	1/3	3	1/6	1	1/3	2	1	1
Su kaynakları	3	1/3	5	1/6	3	1	3	2	2
Yerleşim Alanları	1	1/3	5	1/5	1/2	1/3	1	1	1
Ulaşım Ağı	2	1/3	3	1/2	1	1/2	1	1	1
Enerji Nakil Hattı	4	1/3	1	1/2	1	1/2	1	1	1
	27.50	4.92	32.00	3.37	16.33	12.20	17.20	11.83	12.25

Çizelge 4.5 GES yer seçiminde kullanılan normalizasyon matrisi

Kriterler	Arazi Örtüsü	Eğim	Bakı	Sıcaklık	Korunan Alanlar	Su kaynakları	Yerleşim Alanları	Ulaşım Ağı	Enerji Nakil Hattı
Arazi Örtüsü	0.06	0.20	0.04	0.06	0.06	0.06	0.10	0.21	0.14
Eğim	0.02	0.07	0.11	0.07	0.06	0.04	0.10	0.15	0.10
Bakı	0.21	0.07	0.11	0.10	0.06	0.25	0.15	0.10	0.10
Sıcaklık	0.35	0.26	0.33	0.29	0.38	0.25	0.21	0.21	0.14
Korunan Alanlar	0.14	0.13	0.22	0.10	0.13	0.13	0.15	0.10	0.09
Su kaynakları	0.14	0.20	0.05	0.14	0.13	0.13	0.15	0.10	0.19
Yerleşim Alanları	0.03	0.03	0.04	0.07	0.04	0.04	0.05	0.05	0.10
Ulaşım Ağı	0.02	0.02	0.05	0.07	0.06	0.06	0.05	0.05	0.10
Enerji Nakil Hattı	0.02	0.03	0.05	0.10	0.06	0.03	0.02	0.02	0.04

Çizelge 4.6 RES yer seçiminde kullanılan normalisasyon matrisi

Kriterler	Arazi Örtüsü	Eğim	Bakı	Sıcaklık	Korunan Alanlar	Su kaynakları	Yerleşim Alanları	Ulaşım Ağı	Enerji Nakil Hattı
Arazi Örtüsü	0.03	0.03	0.06	0.04	0.03	0.03	0.06	0.04	0.02
Eğim	0.25	0.20	0.22	0.15	0.18	0.25	0.17	0.25	0.24
Bakı	0.01	0.03	0.03	0.06	0.02	0.02	0.01	0.03	0.08
Sıcaklık	0.25	0.40	0.16	0.30	0.37	0.49	0.29	0.17	0.16
Korunan Alanlar	0.07	0.07	0.09	0.05	0.06	0.03	0.12	0.08	0.08
Su kaynakları	0.11	0.07	0.16	0.05	0.18	0.08	0.17	0.17	0.16
Yerleşim Alanları	0.04	0.07	0.16	0.06	0.03	0.03	0.06	0.08	0.08
Ulaşım Ağı	0.07	0.07	0.09	0.15	0.06	0.04	0.06	0.08	0.08
Enerji Nakil Hattı	0.01	0.07	0.03	0.15	0.06	0.04	0.06	0.08	0.08

Her iki santral yeri seçimine ait kriterlerin ağırlıkları ise Çizelge 4.7’de verilmektedir.

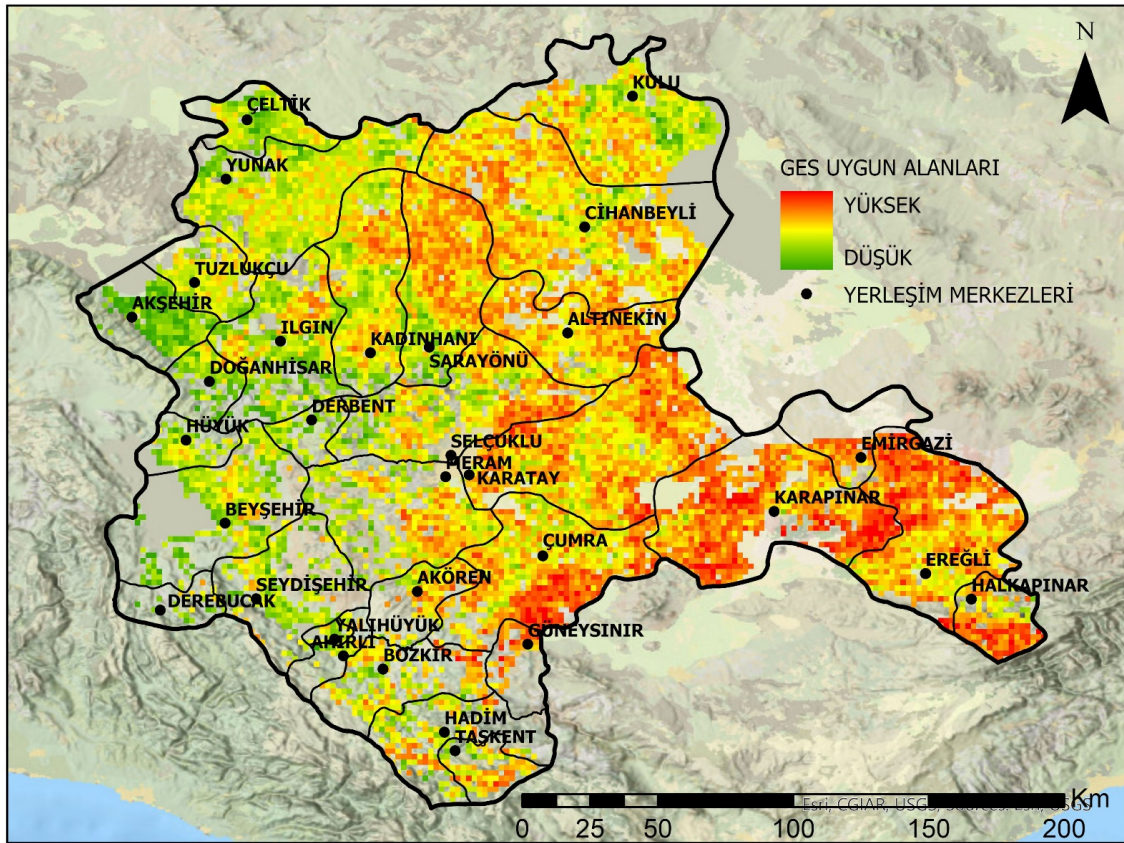
Çizelge 4.7 GES ve RES yer seçiminde kullanılan ağırlık değerleri

Kriterler	GES	RES
	CR : 0.08	CR : 0.08
Arazi Örtüsü	10	4
Yükseklik	-	21
Eğim	8	3
Bakı	12	-
Sıcaklık	27	-
Rüzgar	-	29
Korunan alanlar	13	7
Su Kaynakları	14	13
Yerleşim Alanları	5	7
Ulaşım Ağı	6	8
Enerji İletim Hattı	5	8

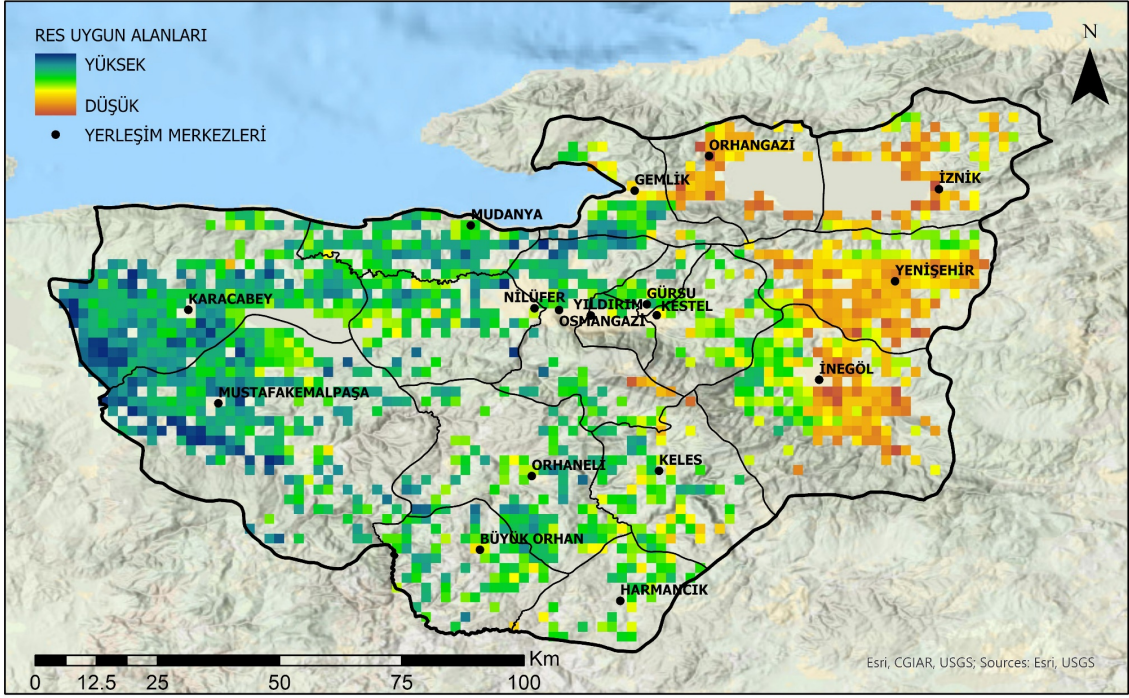
4.3.11. GES ve RES için en uygun yer seçimi

GES ve RES yeri seçiminde uygun alanların belirlenmesi çalışmasında karar sürecine destek olan AHP yöntemi uygulanmış olup elde edilen ağırlık değerleri coğrafi bilgi sistemlerine entegre edilerek sonuç verilerinin görselleştirilmesine imkan sağlamıştır.

Bu aşamada CBS’de ağırlıklı çakıştırma özelliğinden faydalanılarak analizler yapılmıştır. Her biri raster formatında olan envanter verilerimiz Çizelge 4.7’de verilen ağırlık değerleri ile ilişkilendirilmiş ve nihai sonuçları Şekil 4.33 ve Şekil 4.34’te gösterilmiştir.



Şekil 4.33. Konya bölgesi örnek GES yer seçiminde kullanılabilir uygun alanlar haritası



Şekil 4.34. Bursa bölgesi örnek RES yer seçiminde kullanılabilir uygun alanlar haritası

İlgili haritalarda uygun alanlar düşük ve yüksek ihtimal şeklinde kademeli olarak değerlendirilmiş ve en uygun bölgeler koyu yeşil rengi ile sunulmuştur. GES ve RES bölge haritaları incelendiğinde idari sınırlar içerisinde uygun alanlar belirtilirken bir takım bazı alanlarda boşluklar olduğu görülmektedir. Bu boşlukların sebepleri kısıtlı bölgelerimizden kaynaklanmaktadır. Bataklık ve sulu alanları yansıtan araziler, orman alanları gibi korunan alanlar, 1000 m içerisinde su kaynakları, 500 m içerisinde yerleşim alanları ve 100 m içerisinde ulaşım ağı özellikleri kısıtlama getirilen özellikler olduğundan ilgili bölgelerdeki mevcut yerlerin seçiminde uygun alan değerlendirilmesine alınmamış ve sonuç haritalarında çıplak arazi olarak bizlere sunulmuştur.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Küresel anlamda iklim değişikliğine yol açan gazların %80'i başlı başına enerji sektöründen kaynaklanmaktadır. Bu sorunu çözenin en önemli yolu ise enerji sektöründeki üretimin temiz kaynaklardan üretilmesidir. Dolayısıyla enerji sektörünün en önemli parçası olan elektrik enerjisi, emisyonların azaltılmasında etkili rol oynamaktadır. Elektrik enerjisi üretim ve tüketim konularına verilecek değer ile iklim değişikliğine önemli katkılar sunulabilmektedir.

Yapılan araştırmalar doğrultusunda tez çalışmasında izlenen yollardan en önemlisi küresel iklim değişikliğine ülkemiz adına katkı sunabilmek için anlamlı ve planlı yapılacak yatırımlara bu çalışma destek olacaktır. Çalışmada uygulanan öncelik elektrik enerjisi tüketim tahminidir. Ülkemizin gelecekte temiz enerji hedeflerine katkı sunabilmek için yapılacak olan yatırımların önceden planlanması ve uygun seçimler ile yerinde ve temiz üretilmesi adına 2030 yılı Türkiye iller bazında elektrik enerjisi tüketim tahmini yapılmış ve bu doğrultuda gelecek tüketiminde yoğunluk olan bölgelerde üretim yeri seçimi noktasında uygun kararlar alınabilmesine öncülük oluşturmuştur.

Ülkemizin iller bazında 2030 yılı elektrik enerjisi tüketim tahmini YSA yönteminden faydalanılarak bulunmuştur. Yapılan 2030 yılı elektrik enerjisi tüketim tahmini sonuçları Türkiye genelinde bakanlığın sunduğu tahmin çalışmasının sonuçları ile karşılaştırıldığında (Çizelge 5.1) yakınlık gözlenmektedir.

Çizelge 5.1 2030 yılı elektrik enerjisi talep projeksiyonu sonuçları

2030 Yılı Sonuçları	Senaryolar (TWh)		
	Düşük	Referans/Orta	Yüksek
ETKB raporu	453.0	481.7	515.4
YSA modeli	453.0	456.2	493.4

Yapılan tahmin çalışmasının sonuçlarını kıymetlendirmek adına ülkemizin 2030 yılı strateji hedefleri de göz önünde bulundurularak yenilenebilir enerji yatırımlarının yerinde, güvenilir ve ihtiyacı karşılama noktasında verimli bir karar olması için GES ve RES yer seçimi çalışması ile ilişkilendirilmiştir. 2030 yılı ihtiyaç haritaları ile oluşturulan güneş ve rüzgar kaynaklarına yönelik enerji kimlik haritaları birlikte değerlendirilmiştir. Değerlendirme sonucu yer seçimi çalışma örneği GES için Konya

ve RES için Bursa bölgelerinin ihtiyacı karşılamak aynı zamanda enerji potansiyelini verimli kullanmak noktasında en uygun bölge olduklarına karar verilmiştir. Çalışmanın devamı olan yer seçimi uygulaması içinse farklı kurum ve veri tabanı alt yapılarından faydalanılarak elde edilen verilere AHP yöntemi uygulanarak en uygun yer seçimi çalışması gerçekleştirilmiştir.

Çalışma sonucunda diğer bölgelerin değerlendirilmemesi anlamı çıkmamalıdır. Bu çalışma öncelikli GES ve RES tesis kurulumunu belirlemek üzerine odaklanılmıştır. Enerjide meydana gelebilecek kaybı minimuma indirmek adına çalışma Türkiye kimlik haritasının oluşturulması gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu konuda yapılması gereken işlem adımlarını sunarak iyi bir metodoloji sunulmuştur. Elde edilen sonuç haritaları ise gelecekte faydalı ve verimli karar verme sürecinde karar vericilere destek sağlayabilecektir. Elektrik enerjisi talep tahmini uygulama sonuçları ise yalnızca güneş ve rüzgar enerjisi için değil farklı alternatif kaynaklar içinde yol gösterici bir sonuç niteliği taşımaktadır. Ayrıca kullanılan faktörlerin birçoğunun diğer alternatif enerji kaynaklarının da ortak konumsal faktörleri olduğu da unutulmamalıdır. Buna göre özetle çalışma sonuçları;

- Global ölçekte, farklı enerji istasyon kurulumu için enerji talep haritaları, karar destek sistemlerine (ülke gelecek kalkınma planları, çevre ve doğal kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi ve yerel/global yönetim) katkı sağlayacaktır.
- Enerjinin aktarımında meydana gelebilecek kayıp/kaçakların önlenmesinde etkili olacaktır.
- Enerjinin yönetiminde çalışma sonucu elde edilen potansiyel haritalar kullanılabilir olacaktır.
- Enerji üretim şekline göre yer seçiminde ele alınan konumsal faktörlerin ülke ekonomisi, çevre ve ekoloji açısından önem arz etmektedir. Bu nedenle bir işlem dahilinde öncelikli il/ bölge çalışmalarının yapılması önemlidir.

KAYNAKLAR

- Aitzhanov, C., 2016, "Site selection technique for wind turbine power plants utilizing geographical information systems (GIS) and analytical hierarchy process (AHP)", M. Sc. Thesis, *The Graduate School of Sciences Engineering and Technology*, Istanbul Technical University, Istanbul.
- Akçay, M., 2019, "AHP-TOPSIS hibrit yöntemi ile Türkiye’de güneş enerjisi santrali için yer seçimi", Yüksek lisans tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Gazi Üniversitesi, Ankara.
- Amarawickrama, H. A. and Hunt, L. C., 2008, Electricity demand for Sri Lanka: a time series analysis, *Energy*, 33 (5) 724-739.
- Anderson, D. And McNeill, G., 1992, Artificial neural networks technology, Rome Laboratory, ELIN: A011, New York.
- Ayçin, E., ve Arsu, T., 2019, CODAS ve entropi yöntemleri ile yenilenebilir enerji kaynaklarının düzey 1 bölgelerine göre incelenmesi, *Avrasya Uluslararası Araştırmalar Dergisi*, 7 (18), 425-447.
- Aydın, N. Y., 2009, "GIS-based site selection approach for wind and solar energy systems: a case study from western Turkey", The degree of master, *The Graduate School of Natural and Applied Sciences*, Middle East Technical University, Ankara.
- Aydın, D., 2012, "Yapay sinir ağları yardımı ile talep tahmin analizi ve deniz taşımacılığı sektöründe bir uygulama", Yüksek lisans tezi, *Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Marmara Üniversitesi, İstanbul.
- Aydın, Y., 2013, "Bulanık topsis ve vikor yöntemi kullanılarak rüzgar enerjisi santral yeri seçimi", Yüksek lisans tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Bayır, F., 2006, "Yapay sinir ağları ve tahmin modellemesi üzerine bir uygulama, Yüksek lisans tezi, *Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Ben-Akiva M., Cascetta, E., Coppola, P., Papola, A. And Velardi, V., 2010, High speed rail demand forecasting: Italian case study, *Proceedings of the WCTR Conference*, 11-15 July.
- Bianco, V., Manca, O. and Nardini, S., 2009, Electricity consumption forecasting in Italy using linear Regression models, *Energy*, 34 (9) 1413-1421.
- Bilgili, M., Sahin, B., Yasar A. and Simsek, E., 2012, Electric energy demands of Turkey in residential and industrial sectors, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 16 (1) 404-414.

- Boltürk, E., 2013, ‘‘Elektrik talebi tahmininde kullanılan yöntemlerin karşılaştırılması’’, Yüksek lisans tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Bougadis, J., Adamowski, K. And Diduch, R., 2005, Short-term municipal water demand forecasting, *Hydrological Processes*, 19 137-148.
- Can, G., 2019, ‘‘Coğrafi bilgi sistemleri ile analitik hiyerarşi yöntemi kullanılarak rüzgar türbin santralleri için yer seçimi: Çanakkale ili örneği’’, Yüksek lisans tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale.
- Değirmenci, S., Bingöl, F., Sofuoğlu, S. C., 2017, Türkiye’de rüzgar tarlası arazilerinin çok kriterli karar analizi kullanılarak belirlenmesi, 4. *İzmir Rüzgar Sempozyumu*, 27-32.
- Demirel, Ö., Kakilli, A. ve Tektaş, M., 2010, Anfis ve Arma modelleri ile elektrik enerjisi yük tahmini, *Journal of The Faculty of Engineering and Architecture of Gazi University*, 25 (3) 601-610.
- Demirer, A., 2017, ‘‘Güneş enerjisi santrali yer seçimi probleminin analitik hiyerarşi prosesi yardımı ile değerlendirilmesi’’, Yüksek lisans tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Beykent Üniversitesi, İstanbul.
- Dou, Z., Sun, Y., Zhang, Y., Wang, T., Wu, C. and Fan, S., 2021, Regional manufacturing industry demand forecasting: a deep learning approach, *Applied Sciences*, 11,6199.
- Elmas, C., 2003, Yapay sinir ağları kuram, mimari, uygulama, *Seçkin Yayıncılık*, Ankara.
- Erdogdu, E., 2007, Electricity demand analysis using cointegration and ARIMA modelling: A case study of Turkey, *Energy Policy*, 35 (2) 1129-1146.
- Ervural, B. C., Sarı, I. U. ve Koçyiğit, B., 2018, Kural tabanlı bulanık yaklaşımla talep tahmini ve hızlı tüketim sektöründe bir uygulama, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 24 (1) 83-93.
- Es, H. A., Kalender, F. Y. ve Hamzaçebi, C., 2014, Yapay sinir ağları ile Türkiye net enerji talep tahmini, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 29 (3), 495-504.
- Fan, G., Wang, A. And Hong, W., 2018, Combining grey model and self-adapting intelligent grey model with genetic algorithm and annual share changes in natural gas demand forecasting, *Energies*, 11 (7), 1625.
- Fausett, L., 1994, Fundamentals of neural networks: architectures, algorithms and applications, internet uzantılı PDF.
- Garrad, A., 1991, Wind energy in Europe: a plan of action, summary report of wind energy in Europe-time for action, *The European Wind Energy Association*.

- Gavcar, E., Şen, S. ve AYTEKİN, A., 1999, Türkiye’de kullanılan kağıt karton türlerinin talep tahminlerinin belirlenmesi, *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 23, 203-211.
- Gurbuz, F., Ozturk, C. and Pardalos, P., 2013, Prediction of electricity energy consumption of Turkey via Artificial bee colony: a case study, *Energy Systems*, 4 (3) 289-300.
- Güçlüer, D., 2010, ‘‘Güneş enerjisi santrali kurulacak alanların CBS-Çok Ölçütlü Karar Analizi yöntemi ile belirlenmesi’’, Yüksek lisans tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Gültekin, Ö., 2009, ‘‘Bursa ili orta dönem elektrik talep tahmini’’, Yüksek lisans tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Dumlupınar Üniversitesi, Kütahya.
- Hamzaçebi, C. ve Kutay, F., 2004, Yapay sinir ağları ile Türkiye elektrik enerjisi tüketiminin 2010 yılına kadar tahmini, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 19 (3), 227-233.
- Hamzacebi, C., 2007, Forecasting of Turkey’s net electricity energy consumption on sectoral bases, *Energy Policy*, 35 (3), 2009-2016.
- Han, J., Kamber, M., Pei, J., 2006, Data mining: concepts and techniques, *Morgan Kaufmann Publishers*, Burlington.
- Hu, C., 2002, Advanced tourism demand forecasting: ANN and Box-Jenkins modelling. Purdue University, USA.
- International Energy Agency, 2020, IEA, Electricity Information, <http://www.iea.org> [Ziyaret Tarihi: 03.12.2021].
- International Energy Agency, 2021, IEA, World energy Outlook 2021, <http://www.iea.org/topics/world-energy-outlook> [Ziyaret Tarihi: 05.12.2021].
- Johannesen, N. J., Kolhe, M. and Goodwin, M., 2019, Relative evaluation of regression tools for urban area electrical energy demand forecasting, *Journal of Cleaner Production*, 218 (1), 555-564.
- Karahan, M., 2011, ‘‘ İstatistiksel tahmin yöntemleri: yapay sinir ağları metodu ile ürün talep tahmini uygulaması’’, Doktora tezi, *Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Kardashev, N. S., 1964, Transmission of information by extraterrestrial civilizations, *Soviet Astron*, 8 (2), 217-221.
- Kavaklioglu, K., Ceylan, H., Ozturk, H. K. and Canyurt, O. E., 2009, Modeling and prediction of Turkey’s electricity consumption using Artificial Neural Networks, *Energy Conversion and Management*, 50 (11) 2719-2727.

- Kavaklioglu, K., 2011, Modeling and prediction of Turkey's electricity consumption using support vektor regression, *Applied Energy*, 88 (1), 368-375.
- Kavaklioglu, K., 2019, Principal components based robust vector autoregression prediction of Turkey's electricity consumption, *Energy Systems*, 10 (4), 889-910.
- Kaya, A., Kaya, G. and Çebi, F., 2019, Forecasting automobile sales in Turkey with artificial neural networks, *International Journal of Business Analytics*, 6 (4) 50-60.
- Kaytez, F., Taplamacioglu, M. C., Cam, E., Hardalac, F., 2015, Forecasting electricity consumption: A comparison of Regression analysis, Neural networks and least squares support vector machines, *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, 67, 431-438.
- Kialashaki, A. and Reisel J. R., 2014, Development and validation of artifical neural network models of the energy demand in the industrial sector of the united states, *Energy*, 76, 749-760.
- Koç, E. ve Kaya, K., 2015, Enerji kaynakları-yenilenebilir enerji durumu, *Mühendis ve Makina*, 56 (668), 36-47.
- Kucukali, S. and Barıs, K., 2010, Turkey's short-term gross annual electricity demand forecast by fuzzy logic approach, *Energy Policy*, 38 (5) 2438-2445.
- Kum, G., Sönmez, M. E., Karabaş, M., 2019, Gaziantep ilinde güneş enerjisi potansiyelinin analitik hiyerarşi süreci yöntemi (AHP) ile belirlenmesi, *Coğrafya Dergisi*, 39, 61-72.
- Levis, A. A. And Papageorgiou, L. G., 2005, Customer demand forecasting via support vector regression analysis, *Chemical Engineering Research and Desingn*, 83 (2-A8), 1009-1018.
- Lewis, C. D., 2012, Demand forecasting & inventory control, Routledge.
- Lin, C. and Hsu, P., 2002, Forecast of non-alcoholic beverage sales in Taiwan using the grey theory, *Asia Pacific Journal of Marketing and Logistics*, 14 (4), 3-12.
- Liu, Y., Chen, H., Zhang, L., Wu, X. and Wang, X., 2020, Energy consumption prediction and diagnosis of public buildings based on support vector machine learning: A case study in China, *Journal of Cleaner Production*, 272, 122542.
- McCullogh, W. S. and Pitts, W., 1943, 'A logical calculus of ideas immanent in nervous activity', *Bulletin of Mathematical Biophysics*, 5, 115-133.
- Mohamed, Z. and Bodger, P., 2005, Forecasting electricity consumption in New Zealand using economic and demographic variables, *Energy*, 30 (1) 1833-1843.

- Ozturk, H. K., Ceylan, H., Canyurt, O.E. and Hepbasli, A., 2005, Electricity estimation using genetic Algorithm approach: a case study of Turkey, *Energy*, 30 (7) 1003-1012.
- Özşahin, E. ve Kaymaz, Ç. K., 2013, Rüzgar Enerji Santrallerinin (RES) yapım yeri seçimi üzerine bir CBS analizi: Hatay örneği, *TUBAV Bilim Dergisi*, 6 (2), 1-18.
- Öztemel, E., 2006, Yapay Sinir Ağları, *Papatya Yayıncılık*, İstanbul.
- Patel, R. B., Patel M. R. and Patel, N. A., 2020, Electrical load forecasting using machine learning methods, RNN and LSTM, *Journal of Xidian University*, 1001-2400.
- Pao, H.T., 2006, Comparing linear and nonlinear forecasts for Taiwan's electricity consumption, *Energy*, 31 (12) 2129-2141.
- Saraç, E., 2012, "Yapay sinir ağları metodu ile gayrimenkul değerlendirme", Yüksek lisans tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, İstanbul Kültür Üniversitesi, İstanbul.
- Saaty, T. L., 1980, The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation, McGraw-Hill Comp., New York, 54-55.
- Saaty, T. L. and Vargas, L. G., 2000, Models, methods, concepts & applications of the analytic hierarchy process, *International series in operations research & management science*, 43-47.
- Sediqi, K. J., 2015, "GIS-based multi-criteria approach for land-use suitability analysis of wind farms: the case study of Karaburun Peninsula, Izmir-Turkey", M. Sc. Thesis, *The Graduate School of Sciences Engineering and Technology*, Izmir Institute of Technology University, Izmir.
- Seydioğulları, H. S., 2013, Sürdürülebilir kalkınma için yenilenebilir enerji, *Planlama*, 23 (1) 19-25.
- Somu, N., Raman M R, G. and Ramamritham, K., 2021, A deep learning framework for building enegy consumption forecast, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 137, 110591.
- Solyali, D., 2020, A comparative analysis of machine learning approaches for short-/long-term electricity load forecasting in Cyprus, *Sustainability*, 12(9), 3612.
- Shirzadi, N., Nizami, A., Khazen, M. and Nik-Bakht M., 2021, Medium-term regional electricity load forecasting through machine learning and deep learning, *Civil Engineering Design*, 5 (2) 27.
- T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı, 2010, Rüzgâr Enerjisi Tahmin Sistemi (RETS), *Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü*, Ankara.
- T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, 2018, Türkiye'nin yedinci ulusal bildirimi, *Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü İklim Değişikliği Daire Başkanlığı*, Ankara.

- Türkünoğlu, A., 2019, ‘Short term electricity consumption forecasting using long short-term memory cells’, Yüksek lisans tezi, *Enerji Enstitüsü*, İstanbul Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- URL1: 2021, <https://www.iea.org/fuels-and-technologies/electricity>, [Ziyaret Tarihi: 03.12.2021].
- URL2: 2020, <https://www.enerjiatlası.com/ulkelere-gore-gunes-enerjisi.html>, [Ziyaret Tarihi: 26.03.2020].
- URL3: 2020, <http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/>, [Ziyaret Tarihi: 01.04.2020].
- URL4: 2020, <https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Ruzgar>, [Ziyaret Tarihi: 01.04.2020].
- URL5:2020,https://www.mgm.gov.tr/FILES/haberler/2010/rets_seminer/2_Mustafa_CALISKAN_RITM.pdf, [Ziyaret Tarihi: 01.04.2020].
- URL6: 2020, <https://eigm.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/REPA>, [Ziyaret Tarihi: 01.04.2020].
- URL7: 2020, <https://www.mgm.gov.tr/genel/ruzgar-atlası.aspx>, [Ziyaret Tarihi: 01.04.2020].
- URL8: 2021, <https://www.enerjiatlası.com/sehir/>, [Ziyaret Tarihi: 27.12.2021].
- Uyan, M., 2013, GIS-based solar farms site selection using analytic hierarchy process (AHP) in Karapınar region, Konya/ Turkey, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 28, 11-17.
- Uyan, M., 2017, Güneş enerjisi santrali kurulabilecek alanların AHP yöntemi kullanılarak CBS destekli haritalanması, *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 23 (4), 343-351.
- Uygun, İ., 2015, ‘Yapay sinir ağları yardımıyla enerji sektöründe talep tahmini’, Yüksek lisans tezi, *Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Marmara Üniversitesi, İstanbul.
- Uzlu, E. and Dede, T., 2020, Estimating electric energy consumption in Turkey using artificial neural networks optimized with jaya algorithm, *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 8 (3) 511-528.
- Ülkü, H. ve Yalpır, Ş., 2021, Enerji talep tahmini için metodoloji geliştirme: 2030 yılı Türkiye örneği, *Niğde Ömer HalisDemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 10 (1), 188-201.
- Vecihi, Y., 2011, Genetik algoritma ile Türkiye net elektrik enerjisi tüketiminin 2020 yılına kadar tahmini, *International Journal of Engineering Research and Development*, 3 (2) 37-41.

- Yalçın, U., 2007, ‘‘Bulanık analitik hiyerarşi prosesi kullanarak rüzgar enerjisi santral yeri seçimi’’, Yüksek lisans tezi, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Yalçın, C. ve Yüce, M., 2019, Burdur’da Güneş Enerjisi Santrali (GES) yatırımına uygun alanların CBS tabanlı AHP yöntemiyle tespiti, *Geomatik Dergisi*, 5 (1), 36-46.
- Yavuzdemir, M., 2014, ‘‘Türkiye’nin kısa dönem yıllık brüt elektrik enerjisi talep tahmini’’, Yüksek lisans tezi, *Sosyal Bilimler Enstitüsü*, Ankara Üniversitesi, Ankara.
- Yurtoğlu, H., 2005, ‘‘Yapay sinir ağları metodolojisi ile öngörü modellemesi: bazı makroekonomik değişkenler için Türkiye örneği’’, DPT-Uzmanlık Tezi, *yayın no: DPT:2683*, Ekonomik Modeller Ve Stratejik Araştırmalar Genel Müdürlüğü.
- Ye, Z., Wei, R. And Yu, N., 2021, Short-term forecasting for utilization rates of electric vehicle charging station, *IEEE International Smart Cities Conference*, 7-10 September.
- Wong, K. K. F., Song, H. And Chon, K.S.,2006, Bayesian models for tourism demand forecasting, *Tourism Management*, 27 773-780.

EKLER

EK-1 Uzman görüşlerine göre örnek AHP karşılaştırma matrisleri

EK-1.a GES yer seçiminde uzman görüşü alınan karşılaştırma matrisi (CR: 0.10)

Kriterler	Arazi Örtüsü	Eğim	Bakı	Sıcaklık	Korunan Alanlar	Su kaynakları	Yerleşim Alanları	Ulaşım Ağı	Enerji Nakil Hattı
Arazi Örtüsü	1	2	1/6	1/6	2	1	1/4	1/5	1/5
Eğim	1/2	1	1/3	1/5	1/3	1/3	1	1/4	1/4
Bakı	6	3	1	1/5	2	2	4	2	2
Sıcaklık	6	5	5	1	3	6	4	2	2
Korunan Alanlar	1/2	3	1/2	1/3	1	1	2	1/4	1/4
Su kaynakları	1	3	1/2	1/6	1	1	2	1/4	1/4
Yerleşim Alanları	4	1	1/4	1/4	1/2	1/2	1	1/3	1/3
Ulaşım Ağı	5	4	1/2	1/2	4	4	3	1	1
Enerji Nakil Hattı	5	4	1/2	1/2	4	4	3	1	1
	29	26	8.75	3.32	17.83	19.83	20.25	7.28	7.28

EK-1.b GES yer seçiminde uzman görüşü alınan karşılaştırma matrisi (CR: 0.10)

Kriterler	Arazi Örtüsü	Eğim	Bakı	Sıcaklık	Korunan Alanlar	Su kaynakları	Yerleşim Alanları	Ulaşım Ağı	Enerji Nakil Hattı
Arazi Örtüsü	1	1/3	1	2	1	2	3	2	5
Eğim	3	1	4	7	4	3	2	3	1
Bakı	1	1/4	1	2	1/2	1/2	2	1	3
Sıcaklık	1/2	1/7	1/2	1	1/2	1/3	1/2	1	1
Korunan Alanlar	1	1/4	2	2	1	1	2	2	4
Su kaynakları	1/2	1/3	2	3	1	1	2	3	5
Yerleşim Alanları	1/3	1/2	1/2	2	1/2	1/2	1	4	3
Ulaşım Ağı	1/2	1/3	1	1	1/2	1/3	1/4	1	1
Enerji Nakil Hattı	1/5	1	1/3	1	1/4	1/5	1/3	1	1
	8.03	4.14	12.33	21	9.25	8.87	13.08	18	24

EK-1.c RES yer seçiminde uzman görüşü alınan karşılaştırma matrisi (CR: 0.15)

Kriterler	Arazi Örtüsü	Yükseklik	Eğim	Rüzgar	Korunan Alanlar	Su kaynakları	Yerleşim Alanları	Ulaşım Ağı	Enerji Nakil Hattı
Arazi Örtüsü	1	4	1/3	1/5	1	1/3	1/8	1/8	1/6
Yükseklik	1/4	1	1/3	1/7	1/4	1/6	1/8	1/7	1/8
Eğim	3	7	1/7	1/7	4	2	1	1/3	1/5
Rüzgar Hızı	5	7	1	1	5	7	1	4	1
Korunan Alanlar	1	4	7	1/5	1	1/2	1/7	1/7	1/6
Su kaynakları	3	6	1/4	1/7	2	1	1/2	1/3	1/5
Yerleşim Alanları	8	8	1/2	1	7	2	1	1/2	1
Ulaşım Ağı	8	7	1	1/4	7	3	2	1	1
Enerji Nakil Hattı	6	8	3	1	6	5	1	1	1
	36.25	53	19.23	5.08	34.25	22	7.89	8.58	5.85

EK-1.d RES yer seçiminde uzman görüşü alınan karşılaştırma matrisi (CR: 0.10)

Kriterler	Arazi Örtüsü	Yükseklik	Eğim	Rüzgar	Korunan Alanlar	Su kaynakları	Yerleşim Alanları	Ulaşım Ağı	Enerji Nakil Hattı
Arazi Örtüsü	1	2	2	1/6	2	1	1/4	1/5	1/5
Yükseklik	1/2	1	1	1/7	1/5	1/4	1/4	1/5	1/5
Eğim	1/2	1	1	1/5	1/3	1/3	1	1/4	1/4
Rüzgar Hızı	6	7	5	1	3	6	5	2	2
Korunan Alanlar	1/2	5	3	1/3	1	1	2	1/4	1/4
Su kaynakları	1	4	3	1/6	1	1	2	1/4	1/4
Yerleşim Alanları	4	4	1	1/5	1/2	1/2	1	1/3	1/3
Ulaşım Ağı	5	5	4	1/2	4	4	3	1	1
Enerji Nakil Hattı	5	5	4	1/2	4	4	3	1	1
	24.50	35	29	4.21	17.03	19.08	18.50	6.48	6.48