



TÜRKİYE'DE RÜZGAR TARLASI ARAZİLERİNİN ÇOK KRİTERLİ KARAR ANALİZİ KULLANILARAK BELİRLENMESİ



Sinem Değirmenci¹, Ferhat Bingöl², Sait C.Sofuoglu³

¹ İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Çevre Mühendisliği Bölümü

² İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü

³ İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Kimya Mühendisliği Bölümü

29 EYLÜL 2017





Sunum İçeriği



- Özgeçmiş
- Rüzgar Enerjisi-Çevre
- Çalışmanın Amacı
- Literatür Araştırması
- Metot
 - Veri Toplama ve İşleme
 - Kullanılamaz Alanların Çıkarılması
 - Kriterlerin Değerlendirilmesi
- Tartışma, Sonuç ve Öneriler

Özgeçmiş

- 1991: İzmir
- 2009-2014 : İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Kimya Mühendisliği Lisans
- 2014-2016: İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü Çevre Mühendisliği Y.Lisans
- 2017-Halen: Renewatt Enerji San. ve Tic. Ltd. Şti. Proje Mühendisi



Supervisor

Yrd. Doç. Dr. Ferhat Bingöl
Enerji Sistemleri Mühendisliği Bölümü
Bölüm Başkan Yardımcısı
İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü



Co-advisor

Prof. Dr. Sait C. Sofuoglu
Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı Başkanı
İzmir Yüksek Teknoloji Enstitüsü

Bu çalışma 215M384 nolu TÜBİTAK çalışması ve ERANET NEWA projesi tarafından desteklenmektedir.



Rüzgar Enerjisi - Çevre



Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliği		
	EK- 1: Çevresel Etki Değerlendirmesi Uygulanacak Projeler Listesi	EK- 2: Seçme, Eleme Kriterleri Uygulanacak Projeler Listesi
2003		Rüzgar enerji santralleri
2008		10 MW ve üzeri RES
2011	Kurulu gücü 75 MWe ve üzeri RES	10 MWe ve üzeri RES
2013	Türbin sayısı 20 ve üzeri olan RES	Türbin sayısı 5-20 arası olan
2014	Kurulu gücü 50 MWm ve üzeri RES	10-50 MWm olan RES
2017	Türbin sayısı 20 adet ve üzerinde veya kurulu gücü 50 MWm ve üzerinde olan RES	Türbin sayısı 5 adet ve üzerinde veya kurulu gücü 10 MWm ve üzerinde 50 MWm altında olan RES

2023
?

1890lar

Poul La Cour
Modern türbinler
konusunda ilk
çalışmalar

1998

Türkiye'nin ilk rüzgâr
enerjisi santrali
kurulumu
(1.5 MW)

2005

Yenilenebilir Enerji Kaynakları
Kanunu

2017

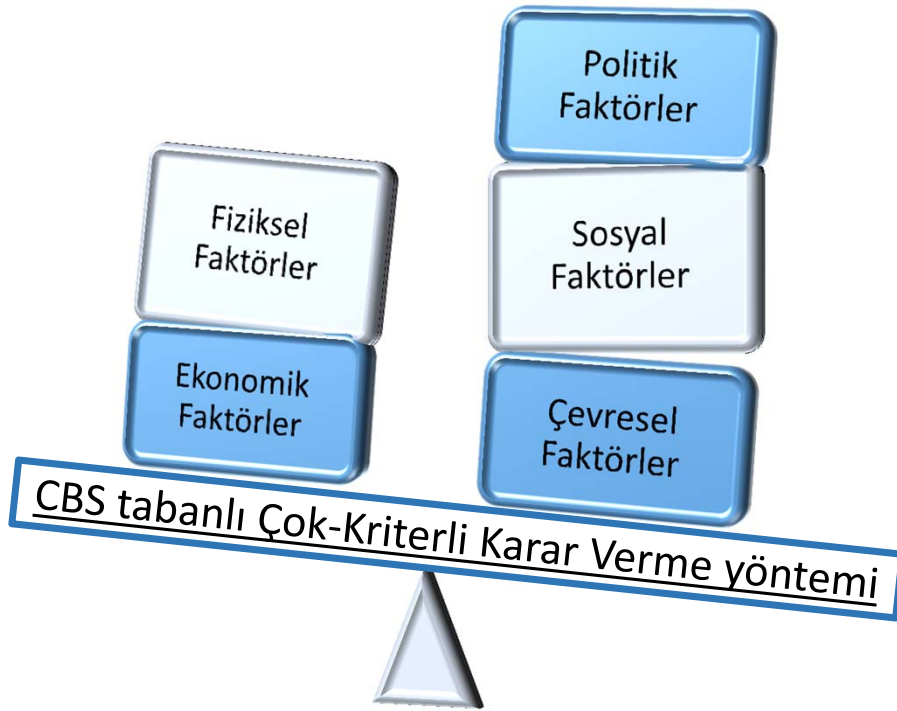
Kurulu Güç
6.1 GW

2023

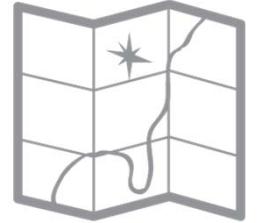
Türkiye'nin 2023 Hedefi
20 GW kurulu güç



RES Yer Seçimi



Çalışmanın Amacı;



CBS → verilerin depolanmasını ve uygun yerlerin gösterimini sağlarken;
Çok-Kriterli Karar Verme Yöntemi → yer seçim kriterlerinin kendi aralarında kıyaslanması yöntemiyle ağırlıklarını belirler



Literatür Araştırması



GIS-based environmental assessment of wind energy systems for spatial planning: A case study from Western Turkey

Nazli Yonca Aydın ^a, Elcin Kentel ^{b,*}, Sebnem Duzgun ^a

^a Middle East Technical University, Geodetic and Geographic Information Technologies, 06531 Ankara, Turkey

^b Middle East Technical University, Department of Civil Engineering, 06531 Ankara, Turkey

Uygulama Alanı	Balıkesir, Çanakkale
Kriter Seçimi	Literatür, Yasalar
Metot	GIS, ELECTRE, SMAA

A GIS-based Multiple Criteria Decision Analysis approach for wind power plant site selection

Kazim Baris Atici ^{a,*}, Ahmet Bahadır Simsek ^a, Aydın Ulucan ^a, Mustafa Umur Tosun ^b

^a Department of Business Administration, Hacettepe University, 06800 Ankara, Turkey

^b Department of Public Finance, Hacettepe University, 06800 Ankara, Turkey

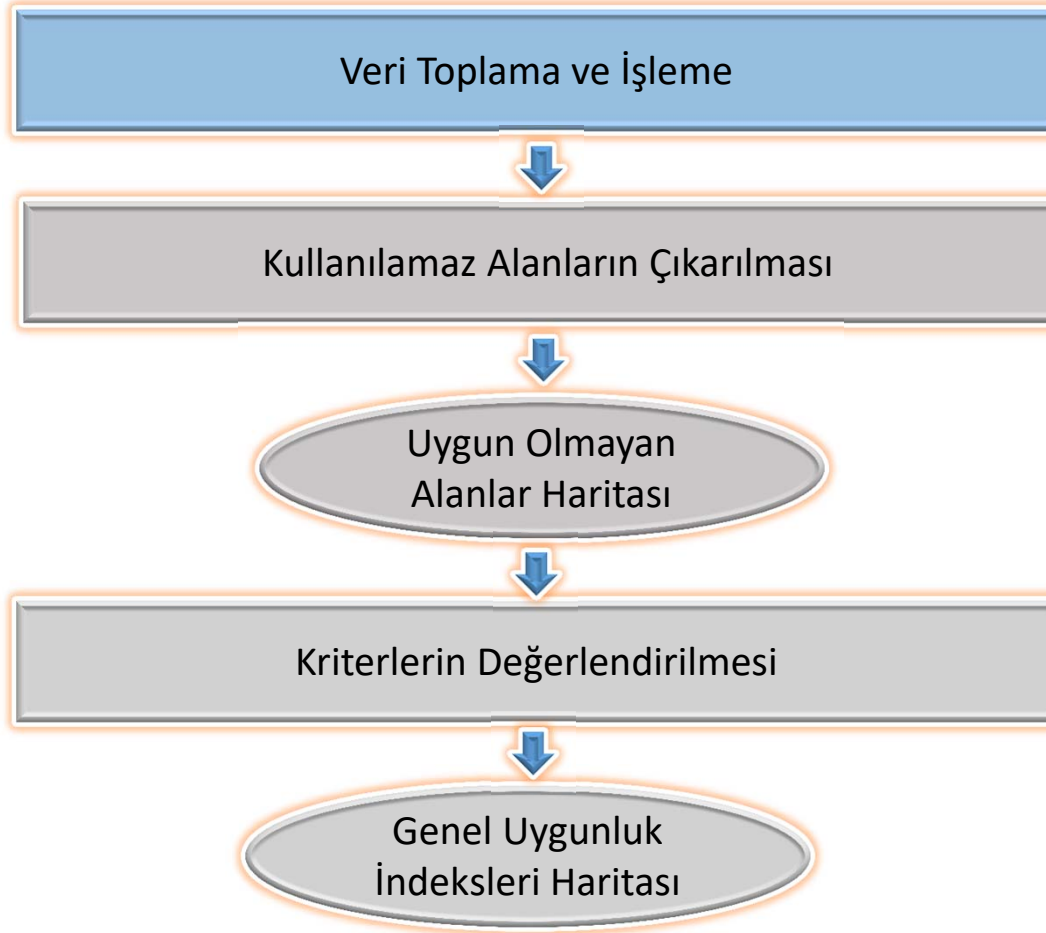
Uygulama Alanı	Uşak, Aydın, Denizli, Muğla, Burdur
Kriter Seçimi	Literatür, Yasalar
Metot	GIS, OWA

- Yürürlükte Yasalara göre Seçilmiş Kriterlere yer verilmesi
 - Yeni Kriterlerin Kullanılması
- Değişen kanunlar çerçevesinde hızlı bir şekilde güncellenmesi
 - Tüm Türkiye sınırlarını kapsamaması

Bu çalışmanın, rüzgar enerji santrallerinin planlama sürecini kısaltması, zamandan ve yatırımdan tasarruf sağlamasını beklenmektedir.



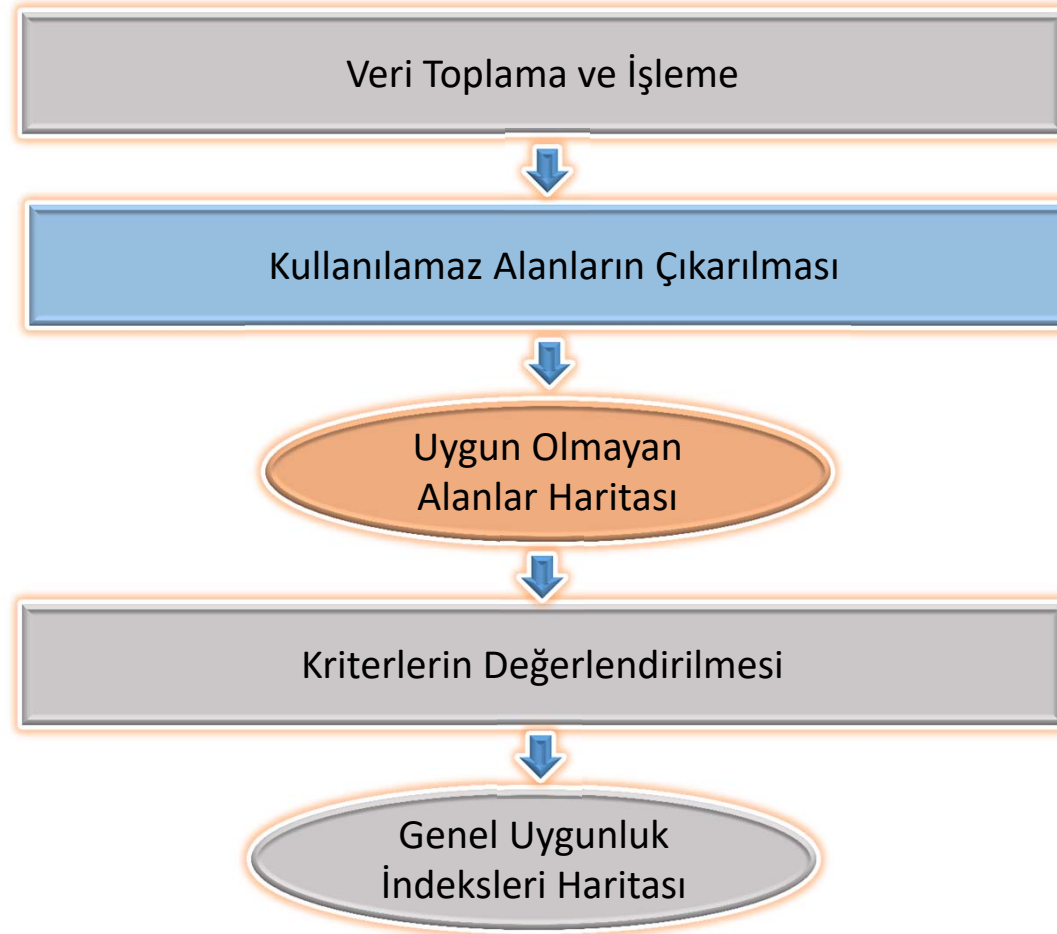
Metot



- Devlet Kurumları,
- Web Tabanlı Veri Setleri,
- Bilimsel Araştırmalar,
- Dernekler



Metot

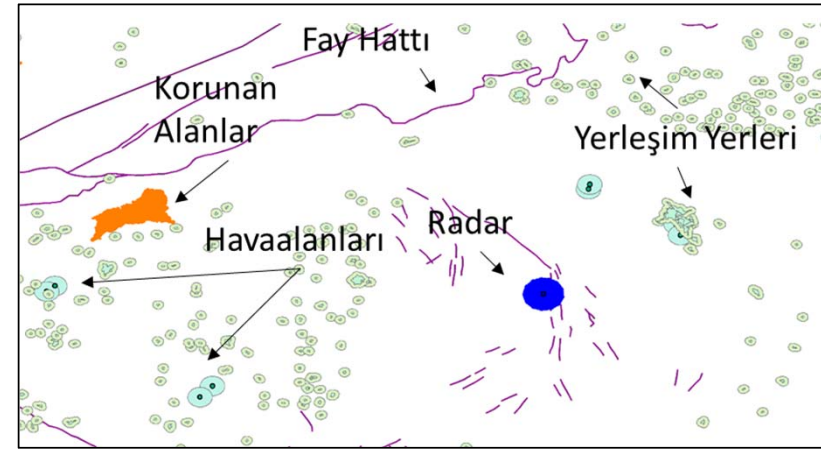
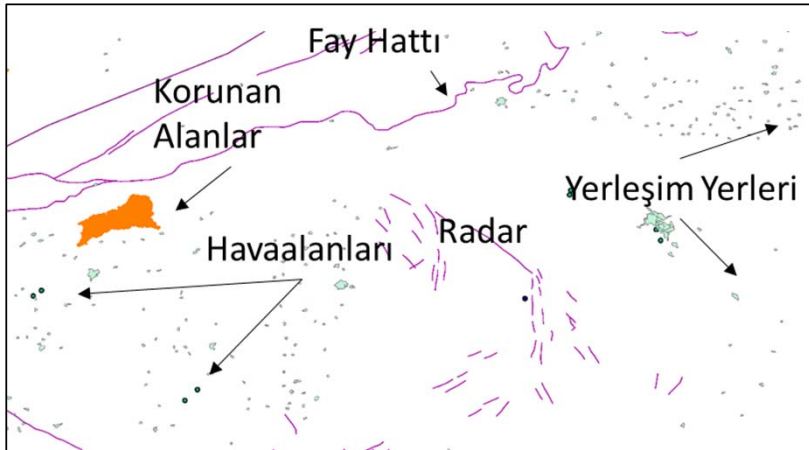




Kullanılamaz Alanların Çıkarılması

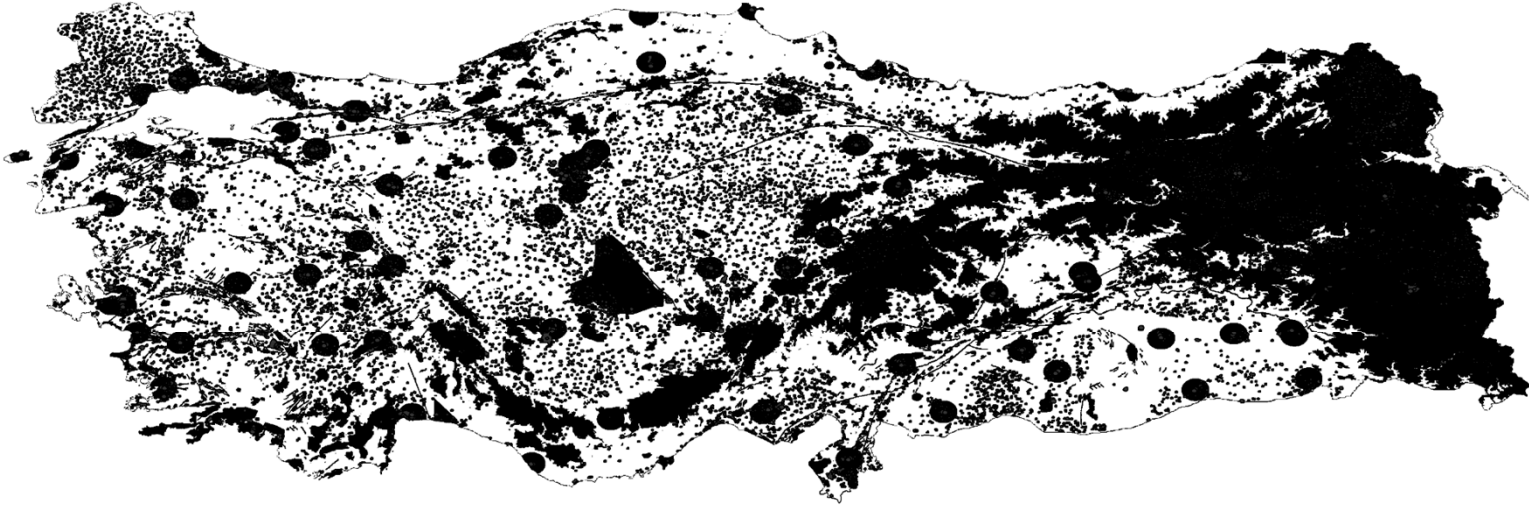
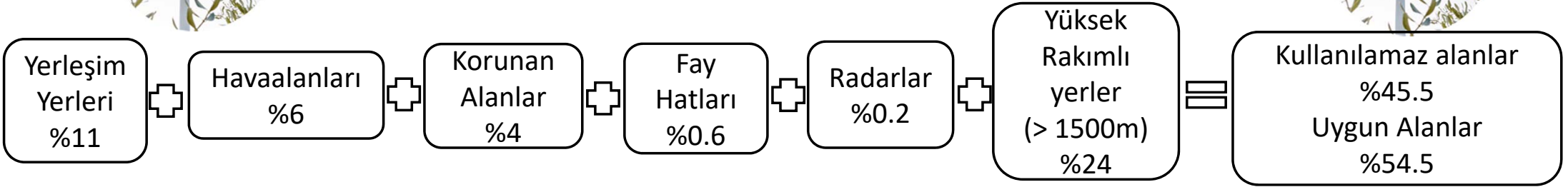


- Radarların koordinatları ve çevresindeki 5 km tampon bölgeler,
 - Havaalanları ve çevresindeki 3 km tampon bölgeler
 - Fay hatları ve çevresindeki 150 m tampon bölgeler
 - Yerleşim yerleri ve çevresindeki 1 km tampon bölgeler
 - Korunan alanlar ("Milli Parklar", "Tabiat Parkları", "Tabiat Anıtları", "Tabiat Koruma Alanları", "Yaban Hayatı Koruma Sahaları ve Yaban Hayvanı Yerleştirme Alanları", "Özel Çevre Koruma Bölgesi", "Biyosfer Rezervi")
 - 1500 m'nin üzerinde yüksekliğe sahip alanlar
- Hava/Yer Haberleşme İstasyonlarından 2 km; VOR-DME, NDB seyrüsefer yardımcı sistemlerinden 15 km tampon bölge



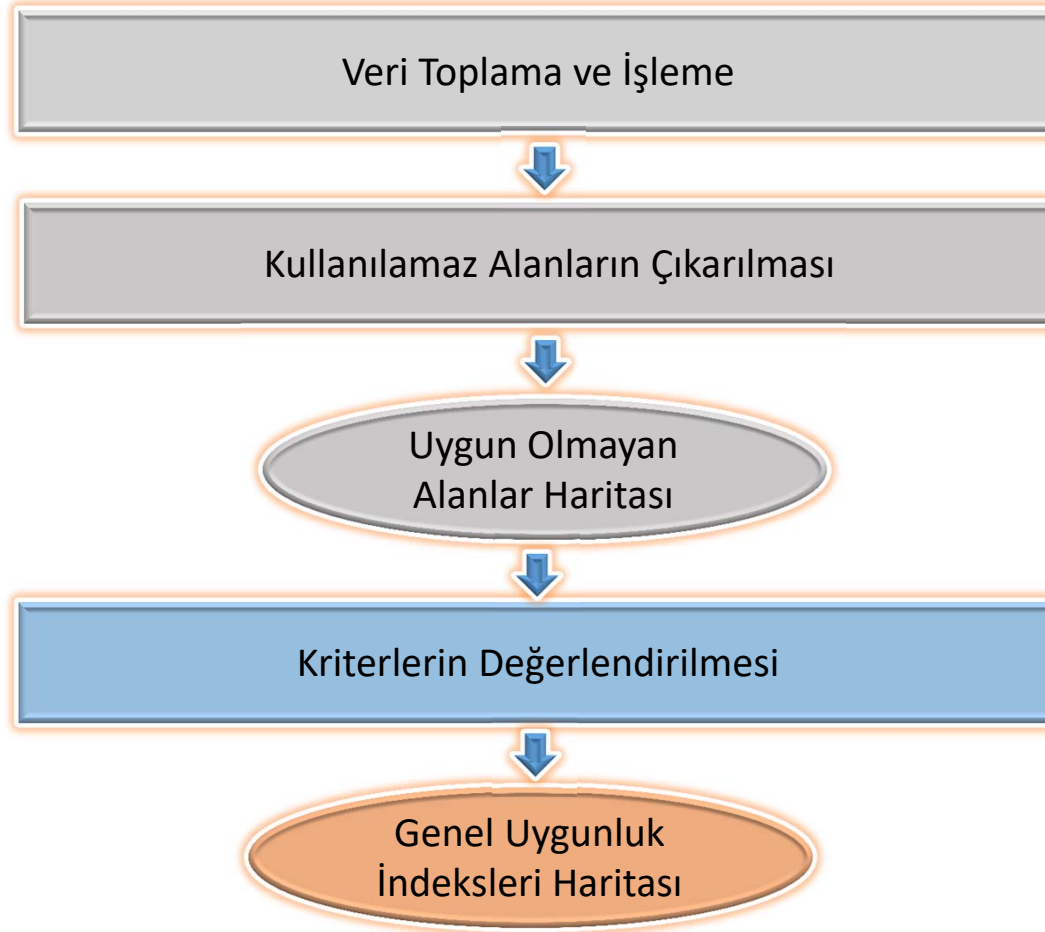


Kullanılamaz Alanların Çıkarılması





Metot



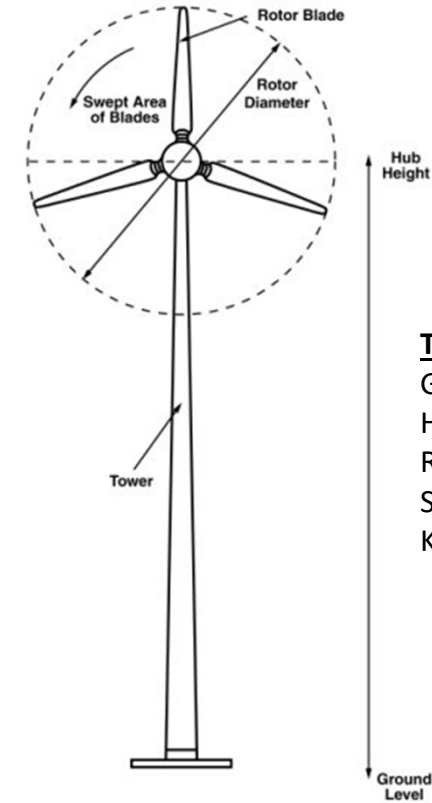


Kriterlerin Değerlendirilmesi



- Vektör verileri $\longrightarrow$ Raster
- 1/120 ° hücre boyutlarında (yaklaşık 700 x 900 m) resample edildi.
- Ölçeklendirilmiş Veri = $\frac{\text{Gerçek Değer} - \text{Minimum Değer}}{\text{Maksimum Değer} - \text{Minimum Değer}}$

	Ölçeklendirme Kuralı (Min./Maks.)
Enerji	Maks.
Don Süreleri	Min.
Arazi Maliyetleri	Min.
Yollar	Maks.
Ormanlık Alanlar	Özel Durum
Şebeke Kapasitesi	Maks.
Arazi Engebesi	Min.



Temsili Rüzgar Türbini

Güç=2100 KW
Hub Yüksekliği = 100 m
Rotor Çapı= 80 m
Süpürme Alanı= $\pi r^2 = 5026.5 \text{ m}^2$
Kapasite Faktörü=0.31



Kriterlerin Değerlendirilmesi



Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) metodu, kriterlerin birbirine göre ikili karşılaştırılmasına dayanan bir metottur ve çalışmada kullanılacak faktörlerin önem katsayılarını belirlemektedir.

Karar Vericiler;

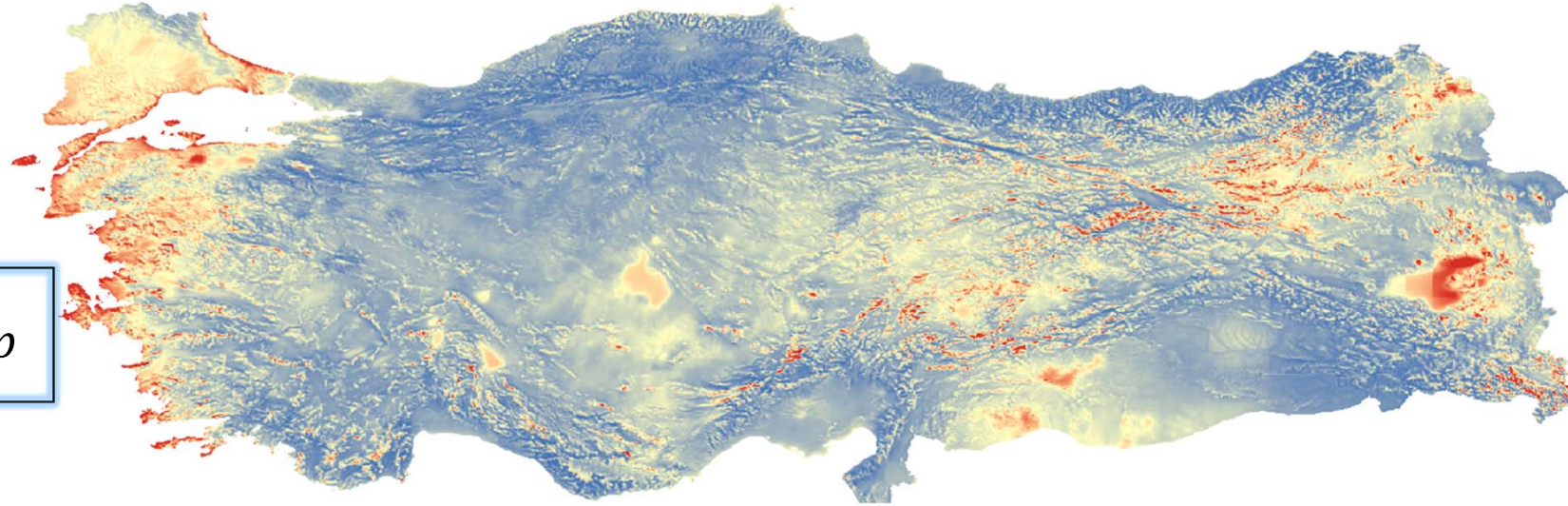
- 2 akademisyen,
- 1 şirket müdürü,
- 1 proje mühendisi
- 2 lisansüstü öğrenci

Saaty'nin temel 1 ila 9 tercih ölçeği kullanıldı (9 En önemli, 1 önemli olmayan şeklinde).

	Enerji	Don Süreleri	Arazi Maliyetleri	Yollar	Ormanlık Alanlar	Şebeke Kapasitesi	Arazi Engebese	Ağırlık Değeri
Enerji	1.00	1.31	2.17	1.31	0.88	1.85	4.00	0.21
Don Süreleri	0.76	1.00	1.94	1.48	0.87	1.68	0.50	0.14
Arazi Maliyetleri	0.46	0.52	1.00	0.91	0.37	1.25	0.25	0.08
Yollar	0.76	0.67	1.10	1.00	0.73	1.53	0.33	0.11
Ormanlık Alanlar	1.13	1.15	2.69	1.37	1.00	0.93	2.00	0.18
Şebeke Kapasitesi	0.54	0.60	0.80	0.65	1.08	1.00	0.50	0.10
Arazi Engebese	0.30	2.00	4.00	3.00	0.50	2.00	1.00	0.2

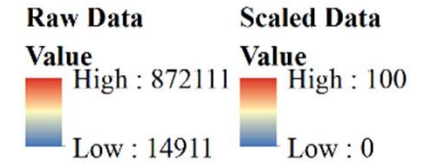


K1. Enerji



$$P = \frac{1}{2} * \rho * A * V^3 * C_p$$

- ρ ; hava yoğunluğu (kg/m³)
- A ; Süpürme alanı (m²) (A= πr^2)
- V; rüzgar hızı (m/s)
- C_p; kapasite faktörü



Kaynaklar:

Hava Yoğunluğu: Bingöl, F., Computation of Air Density for Wind Energy Use. 2016.

Rüzgar Hızı : DTU Wind Energy Global Wind Atlas. funded by Danish Energy Agency EUDP 11-II

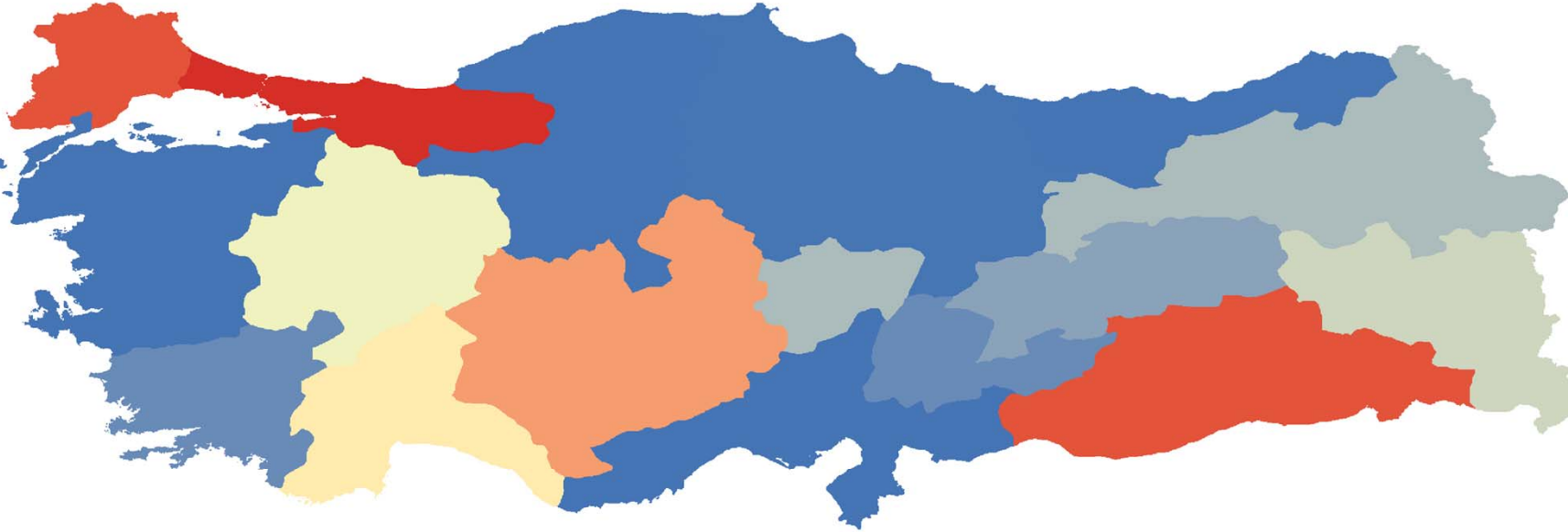
Kapasite Faktörü: Hughes, G., The performance of wind farms in the United Kingdom and Denmark. Renewable Energy Foundation: London, UK, 2012.



K2. Şebeke Kapasitesi



Bölge Adı	2025 yılı sonu Bölgesel Bağlanabilir Üretim Kapasitesi (MW)
Akdeniz Elektrik Dağıtım A.Ş.	800
Akedaş Elektrik Dağıtım A.Ş.	300
Aras Elektrik Dağıtım A.Ş.	500
Aydem Elektrik Dağıtım A.Ş.	300
Başkent Elektrik Dağıtım A.Ş.	0
Boğaziçi Elektrik Dağıtım A.Ş. ve Anadolu Yakası Elektrik Dağıtım A.Ş.	2000
Çamlıbel Elektrik Dağıtım A.Ş.	200
Çoruh Elektrik Dağıtım A.Ş.	0
Dicle Elektrik Dağıtım A.Ş.	1200
Fırat Elektrik Dağıtım A.Ş.	400
Gediz Elektrik Dağıtım A.Ş.	0
Kayseri ve Civarı Elektrik Türk A.Ş.	500
Meram Elektrik Dağıtım A.Ş.	1000
Osmangazi Elektrik Dağıtım A.Ş.	700
Sakarya Elektrik Dağıtım A.Ş.	1300
Toroslar Elektrik Dağıtım A.Ş.	0
Trakya Elektrik Dağıtım A.Ş.	1200
Uludağ Elektrik Dağıtım A.Ş.	0
Vangölü Elektrik Dağıtım A.Ş.	600
Yeşilırmak Elektrik Dağıtım A.Ş.	200
	11200



Raw Data

Value

High : 0.178571

Low : 0

Scaled Data

Value

High : 100

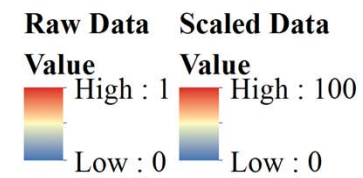
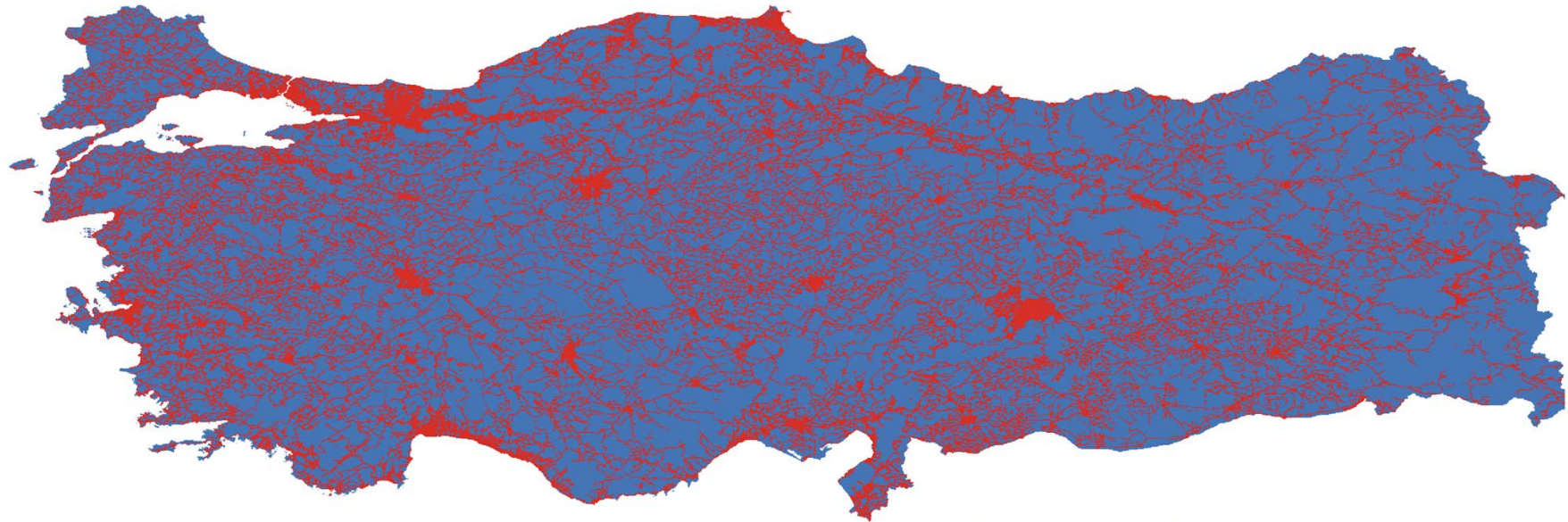
Low : 0

$$Oran = \frac{Bölgedeki kapasite}{Toplam kapasite}$$

Teiaş'ın 'Üretim Tesisleri Bölgesel Bağlantı Kapasite Raporu'nda belirtilen 10 Yıllık Dönem için Açıklanan Bölgesel Bağlanabilir Üretim Kapasiteleri

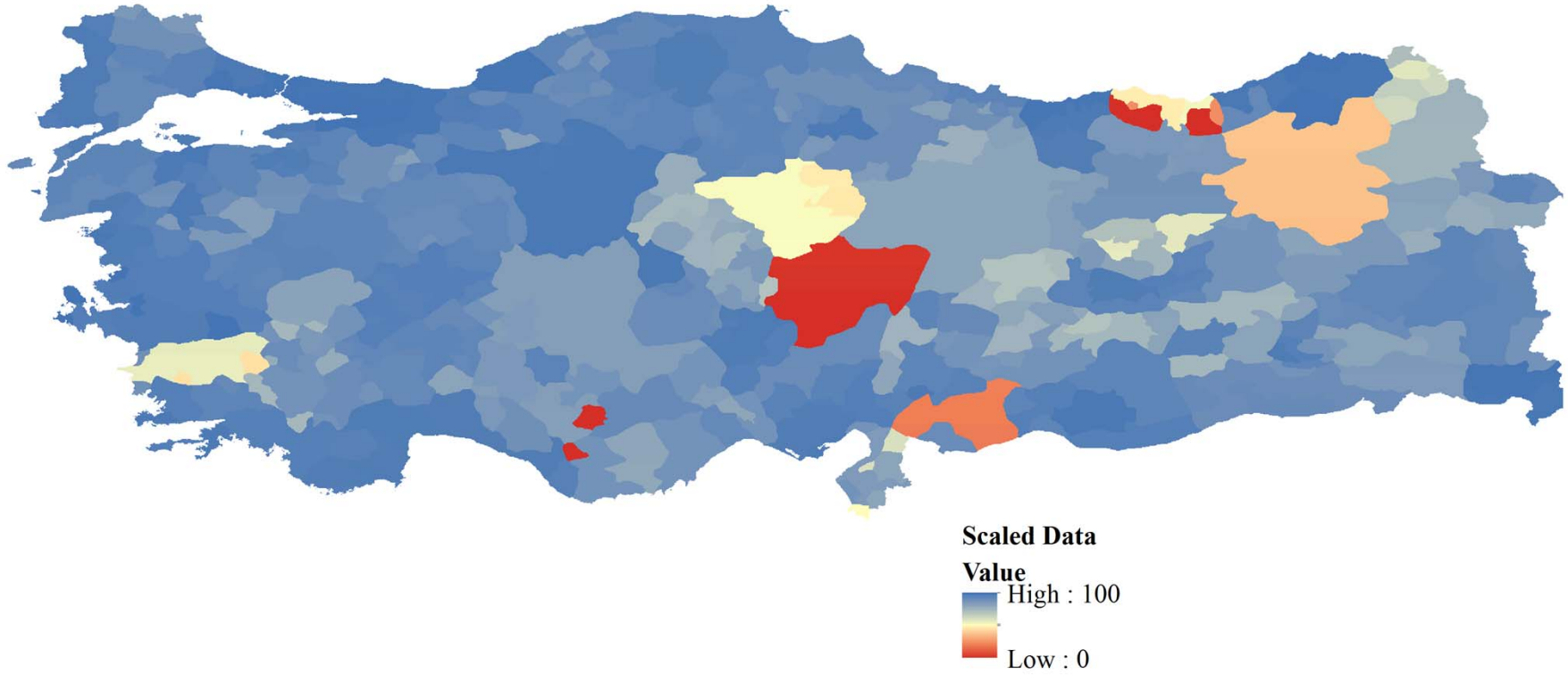


K3. Yollar



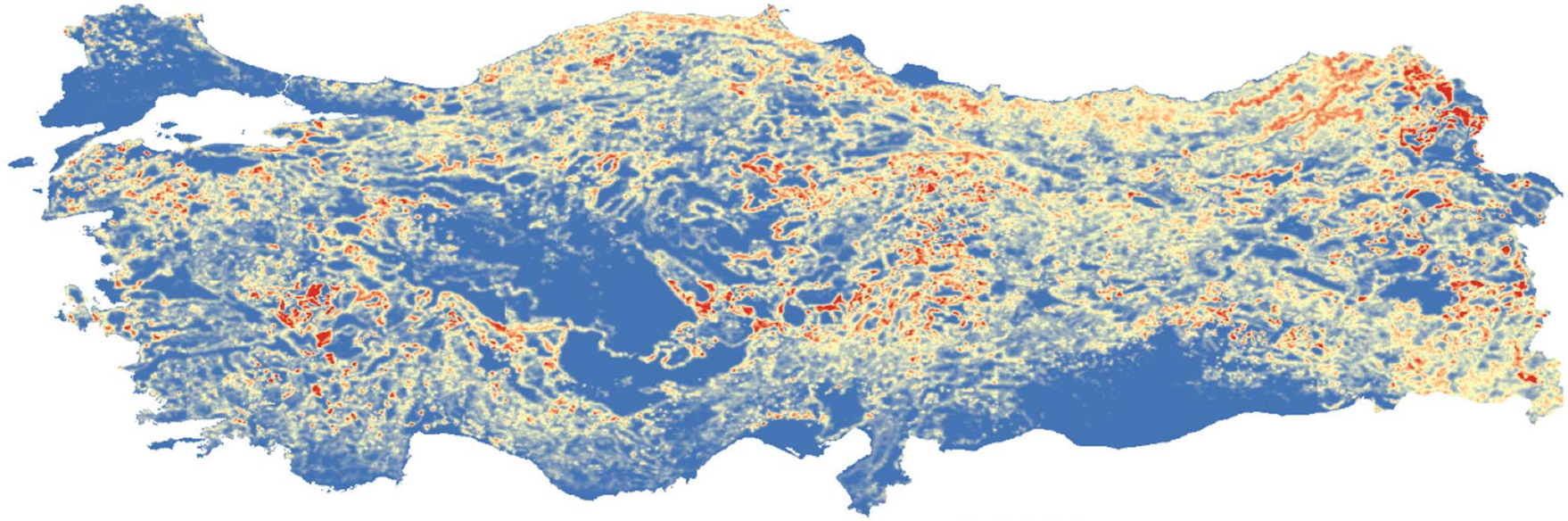


K4. Arazi Maliyetleri





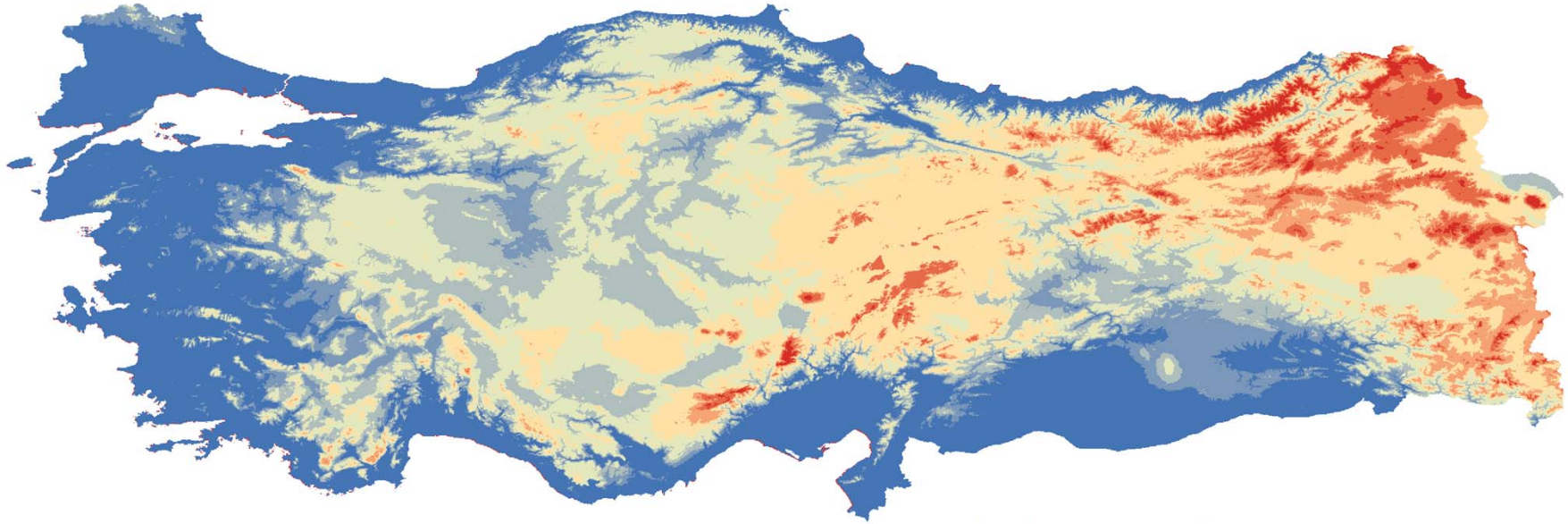
K5. Arazi Engebresi



Scaled Data
Value
High : 100
Low : 0

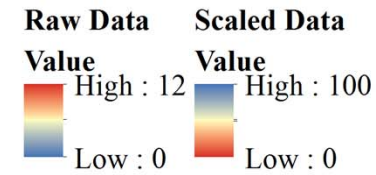


K6. Don Süreleri



$0^{\circ}\text{C} > T \rightarrow 1$
 $0^{\circ}\text{C} < T \rightarrow 0$

$$\left. \begin{array}{l} 0^{\circ}\text{C} > T \rightarrow 1 \\ 0^{\circ}\text{C} < T \rightarrow 0 \end{array} \right\} \text{Oran} = \frac{\text{Değerlerin Toplamı}}{12}$$

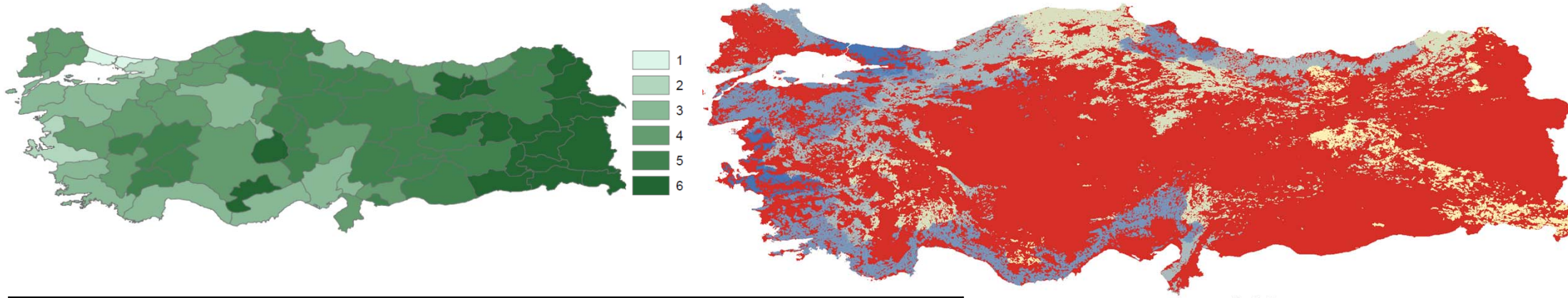




K7. Ormanlık Alanlar



“Orman veya Hazinesinin özel mülkiyetinde ya da Devletin hüküm ve tasarrufu altında bulunan her türlü taşınmazın bu Kanun kapsamındaki yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretimi yapmak amacıyla kullanılması halinde, bu araziler için Çevre ve Orman Bakanlığı veya Maliye Bakanlığı tarafından bedeli karşılığında izin verilir, kiralama yapılır, irtifak hakkı tesis edilir veya kullanma izni verilir.”



Kiralama Bedeli (milyon TL/ha.yıl)						
	1.Bölge	2.Bölge	3. Bölge	4.Bölge	5. Bölge	6.Bölge
Ağaçsız alanlar.	0.17	0.16	0.14	0.12	0.09	0.07
% 10 dan daha az kapalı ormanlar	0.19	0.18	0.16	0.14	0.11	0.09
%11-40 kapalı ormanlar	0.25	0.24	0.21	0.18	0.15	0.12
%41-70 kapalı ormanlar	0.31	0.29	0.25	0.22	0.18	0.15
%71 ve üstü kapalı ormanlar	0.38	0.35	0.31	0.27	0.23	0.18

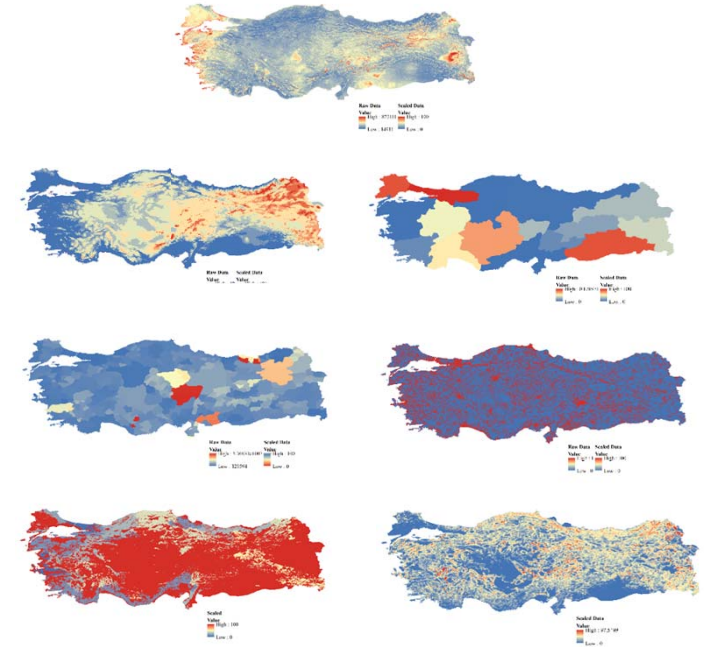
Scaled
Value
High : 100
Low : 0



Kriterlerin Değerlendirilmesi



	Enerji	Don Süreleri	Arazi Maliyetleri	Yollar	Ormanlık Alanlar	Şebeke Kapasitesi	Arazi Engebesi	Ağırlık Değeri
Enerji	1.00	1.31	2.17	1.31	0.88	1.85	4.00	0.21
Don Süreleri	0.76	1.00	1.94	1.48	0.87	1.68	0.50	0.14
Arazi Maliyetleri	0.46	0.52	1.00	0.91	0.37	1.25	0.25	0.08
Yollar	0.76	0.67	1.10	1.00	0.73	1.53	0.33	0.11
Ormanlık Alanlar	1.13	1.15	2.69	1.37	1.00	0.93	2.00	0.18
Şebeke Kapasitesi	0.54	0.60	0.80	0.65	1.08	1.00	0.50	0.10
Arazi Engebesi	0.30	2.00	4.00	3.00	0.50	2.00	1.00	0.2



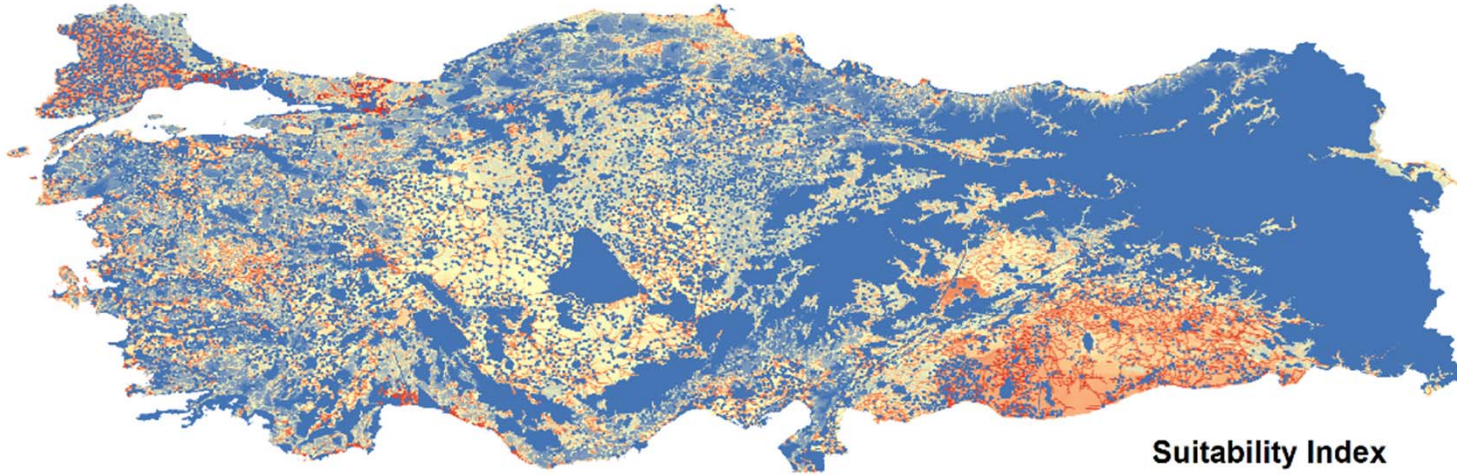
■ Genel Uygunluk İndeksi



Kriterlerin Değerlendirilmesi



Türkiye Genel Uygunluk İndeksleri Haritası

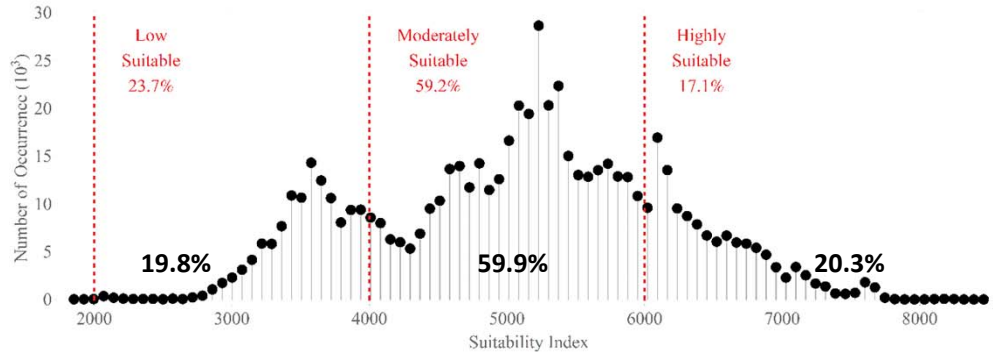


Suitability Index

Value



- İlman Rüzgar Enerjisi Potansiyeli
- Düz Araziler
- Kısa Don Süreleri
- Düşük Arazi maliyetleri



- Kırmızı-Mevcut rüzgar santrallerinin uygunluk indeksi değerlerinin dağılımı
- Siyah- yapılan uygunluk sınıflandırması değerlerinin dağılımı



Tartışma



- ✓ Kapsamlı Faktörlerin Derlenmesi
- ✓ $P = \frac{1}{2} * \rho * A * V^3 * Cp$
- ✓ Don Süresi
- ✓ Ormanlık Alanlara Yüksek Öncelik

- ✗ Dahil edilemeyen kriterler;
 - Askeri bölgeler ve radarları,
 - kuş göç yolları,
 - yarasa yaşam alanları,
 - muhafaza ormanları,
 - dünya miras alanları
 - ve sit alanları
- ✗ Rüzgar santralleri ile nehir / göl çevresinde bulunması gereken tampon bölge ile ilgili belirsizlik



Sonuç ve Öneriler



Bu çalışmanın daha ileri araştırma ve geliştirme için bir temel oluşturmaya yönelik ilk girişim olduğu düşünülmektedir.

Bu çalışmanın sonuçlarına dayanarak, birkaç öneride bulunmak mümkündür:

- Rüzgar santrallerini kurmak için kalan en uygun alanlar çoğunlukla yüksek rakımlı bölgelerdir. Yani, proje geliştiricileri çevresel etki konularından uzak durmak istiyorsa, önümüzdeki on yılda yüksek rakımlı bölgelerde rüzgar santralleri geliştirmeye devam edeceklerdir.
- Rüzgar enerjisi kapasitesini arttırmak ve çevre üzerindeki etkisini azaltmak için bir başka olasılık, halihazırda mevcut rüzgar çiftliklerini daha yüksek kapasiteli olarak yeniden inşa etmektir. Bu türbinlerin daha büyük olanlarla değiştirilmesi, çevre üzerindeki etkisini en aza indirgeyerek enerji üretimini önemli ölçüde artırabilir.



Referanslar



1. İKİİÇ C, Aydın H, Behçet R. The current status of wind energy in Turkey and in the world. Energy Policy. 2011;39(2):961-7.
2. TWEA TWEA. Turkish Wind Energy Statistics Report-January 2016. 2016.
3. Dursun B, Gokcol C. Impacts of the renewable energy law on the developments of wind energy in Turkey. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2014;40:318-25.
4. Brown BT, Escobar BA. Wind power: generating electricity and lawsuits. Energy LJ. 2007;28:489.
5. Malczewski J. Multiple Criteria Decision Analysis and Geographic Information Systems. In: Ehrgott M, Figueira RJ, Greco S, editors. Trends in Multiple Criteria Decision Analysis. Boston, MA: Springer US; 2010. p. 369-95.
6. Prelicence of Wind and Solar Power Legistration. Official Journal number: 29033: Turkish Republic; 2014.
7. Legislation for Construction Criteria Around the Airports. General Directorate of Civil Navigation: Turkish Republic; 2012.
8. Demirtaş R. Kentsel Planlamada Diri Faylar Etrafında Tampon Bölge Oluşturma Esasları2005.
9. Energy GDoR. Method for Determining Power Plants. 2009(Dated as 22/05/2009).
10. Saaty T. The Analytic Hierarchy Process, McGraw-Hill, New York, 1980.
11. Saaty TL. Decision making with the analytic hierarchy process. International journal of services sciences. 2008;1(1):83-98.
12. Hau E, Renouard H. Wind Turbines: Fundamentals, Technologies, Application, Economics: Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 2006. 2nd edition.; 2006.
13. Bingöl F. Computation of Air Density for Wind Energy Use. 2016.



Referanslar



14. Hughes G. The performance of wind farms in the United Kingdom and Denmark. Renewable Energy Foundation: London, UK. 2012.
15. Law on Utilization of Renewable Energy resources for the Purpose of Generating Energy Official Journal Number: 25819: Turkish Republic; 2005.
16. International B. Wind Farms and Birds: An Updated Analysis of The Effects of Wind Farms on Birds, and Best Practice Guidance on Integrated Planning and Impact Assessment. The Convention on the Conservation of European Wildlife and Natural Habitats (Bern Convention)2013.
17. Erickson WP, Johnson GD, David Jr P. A summary and comparison of bird mortality from anthropogenic causes with an emphasis on collisions. 2005.
18. Langston R, Pullan J. Wind farms and birds: an analysis of the effects of wind farms on birds, and guidance on environmental assessment criteria and site selection issues: Council of Europe; 2003.
19. Barrios L, Rodriguez A. Behavioural and environmental correlates of soaring-bird mortality at on-shore wind turbines. Journal of applied ecology. 2004;41(1):72-81.
20. Kuvlesky WP, Brennan LA, Morrison ML, Boydston KK, Ballard BM, Bryant FC. Wind energy development and wildlife conservation: challenges and opportunities. The Journal of Wildlife Management. 2007;71(8):2487-98.
21. Abromas J, Kamičaitytė-Virbašienė J. Identification of Visual Influence Zones of Wind Farms in Lithuania. Architecture & Urban Planning. 2014(9):43.
22. Regulation on Assessment and Management of Environmental Noise Official Journal number : 26809: Turkish Republic; 2008.
23. TWEA TWEA. Turkish Wind Energy Statistics Report-July 2015. 2015.
24. Baban SM, Parry T. Developing and applying a GIS-assisted approach to locating wind farms in the UK. Renewable energy. 2001;24(1):59-71.
25. Tammelin B, Seifert H. Large wind turbines go into cold climate regions. Power. 2001;20:30.
26. Zimmerling JR, Pomeroy AC, d'Entremont MV, Francis CM. Canadian Estimate of Bird Mortality Due to Collisions and Direct Habitat Loss Associated with Wind Turbine Developments Estimation de la mortalité aviaire canadienne attribuable aux collisions et aux pertes directes d'habitat associées à l'éolien. Avian Conservation and Ecology. 2013;8(2):10.



Dinlediğiniz için teşekkürler..



tmmob
elektrik mühendisleri odası
izmir şubesi



tmmob
makina mühendisleri odası
izmir şubesi



**4. İZMİR RÜZGÂR
SEMPOZYUMU ve SERGİSİ**

28-29-30 Eylül 2017

Kullanılamaz Alanlar Kanunlar

- **Radarlar**
- Rüzgar Ve Güneş Enerjisine Dayalı Önlisans Başvuruları İçin Yapılacak Rüzgar Ve Güneş Ölçümleri Uygulamalarına Dair Tebliğ, Resmi Gazete Sayı: : 29033. 2014
- **Havaalanları**
- Ulaştırma Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı, Havaalanları Çevresindeki Yapılaşma Kriterleri, 2012
- **Fay hatları**
- Demirtaş, R., Kentsel Planlamada Diri Faylar Etrafında Tampon Bölge Oluşturma Esasları. 2005.
- **Yerleşim yerleri**
- Rüzgar Kaynağına Dayalı Elektrik Üretimi Başvurularının Teknik Değerlendirmesi Hakkında Yönetmelik, Resmi Gazete Sayı: : 29508. 2015
- **Korunan Alanlar**
- Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu, Resmi Gazete Sayı: : 18113. 1983
- Milli Parklar Kanunu, Resmi Gazete Sayı: : 18132. 1983
- Yaban Hayatı Koruma ve Yaban Hayatı Geliştirme Sahaları ile İlgili Yönetmelik, Resmi Gazete Sayı: : 25637. 2004
- Orman Kanunu, Resmi Gazete Sayı: : 9402. 1956
- **1500 m'nin üzerinde yüksekliğe sahip alanlar**
- REPA, Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli Atlası. 2007, Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü