



A'dan Z'ye RÜZGAR SANTRALİ

ERMAN KAYA

ENERJİSA ÜRETİM

NORDEX

acciona
Windpower



Erciyes RES - N163/5.X

**Enerjisa Üretim Erciyes Rüzgar Enerji Santrali
açılışı anısına basılmıştır.**

21.10.2022

Üretiyoruz.
ENERJISA ÜRETİM

ÖNSÖZ

Günümüzde küresel iklim değişikliği beraberinde dünyada olumsuz sonuçlara yol açmıştır. Bu olumsuz sonuçlar, temiz ve sürdürülebilir enerji kaynaklarına yönelimi artırmıştır. Bu kitap, gitgide önem arz eden yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgâr enerji sektörüne katkıda bulunmak amacıyla hazırlanmıştır.

Böylelikle değerli okurlarımız, rüzgâr enerji sektörünü ve “**A’dan Z’ye Rüzgâr Santrallerini**” tanıma fırsatı bulabileceklerdir. Bu kitap, rüzgâr enerji sektörüne yönelmek isteyip, bilgi sahibi olmak isteyen ve bu yola gönül vermiş arkadaşlarımıza bir nebze de olsa yol göstermek amacıyla derlenmiş kaynak bir kitaptır. Kitabımızın olabildiğince sade ve anlaşılabilir olmasına özen gösterilmiştir.

Bu kitabın derlenmesi ve yazımı sırasında beni yalnız bırakmayan sevgili eşime, aileme, Sayın Murat Durak’a, stajyer arkadaşlarıma ve bu kitapta emeği geçen;

Sayın,

Ahmet Paksoy,
Ali Asaf Oğuz,
Burak Yılmaz,
Cansu Saygı,
Ebru Arıcı,
Efru Yağmur Çavdar,
Ege Adıgüzel,
Gökçe Uslu,
Habib Babacan,
Hakan Şahin,
İsmail Berkay Sağlam,
Melike Sezginer,
Murat Hazer Uygunol,
Mustafa Kavalcı,
Nur Yılmaz,
Nursu Aslan,
Olgar Arslan,
Ufuk Yaman,
Uğur Kılıç,
Vega Enerji,
Zafer Avcı,
Zeynep Ayşe Mergen Özer,

ve diğer tüm arkadaşlarıma, aynı zamanda bu kitabın basımı konusunda bizlere destek olan Nordex Enerji A.Ş.’ye de değerli katkılarından dolayı çok teşekkür ederim.

Erman Kaya

Nisan 2021

Bu kitabın amacı, rüzgar enerji sektörünü ve rüzgar türbinlerini tanıtmak, ve rüzgar enerji sektörüne yönelmek isteyen, sektör hakkında bilgi sahibi olmak isteyen kişilere eğitim amaçlı kaynak sağlamak olup, kitap ücretsiz olarak dağıtılacaktır.

Bu kitapta yer alan tüm bilgi, içerik, şekil, görsel, analiz ve değerlendirmeler Yazar'ın sorumluluğundadır. Kitabın tüm hakları saklıdır ve Yazar'a aittir.

Nordex Enerji A.Ş., Rüzgar Enerjisi Sektörü'nün Türkiye'deki gelişimine katkı sağlamak amacıyla, ücretsiz olarak dağıtılacak bu kitaba basım ve dağıtım desteği sağlamıştır.

İÇİNDEKİLER

BÖLÜM-1	1
RÜZGÂR ENERJİSİ	1
1.1 Rüzgâr Nedir ve Rüzgâr Enerjisi Nasıl Oluşur?	1
1.2 Rüzgâr Çeşitleri.....	2
1.2.1 Sürekli Rüzgârlar.....	2
1.2.2 Mevsimlik Rüzgârlar (Musonlar).....	3
1.2.3 Yerel Rüzgârlar	4
1.2.3.1 Meltem Rüzgârları.....	4
1.2.3.2 Fön Rüzgârları.....	6
1.2.3.2.1 Fön Rüzgârının Oluşumu	7
1.2.3.3 Akdeniz Çevresinde Etkili Olan Yerel Rüzgârlar	7
1.2.3.4 Tropikal Rüzgârlar	7
1.3 Rüzgâr Değişimleri	10
1.3.1 Atmosferik Kararlılığın Rüzgâr Profiline Etkisi	10
1.3.2 Düşeyde Rüzgâr Profiline Değişimi	11
1.3.3 Engele Çarptıktan Sonra Profilin Değişimi.....	12
1.3.4 Düz Bir Arazi Üzerinde Akış	13
1.3.5 Düz Olmayan Bir Arazi Üzerinde Akış	15
1.3.6 Bazı Engellerdeki Rüzgâr Profillerinin Değişimleri	15
1.3.7 Pürüzlülük (Roughness)	17
1.3.8 Türbülans.....	19
1.3.8.1 Türbülans Yoğunluğu.....	20
BÖLÜM-2	23
RÜZGÂR ÖLÇÜMÜ VE METOTLARI.....	23
2.1 Rüzgâr Ölçüm İstasyonunda Bulunan Aletler.....	24
2.1.1 Rüzgâr Hız Sensörü (Anemometre)	24
2.1.2 Rüzgâr Yön Sensörü (Windvane)	26
2.1.3 Sıcaklık ve Nem Sensörü	27
2.1.4 Veri Toplayıcı (Data Logger).....	27
2.1.5 Basınç Sensörü (Barometre).....	28
2.1.6 İkaz Lambası	28
2.1.7 Paratoner	29
2.1.8 Güneş Paneli ve Şarj Cihazı	30
2.1.9 GSM Modem.....	30
2.2 Sensörlerin Kalibrasyonları.....	31
2.2.1 Anemometre Kalibrasyonu İçin Gerekli Şartlar.....	32
2.3 Rüzgâr Ölçüm İstasyonu Seçimi	33
2.3.1 Rüzgâr Ölçüm Sistemleri	33

2.3.1.1 Boru Tip Direkler	33
2.3.1.2 Kafes Tip Direkler.....	34
2.3.2 Rüzgâr Ölçüm Direği Kurulumunda Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar	34
2.3.3 Rüzgâr Ölçüm Direği Kurulumunda Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar	35
(MGM Standartlarında).....	35
2.4 İstasyon Yeri ve Ölçüm Yüksekliğinin Seçilmesi.....	39
2.5 Rüzgâr Hız ve Yön Ölçerler:.....	40
2.6 Topraklama ve Yıldırımdan Koruma:	41
2.7 Veri Kayıplarının Sebepleri :	42
2.7.1 Veri Kayıplarının Giderilmesi	42
2.8 Ülkemizde Rüzgâr Ölçüm İstasyonu Kurulumu İçin Yapılması Gereken Hususlar	42
BÖLÜM-3	46
PROJE GELİŞTİRME SÜRECİ VE RÜZGÂR ENERJİ	46
SAHASI BELİRLEME	46
3.1 Yer Seçimi Yapılan ve Ölçüm Periyodu Tamamlanan Verilerin Değerlendirilmesi	46
3.1.1 Veri Analizi.....	46
3.2 Rüzgâr Enerji Santrali Üretim Hesaplaması, Belirsizlik Kaynakları ve Güven Sınırları.....	47
3.2.2 İz Etkisi	49
3.2.3 Tünel Etkisi	50
3.2.4 Tepe Etkisi	50
3.3 Saha Seçimi	51
3.3.1 Saha Araştırmaları.....	52
3.3.2 Saha Gezileri	52
3.3.3 Dikkat Edilmesi Gereken Noktalar	54
3.4 Rüzgâr Türbini Yer Seçim Esasları Mikrokonuşlandırma (MICROSITING)	55
3.4.1 Micrositing için hangi verilere ihtiyaç vardır?	57
3.4.2 Genel Micrositing Aşamaları	58
3.4.3 Kapasite Faktörü	58
3.4.4 Rüzgâr Güç Formülasyonu.....	58
3.4.4.1 Hava Yoğunluğu	59
3.4.5 Weibull Dağılımı.....	59
3.4.6 Rayleigh Dağılımı	61
3.5 Sahaya Uygun Rüzgâr Türbini Seçimi ve Güç Formülasyonu	62
3.5.1 Rüzgâr Türbinlerinin Sınıflandırılması	62
3.5.2 IEC Standartlarında Seçilen Türbinlere Örnek Teknik Özellikler	63
3.6 İşletmeye Geçmiş Örnek Saha İncelemesi	65
3.6.1 Sahanın Tanıtımı	65
3.6.1.1 Önerilen Türbin Konfigürasyonları.....	67

3.6.1.2 Önerilen Türbin Yerleşim Planı	68
3.6.2 Sahada Yapılan Ölçümler	69
3.6.2.1 Ölçüm Direği.....	69
3.6.2.2 Çeşme Direği Sensör Konfigürasyonu	69
3.6.2.3 Çeşme Direği Kalibrasyonları.....	69
3.6.3 Uzun Dönem Veri	71
3.6.3.1 Uzun Dönem Veri Seçimi	71
3.6.4 Analiz Sonuçları.....	72
3.6.4.1 Direk Noktasında Uzun Dönem Rüzgâr Rejimi:	72
3.6.4.2 Sahadaki Uzun Dönem Rüzgâr Rejimi	72
3.6.4.3 Rüzgâr Hızının Dikey Ekstrapolasyonu	73
3.6.4.4 Rüzgâr Modellemesi	73
3.6.4.5 Türbin Yerleşim Planı Optimizasyonu	74
3.6.4.6 Uzun Dönem Enerji Üretimi Tahminleri.....	74
3.6.5 Sonuçlar ve Öneriler.....	76
BÖLÜM-4.....	80
RÜZGÂR ENERJİSİ TARİHÇESİ VE TÜRKİYEDEKİ GELİŞİMİ.....	80
4.1 Türkiye’de Rüzgâr Enerjisi	81
4.2 Türkiye’nin Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli.....	81
4.2.1 Türkiye’de Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli Atlası (REPA) Nedir?	82
4.2.1.1 REPA’da Kullanılan Tematik Haritalar	84
4.3 Türkiye’de Rüzgârdan Elektrik Üretiminin Gelişimi.....	84
4.4 Türkiye’de Rüzgâr Enerjisinden Elektrik Üretimi	84
BÖLÜM-5	91
RÜZGÂR TÜRBİNLERİ VE BİLEŞENLERİ	91
5.1 Rüzgâr Türbinlerinin Sınıflandırılması	91
5.1.1 Eksen Farkına Göre Rüzgâr Türbinlerinin Sınıflandırılması	92
5.1.1.1 Dikey Eksenli Rüzgâr Türbinleri	92
5.1.1.1.1 Savonius Rüzgâr Türbinleri:	92
5.1.1.1.2 Darrieus Rüzgâr Türbinleri:	93
5.1.1.1.3 H-Darrieus Rüzgâr Türbinleri:	94
5.1.1.2 Yatay Eksenli Rüzgâr Türbinleri.....	94
5.1.2 Rüzgârı Alış Yönlerine Göre Rüzgâr Türbinlerinin Sınıflandırılması	95
5.1.2.1 Rüzgârı Arkadan Alan Makineler	95
5.1.2.2 Rüzgârı Önden Alan Makineler	95
5.1.3 Tek Kanatlı Rüzgâr Türbinleri:	95
5.1.4 Çift Kanatlı Rüzgâr Türbinleri:	95
5.1.5 Üç Kanatlı Rüzgâr Türbinleri:.....	96
5.1.6 Rüzgâr Hızına Göre Rüzgâr Türbinleri.....	96

5.1.6.1 Düşük Hızlarda Çalışan Rüzgâr Türbinleri:	96
5.1.6.2 Yüksek Hızlarda Çalışan Rüzgâr Türbinleri:	96
5.2 Rüzgâr Türbini Bileşenleri	97
5.2.1 Kule (Tower)	97
5.2.2 Nasel (Nacelle)	98
5.2.2.1 Yaw Mekanizması (Yaw Drive)	99
5.2.2.2 Yaw Motorları	99
5.2.2.3 Dişli Kutusu (Gear Box)	100
5.2.2.4 Jeneratör (Generator)	100
5.2.2.4.1 Senkron Jeneratörler (Alternatörler)	101
5.2.2.4.2 Asenkron (İndüksiyon) Jeneratörler	101
5.2.2.5 Jeneratör Soğutma (Generator Cooling)	101
5.2.2.6 Konvertör (Converter)	102
5.2.2.7 Rotor Şaftı (Rotor Shaft)	102
5.2.2.8 Rotor Rulmanları	103
5.2.2.9 Coupling	103
5.2.2.10 Fren Sistemi	103
5.2.3 Hub	104
5.2.3.1 Rotorlock	105
5.2.4 Kanatlar (Blades)	105
5.2.5 Kanat Yönlendirme (Pitch Control)	107
5.2.6 Kanatların Açılarının Ayarlanması ve Kontrolü	107
5.2.7 Pitch Motorları	108
5.2.8 Yıldırım Koruması – Rotor Kanadı (Lightning protection - rotor blade)	108
5.2.9 Haberleşme	110
5.2.10 Rüzgâr Türbini Elektronik Kontrol Sistemi (SCADA)	110
5.2.10.1 SCADA Sisteminin İşlevleri	110
5.3 NORDEX Türbinlerinde Kullanılan Opsiyonel Ekipmanlar	113
5.3.1 Buz Uyarı Sistemi (Ice Warning System)	113
5.3.2 Rotor Kanadı Buzlanmayı Önleme Sistemi (Rotor Blade Anti Icing System)	113
5.3.3 Durum İzleme Sistemi (Condition Monitoring System)	114
5.3.4 Yangın Alarmı ve Yangın Söndürme Sistemleri (Fire Alarm and Fire Extinguishing Systems)	114
5.3.5 Tehlike veya Engel Işığı (Hazard or Obstacle Light)	116
5.4 Rüzgâr Türbini Aerodinamiği	116
5.4.1 Sürüklenme Kuvveti (Drag Force) ve Kaldırma Kuvveti (Lift Force)	116
5.4.2 İdeal Disk Teorisi ve Betz Limiti	117
5.5 Rüzgâr Türbini Güç Üretimi	118
5.5.1 Güç Eğrisi (Power Curve)	118
5.6 Rüzgâr Türbinlerinin Kurulum ve Bakım Süreçlerindeki Risklerin Tespiti	119

5.6.1 Rüzgâr Türbinlerinin Kurulum ve Bakım Süreçlerinde İş Kazası ve Meslek Hastalığına Neden Olan Risk Etmenleri	121
5.6.1.1 Türbin Parçalarının İnşaat Sahasına Ulaştırılmasıyla İlgili İSG Riskleri	121
5.6.1.2 Rüzgâr Türbini Parçalarının İnşaat Sahasına Ulaştırılması Sırasında Oluşabilecek Riskler ve Olası Sebepleri	121
5.6.1.3 Rüzgâr Türbinlerinin Kurulumu ile İlgili İSG Riskleri	122
5.6.1.4 Rüzgâr Türbinlerinin Bakım Faaliyetleri ile İlgili İSG Riskleri	123
BÖLÜM-6	126
RÜZGÂR ENERJİ SANTRALİ PROJE İMALAT AŞAMALARI	126
6.1 Alt Yüklenici Seçimi	126
6.2 Rüzgâr Elektrik Santrallerinde İnşaat	126
6.2.1 Saha Mobilizasyonu	126
6.2.2 Yol Çalışmaları	127
6.2.2.1 Rüzgâr Türbinleri Arasındaki Servis Yolları:	127
6.2.2.2 Ulaşım Yolları	128
6.2.3 Türbin Temelleri	128
6.2.4 Trafo Temelleri	132
6.2.5 Şalt Sahası	133
6.2.5.1 Kontrol Binası (Şalt Binası)	133
6.2.6 Kablo Kanalı Kazısı	134
6.2.7 Vinç Çalışma Sahasının Yapılması	136
6.3 Rüzgâr Elektrik Santrallerinde Nakliye ve Türbin Montajı	137
6.3.1 Dummy Test – Nakliye (Türbinlerin Sahaya Ulaşımı)	137
6.3.2 Türbin Montajı	147
6.3.2.1 Kule Montajı	147
6.3.2.2 Nasel Montajı	148
6.3.2.3 Hub ve Yıldız Montajı	148
6.3.2.4 Step-Up Trafoların Montajı	149
6.4 Enerji Nakil Hattı (ENH)	150
6.4.1 Enerji Nakil Hatları Etüt Çalışması	150
6.4.2 Enerji Nakil Hattı Kabulü	152
6.4.2.1 Kabul Kurulunun Oluşturulması ve Kabul İşlemleri	152
6.5 Rüzgâr Enerji Santrali Geçici Kabulü	152
6.5.1 Tesisin Ticari İşletmeye Açılması	156
6.5.2 Kesin Kabul Tutanaklarının Düzenlenmesi	156
BÖLÜM-7	158
TÜRBİN BAKIMI	158
7.1 Türbin Bakımı	158
7.2 Periyodik Bakım Tipleri	159
7.3 Bakım Çalışmalarına Hazırlık	160

7.4 Temizlik	161
7.5 ENH Bakımı.....	161
7.6 Transformatörler	161
7.7 Yollar.....	161
7.8 Aydınlatma	161
7.9 Drenaj Kanalları	161
7.10 Dışlı Kutusu Borescope İncelemeleri.....	162
BÖLÜM-8	165
RÜZGÂR ENERJİ SANTRALİ İZİN SÜREÇLERİ VE LİSANSLAMA.....	165
8.1 Proje Kararının Verilmesi	165
8.2 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Dayalı Üretim Tesisleri İçin Lisans Alma Süreçleri	167
8.3 Santral Kurmak İçin Ön Lisans Alma Süreçleri.....	167
8.3.1 Önlisans Başvurusunda Sunulması Gereken Bilgi ve Belgeler.....	168
8.3.1.1 Önlisans Başvuru Dilekçesi (Ek-3.1)	168
8.3.1.2 Yetki Belgesi.....	168
8.3.1.3 Esas Sözleşme	168
8.3.1.4 Üretim Tesisine İlişkin	169
8.3.1.5 Kaynak Belgesi/Beyanı	171
8.3.1.6 Ölçüm Belgesi (Ek-3.6).....	172
8.3.1.7 Yasaklı Olmama Beyanı (A.Ş. için Ek-3.7.a, LTD. için Ek-3.7.b).....	172
8.3.1.8 Ortaklık Yapısı Belgeleri	172
8.3.1.9 Kontrol Beyanı Belgeleri (Ek-3.8)	173
8.3.1.10 Tüzel Kişinin Güncel Sermaye Tutarını Gösteren Belgeler.....	173
8.3.1.11 Teminat Belgesi (Ek-3.9)	173
8.3.1.12 Önlisans Alma Bedeli.....	174
8.3.1.13 Organize Sanayi Bölgeleri	174
8.3.1.14 Önlisans Başvurusuna Konu Üretim Tesisine İlişkin Kml veya Kmz Uzantılı Dosya	174
8.3.1.15 Nükleer Enerjiye Dayalı Önlisans Başvuruları İçin İlgili Kurumdan Alınacak Yer Lisansı	174
8.3.1.16 Saha Mülkiyetine İlişkin Belge	174
8.3.2 Santral Sahası Belirleme Yöntemi	175
8.3.2.1 Rüzgâr Enerjisine Dayalı Üretim Tesisine İlişkin Bilgi Formu	179
8.3.3 Önlisans Başvurularının Alınması ve İncelenmesi	181
8.3.4 Önlisans Başvurularının Değerlendirilmesi	182
8.3.5 Rüzgâr Enerjisine Dayalı Üretim Tesisi Kurmak Üzere Yapılan Önlisans Başvurularına İlişkin Yarışmalar	183
8.3.5.1 Yarışma ve Kapasite Tahsisi Esasları	183
8.3.5.2 Yarışmaya Katılım Hakkı.....	184
8.3.5.3 Yarışmaya Başvuru	185
8.3.5.4 Yarışma	185

8.3.6 Önlisans Başvurularının Sonuçlandırılması	187
8.4 Rüzgâr Enerji Santrallerinde Önlisans İzin Süreçleri.....	188
8.4.1 Rüzgâr Enerji Santralinde Çevresel Etki Değerlendirmesi	188
8.4.1.1 Türkiye’deki ÇED Prosedürü Aşamaları	190
8.4.2 Teknik Etkileşim Analizi (TEA)	190
8.4.3 İmar Planı (3194 sayılı Kanun)	191
8.4.4 Mülkiyet Edinimi İşlemleri	193
8.5 Santral Kabul Öncesi Hazırlanan İnşaat-Elektrik-Makina Dosyalarının Hazırlanma Süreçleri	194
8.6 Projelerin Hazırlanması, Sunulması ve Onayı	195
8.6.1 Projelerin Hazırlanması.....	195
8.6.2 Projelerin Sunulması	199
8.6.3 Projelerin Onayı	199
BÖLÜM-9	208
ENERJİ PİYASASI VE SATIŞ	208
9.1 Rüzgâr Enerjisi Santrallerinde Satış.....	208
9.1.1 Gün Öncesi Piyasa (GÖP).....	209
9.1.2 Dengeleme Güç Piyasası (DGP)	209
9.1.3 Gün İçi Piyasa (GİP)	209
9.2 Elektrik Piyasası’nda Yer Alan Terimler Nelerdir?	210
BÖLÜM-10	213
RÜZGÂR ENERJİ SANTRALLERİNİN ÇEVRESEL ETKİLERİ.....	213
10.1 Elektromanyetik Alan Ölçümleri	213
10.1.1 Res’lerde Elektro Manyetik Etki.....	215
10.2 Rüzgâr Enerji Santrallerinin Bal Arısı ve Arıcılık Üzerine Olası Etkileri	217
10.3 Rüzgâr Enerji Santrallerinde Ses (Gürültü).....	219
10.3.1 Rüzgâr Türbini Gürültüsünün Oluşumu:.....	219
10.3.2 Rüzgâr Elektrik Santrallerinde Gürültü Ölçümleri	221
10.4 Rüzgâr Enerji Santrallerinde Yaban Hayatı ve Ornitoloji Kuş Etkileşimi.....	224
10.4.1 Rüzgâr Enerji Santralinde Karkas Arama ve Habitat Kontrolü Çalışmaları	226
10.4.1.1 Çalışma Yöntemi.....	226
10.4.1.2 Çalışmaların Sonuçları	227
10.5 Rüzgâr Enerji Santralinde Peyzaj.....	229
10.5.1 Peyzaj Onarımı	229
10.5.2 Peyzaj Analizi	229
10.5.3 Biyolojik ve Teknik Onarım	229
10.5.4 İnşaat Aşaması	230
10.5.4.1 Uygulama	230
10.5.4.1.1 Toprak Sıyırma ve Depolama.....	230
10.5.4.1.2 Geçici ve Kalıcı Erozyon Önlemlerinin Alınması.....	231

10.5.5 İnşaat Sonrası	232
10.5.5.1 Yönetim, Kontrol ve İzleme.....	232
10.5.5.2 Bitkilendirme Süreci	233
10.6 Rüzgâr Enerji Santrallerinde Karbon Piyasası ve İklim Değişikliğine Etkisi	235
10.6.1 İklim Değişikliği Bir Çevre Sorunu Mudur?.....	236
10.6.2 Emisyon (Salım) ve Emisyon Azaltımı Ne Demektir?	237
10.6.3 Karbon Piyasası ve Gönüllü Karbon Piyasası Nedir?	237
10.6.3.1 Karbon Finansmanı Nedir?	237
10.6.3.2 Karbon Ticareti (Emisyon Ticareti) Sistemi Nedir?	237
BÖLÜM-11	239
YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI DESTEKLEME.....	239
MEKANİZMASI (YEKDEM).....	239
11.1 YEKDEM Nedir?.....	239
11.1.1 YEKDEM'in Kuruluş Tarihi ve Faaliyet Kapsamı	239
11.1.2 YEKDEM'den Kimler Yararlanabilir?	239
11.2 YEKDEM'de Yer Alan YEK Belgesi'ni Alabilmek İçin Koşullar.....	239
11.3 YEKDEM Açısından Önemli Tarihler.....	240
11.4 YEKDEM'de Yer Alan Tesisler İçin Uygulanacak Fiyatlar.....	240
BÖLÜM 12	245
YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAK ALANLARI.....	245
12.1 YEKA (YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAK ALANLARI) NEDİR?	245
12.2 YEKA Yarışması	245
12.3 YEKA Uygulama Esasları	245
12.4 2020 Mini YEKA İhalesi (Ertelenen)	246
BÖLÜM 13	248
DENİZÜSTÜ (OFFSHORE) RES	248
13.1 DRES'lerin Kurulum Aşamaları	248
13.2 MICROSITING.....	249
13.3 Deniz Üstü Rüzgâr Hızı Ölçümü Ve Rüzgâr Potansiyeli.....	249
13.3.1 Klasik Ölçüm Direği	250
13.3.2 Platform Üstü LİDAR/SODAR Ölçümleri	250
13.3.3 Yüzen LİDAR	251
13.3.4 Uydudan Rüzgâr Ölçümü.....	251
13.4 Denizüstü Rüzgâr Özellikleri	251
13.5 Denizüstü Rüzgâr Enerji Santralleri.....	251
13.5.1 Denizüstü Rüzgâr Türbini Özellikleri	252
13.5.2 Kule ve Temel.....	253
13.5.2.1 Monopil Temel.....	253
13.5.2.2 Yerçekimi Merkezli Temel	254

13.5.2.3 Jacket Tipi Temel.....	255
13.5.2.4 Tripod Temel.....	255
13.5.3 Elektrik Sistemi ve Donatım	256
13.5.4 Hücreler ve Transformatörler.....	256
13.5.5 Toplama Sistemi.....	256
13.5.6 Deniz Üstü Trafo Merkezi.....	256
13.5.7 Karaya İletim.....	257
13.5.8 Açık Deniz Rüzgâr Santrali Kablolamaları.....	258
13.6 Montaj, Servis, Bakım.....	259
BÖLÜM 14	261
HİBRİT ELEKTRİK ÜRETİMİ	261
14.1 Hibrit Sistemler Nelerdir?	261
14.1.1 Hibrit sistemler sayesinde ne gibi faydalar sağlanacak?	261
14.2 Türkiye’de Hibrit Yönetmeliği.....	261
BÖLÜM 15	265
RÜZGÂR ENERJİ SANTRALİ HUKUKSAL SÜREÇLER	265
15.1 Kamulaştırma İşlemleri ve Kamulaştırma Davası.....	265
15.2 Kamulaştırma İşleminin İptali Davası.....	267
15.3 Acele Kamulaştırma Kararı.....	267
15.4 Acele Kamulaştırma İşleminin İptali Davası	268
15.5 Çevresel Etki Değerlendirmesi Kararının İptali Davası	268
15.6 İmar Planı İptal Davaları	269
15.7 Üretim Lisansı İptal Davaları.....	269
KAYNAKÇA	271
KISALTMALAR:	274



Nordex Türkiye İzmir Servis Merkezi
Nordex Academy Turkey
Çiğli, İzmir

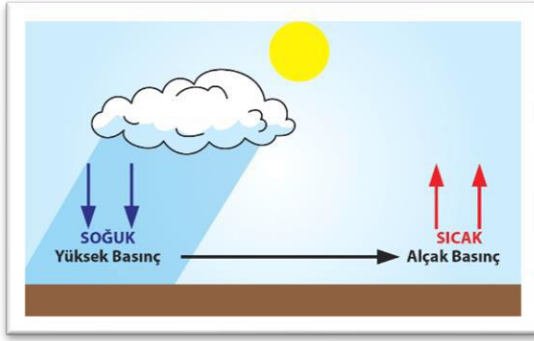
BÖLÜM-1
RÜZGÂR ENERJİSİ

BÖLÜM-1

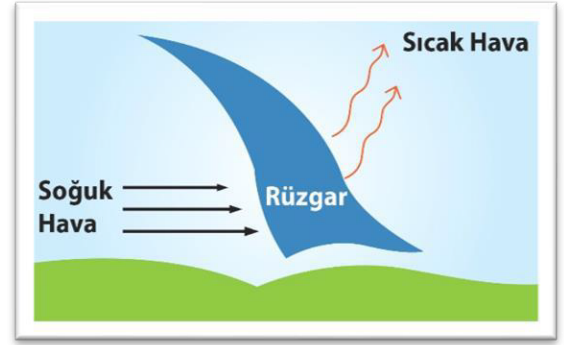
RÜZGÂR ENERJİSİ

1.1 Rüzgâr Nedir ve Rüzgâr Enerjisi Nasıl Oluşur?

Bilindiği gibi, rüzgârın temel kaynağı güneştir. Güneşin, yer yüzeyini ve atmosferi homojen ısıtmamasının bir sonucu olarak ortaya çıkan sıcaklık ve basınç farkından dolayı hava akımı oluşur. Bir hava kütlesi mevcut durumundan daha fazla ısınırsa yukarı doğru yükselir ve bu hava kütlelerinin yükselmesiyle yerine aynı hacimdeki soğuk hava kütlesi yerleşir. Bu hava kütlelerinin yer değiştirmelerine **rüzgâr** adı verilmektedir. Diğer bir ifadeyle rüzgâr; birbirine komşu bulunan iki basınç bölgesi arasındaki basınç farklarından dolayı meydana gelen ve yüksek basınç merkezinden alçak basınç merkezine doğru hareket eden hava akımıdır.

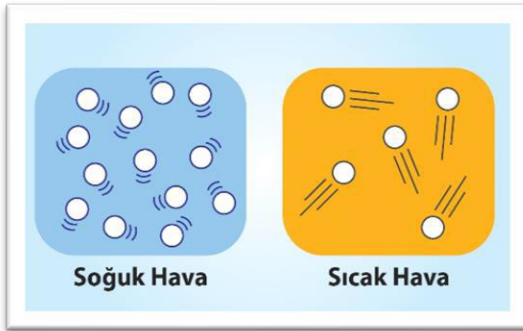


Şekil 1.1 Rüzgâr Oluşumu



Şekil 1.2 Rüzgâr Oluşumu

Rüzgârlar, yüksek basınç alanlarından alçak basınç alanlarına akarken; dünyanın kendi eksenini etrafında dönmesi, yüzey sürtünmeleri, yerel ısı yayılımı, rüzgâr önündeki farklı atmosferik olaylar ve arazinin topografik yapısı gibi nedenlerden dolayı şekillenir. Rüzgârın özellikleri, yerel coğrafi farklılıklar ve yeryüzünün homojen olmayan ısınmasına bağlı olarak, zaman-sal ve yöresel değişiklik gösterir. Rüzgâr hız ve yön olmak üzere iki parametre ile ifade edilir. Rüzgâr hızı yükseklikle artar ve teorik gücü de hızının küpü ile orantılı olarak değişir.



Şekil 1.3 Soğuk ve Sıcak Hava Hareketleri



Şekil 1.4 Rüzgârın Doğal Çevreye Etkisi

Farklı sıcaklık dağılımları ise enlem, kara-deniz, yükseklik ve mevsimleri etkilemektedir.

Meteorolojik açıdan rüzgâr oluşumu aşağıdaki sebeplerden oluşabilir:

- Basınç gradyanının yüksek olduğu yerler.
- Yağışların sürekli esen rüzgâra paralel olduğu vadiler.
- Yüksek, engebesiz tepe ve platolar.
- Yüksek basınç gradyanlı düzlükler ve sürekli rüzgâr alan az eğimli vadiler.
- Güçlü jeostrofik rüzgâr alanlarının etkisinde kalan tepe ve zirveler.
- Jeostrofik rüzgâr ve termal gradyan alanına sahip kıyı şeritleri.
- Kanal etkilerinin meydana geldiği dağ silsileleri, vadiler ve tepeler.

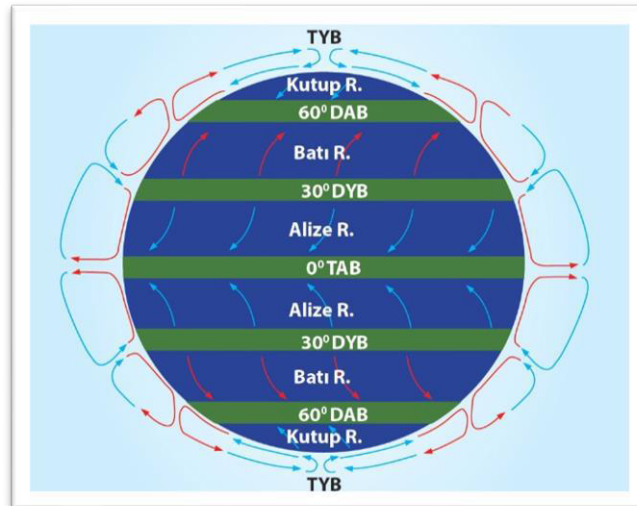
Hareket halinde olan havanın kinetik enerjisine **Rüzgâr Enerjisi** denir. Bir rüzgâr enerjisinin miktarı birtakım veriler göz önüne alınarak belirli formüllerle bulunabilmektedir. Rüzgâr enerjisinin miktarı hiç şüphesiz rüzgârın gücüne ve rüzgârın hızına da bağlıdır.

1.2 Rüzgâr Çeşitleri

Yeryüzünde değişen sıcaklık koşullarına bağlı olarak basınç merkezleri ve bu basınç merkezleri arasında etkili olan rüzgâr sistemleri de değişir. Rüzgârlar oluşumlarına göre sürekli, mevsimlik ve yerel rüzgârlar olarak sınıflandırılır.

1.2.1 Sürekli Rüzgârlar

Yeryüzünde sürekli basınç merkezleri arasında oluşan hava hareketlerine bağlı olarak yıl boyunca sürekli esen rüzgârlar meydana gelir. (**Şekil 1.5**) Bu rüzgârların etkili oldukları alanlar oldukça geniştir. Sürekli rüzgârlar; alize, batı ve kutup rüzgârları olarak üçe ayrılır.



Şekil 1.5 Sürekli Rüzgârların Yönü

➤ *Alize Rüzgârları:*

30° enlemleri çevresindeki dinamik yüksek basınç alanlarından ekvator çevresindeki termik alçak basınç alanlarına doğru esen rüzgârlardır. Sıcak kuşak karalarının doğu kıyılarına bol yağış bırakırlar. Bu rüzgârlara ticaret rüzgârları da denir.

➤ *Batı Rüzgârları:*

30° enlemlerindeki dinamik yüksek basınç kuşaklarından 60° enlemlerindeki dinamik alçak basınç alanlarına doğru esen rüzgârlardır. Okyanus üzerinden geçerek orta kuşak karalarının batı kıyılarına bol yağış bırakırlar. Batı rüzgârları Türkiye üzerinde de etkilidir.

➤ *Kutup Rüzgârları:*

Kutuplardaki termik yüksek basınç alanlarından 60° enlemlerindeki dinamik alçak basınç alanlarına doğru esen rüzgârlardır. Soğuk ve kuru estiklerinden dolayı genellikle yağış getirmezler.

1.2.2 Mevsimlik Rüzgârlar (Musonlar)

Yaz ve kış mevsimleri arasında oluşan sıcaklık ve basınç farklarına bağlı olarak mevsimlik rüzgârlar oluşur. Bu rüzgârlar kışın karalardan denizlere soğuk ve kuru; yazın ise denizlerden karalara doğru nemli ve sıcak olarak eserler. Bu rüzgârlara genel olarak muson rüzgârları adı verilir. Muson rüzgârlarının doğmasında Dünya'nın yıllık hareketi ile kara ve denizlerin farklı ısınma özelliklerine sahip olması etkilidir. Muson rüzgârları yıl içerisinde biri yağışlı, diğeri yağışsız veya az yağışlı iki mevsim oluşmasına neden olurlar. Muson rüzgârları en belirgin olarak Hindistan yarımadası ve Güneydoğu Asya'da görülür.

➤ *Yaz Musonları*

Yaz aylarında çevresindeki okyanuslardan daha çok ve çabuk ısınan Asya kıtası üzerinde termik alçak basınç alanı oluşur. Okyanuslar üzerinde oluşan yüksek basınç alanından karaya doğru nemli yaz musonları eser. Yaz musonları Güneydoğu Asya kıyılarına bol yağış bırakır.



Şekil 1.6 Yaz Musonları Yönü

➤ *Kış Musonları*

Kış aylarında Asya kıtası üzerinde termik yüksek basınç alanı oluşur. Bu nedenle karadan okyanuslara doğru kuru olan kış musonları eser. Karasallığın etkisiyle hızlı şekilde soğuyan Asya kıtası üzerinde termik yüksek basınç alanı oluşur. Bu nedenle karadan okyanuslara doğru kuru olan kış musonları eser. Bu rüzgârlar karadan estiği için nem getirmez ve yağış bırakmaz.



Şekil 1.7 Kış Musonları Yönü

1.2.3 Yerel Rüzgârlar

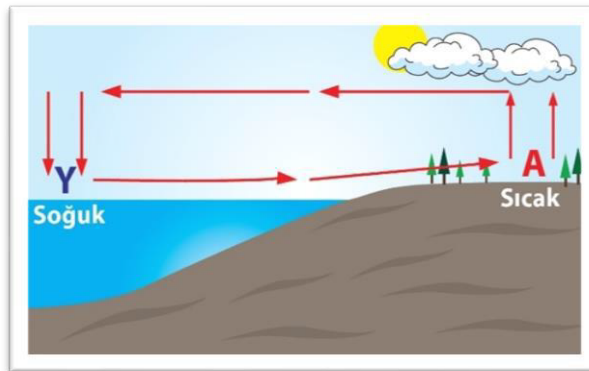
Etki alanları dar, esme süreleri kısa olan çeşitli yerel rüzgâr türleri bulunmaktadır.

1.2.3.1 Meltem Rüzgârları

Isınma özellikleri farklı olan yüzeyler arasındaki günlük sıcaklık ve basınç farklarına bağlı olarak ortaya çıkan günlük devirli yerel rüzgârlardır.

➤ *Deniz Meltemi*

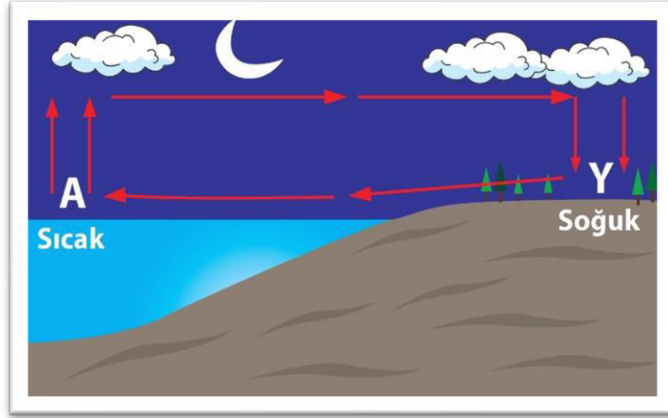
Gündüz karalar denizlere göre daha çabuk ve daha fazla ısınarak termik alçak basınç alanlarına dönüşürken serin denizler termik yüksek basınç alanları durumundadır. Bu nedenle denizden karaya doğru esen deniz meltemleri ortaya çıkar.



Şekil 1.8 Deniz Meltemi

➤ *Kara Meltemi*

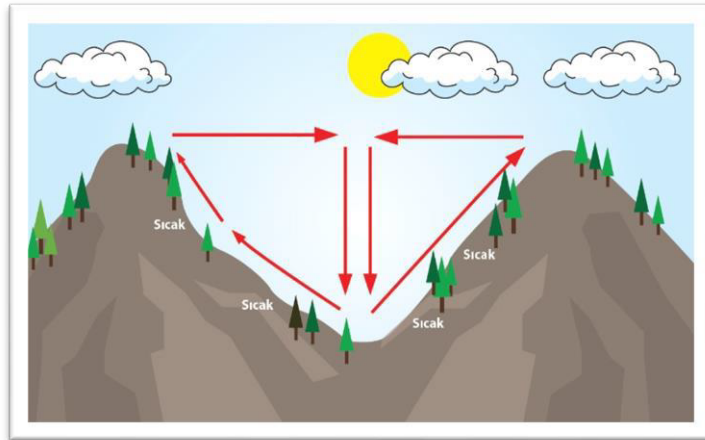
Gece karalar denizlere göre daha fazla soğuyarak termik yüksek basınç alanlarına dönüşür. Denizler ise ılık kaldığı için termik alçak basınç alanı durumundadır. Bu nedenle karadan denize doğru esen kara meltemleri ortaya çıkar.



Şekil 1.9 Kara Meltemi

➤ *Vadi Meltemi*

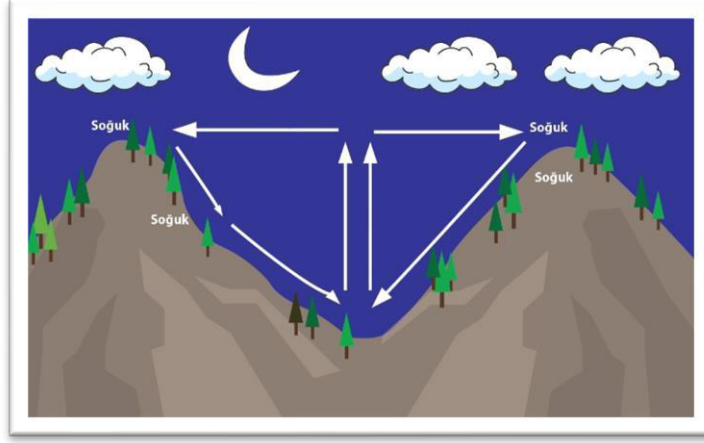
Gündüz nem miktarı az olan yüksek yerler, alçak yerlere göre daha çabuk ısınır ve termik alçak basınç alanlarına dönüşür. Alçak yerler, daha serin olduğundan termik yüksek basınç durumundadır. Bu nedenle vadiden yamaçlara doğru esen vadi meltemleri ortaya çıkar.



Şekil 1.10 Vadi Meltemi

➤ Dağ Meltemi

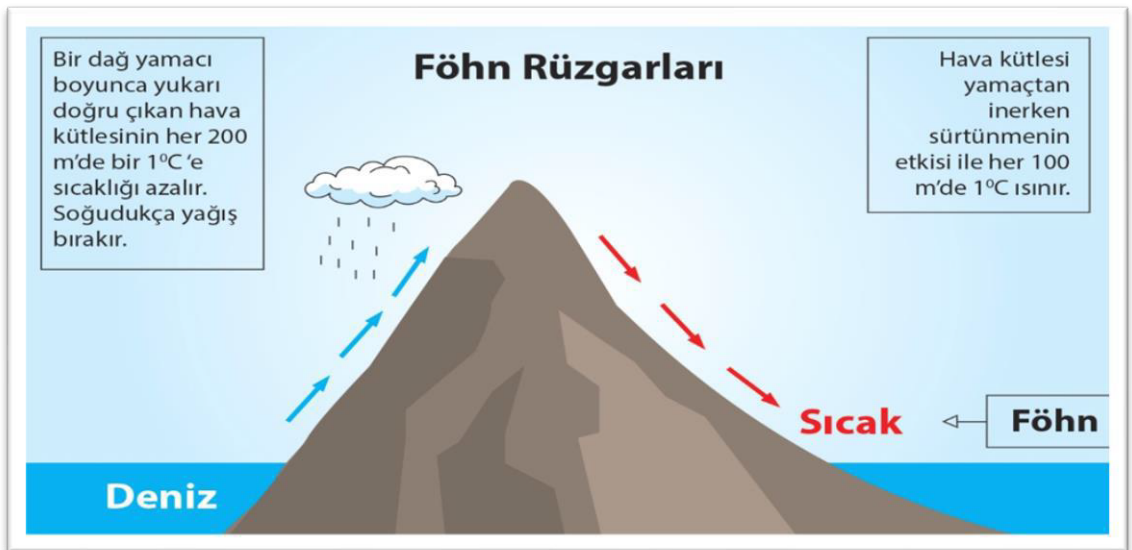
Gece yüksek yerler daha fazla soğuyarak termik yüksek basınç alanlarına dönüşür. Alçak yerler ise ılık kaldığı için termik alçak basınç alanı durumundadır. Bu nedenle dağlardan vadilere doğru esen dağ meltemleri ortaya çıkar.



Şekil 1.11 Dağ Meltemi

1.2.3.2 Föhn Rüzgârları

Yüksek dağ yamaçlarında alçalmaya bağlı olarak oluşan ve çevresine göre belirgin şekilde sıcak ve kuru olan rüzgârlara genel olarak **föhn** adı verilir.



Şekil 1.12 Föhn Rüzgârları

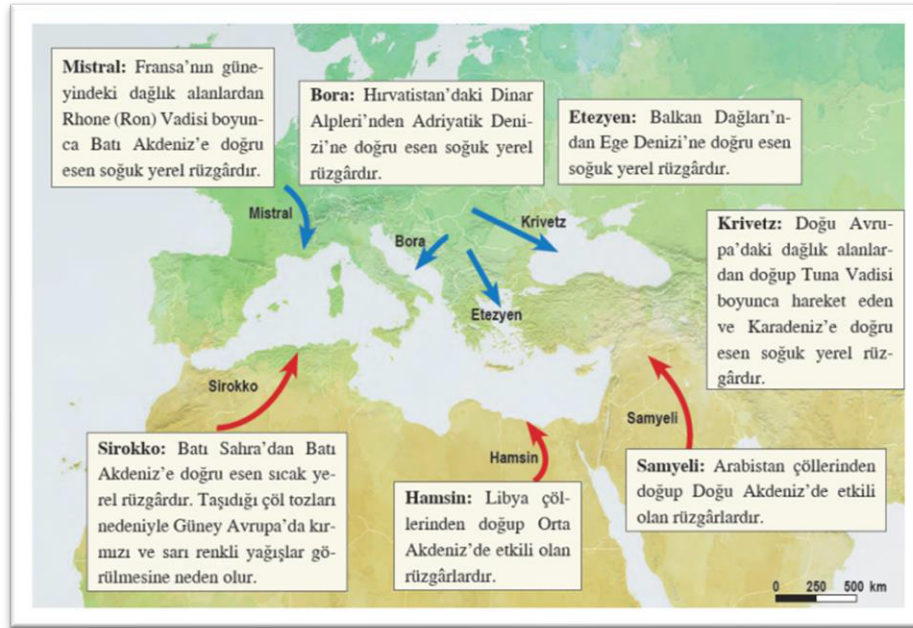
1.2.3.2.1 Fön Rüzgârının Oluşumu

Bu adı Alpler'in kuzey eteklerinde oluşan sıcak ve kuru rüzgârlara verilen isimden almıştır. Fön rüzgârları etkileri ile dikkat çeker. Fön rüzgârları, kış ve ilkbahar aylarında ulaştıkları yerde hava sıcaklığını 1-2 saat içerisinde yaklaşık 10-15 °C kadar artırarak kar örtüsünü kısa bir sürede eritebilir. Bunun sonucunda çığ, sel ve taşkınlara neden olabilir. Daha sıcak aylarda ise çayırılık ve orman yangınlarına sebep olabilir.

Ülkemizde de fön rüzgârlarının etkilerine rastlamak mümkündür. Kuzey Anadolu Dağları'nda yükselen rüzgârlar dağın güneyine sıcak ve kuru olarak geçerler. Bununla birlikte Anadolu'nun güney kıyıları da kuzey kadar belirgin olmasa da fön rüzgârları eser. Fön rüzgârlarına Anadolu'da bakır sattıran rüzgâr da denir. Dünyanın geri kalan yerlerinde ise fön rüzgârlarına farklı adlar verilmiştir. Bunlardan bazıları Ant Dağları'nın batı sırtlarında **pülç rüzgârı**, Endonezya'da **koenbank**, Arjantin'de Ant Dağları'nın doğu sırtlarında **zonda**, ABD'de Kayalık Dağları'nın doğusunda ise **şinuk** olarak adlandırılır.

1.2.3.3 Akdeniz Çevresinde Etkili Olan Yerel Rüzgârlar

Türkiye'nin de yer aldığı Akdeniz çevresinde çeşitli yerel rüzgârlar etkili olur. Mutlak konumu nedeniyle Akdeniz'in kuzeyinden esen rüzgârlar sıcaklığı azaltırken güneyden esenler sıcaklığı yükseltir.



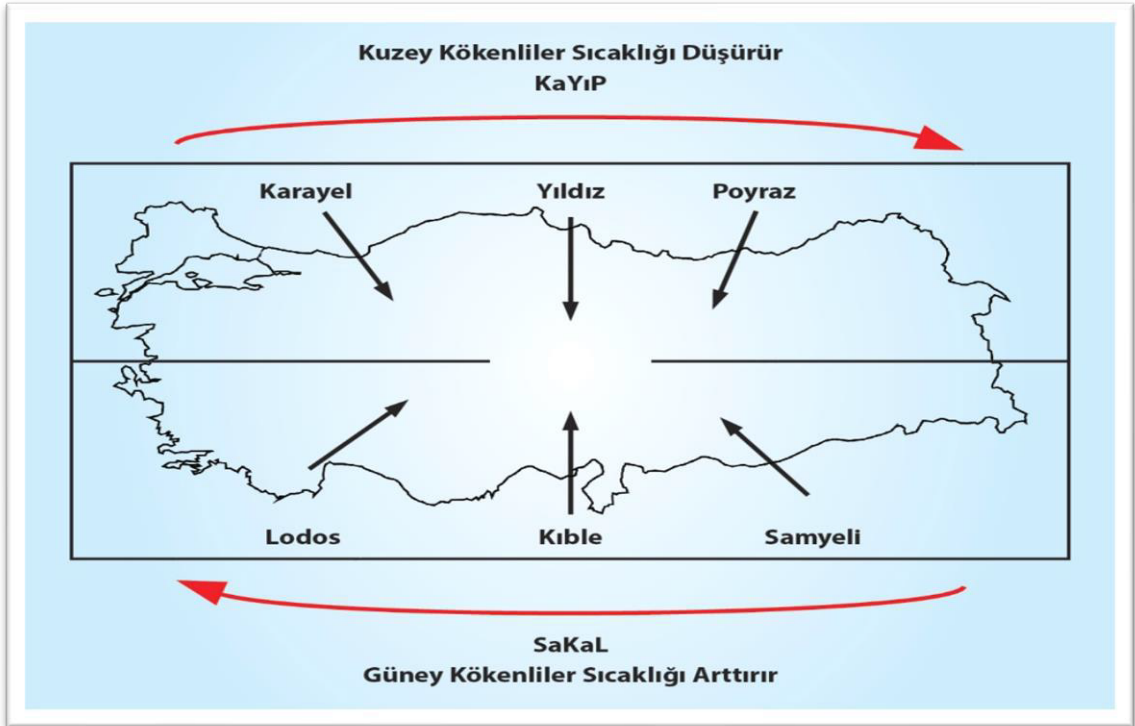
Şekil 1.13 Akdeniz Havzası'nda Esen Yerel Rüzgârlar

1.2.3.4 Tropikal Rüzgârlar

Ekvator'a yakın alanlarda, daha çok deniz üzerinde oluşan ve saatte 160 km'den daha hızlı esen rüzgârlardır. Beraberinde çok şiddetli yağışlar getirir. Estikleri yerlerde can ve mal kaybına neden olabilir. Çapı daha çok 300-800 kilometre olan girdaplar şeklindedir. Bu rüzgârlar estikleri yere göre farklı isimler alır. Hint Okyanusu'nda cyclone (**siklon**), Büyük Okyanus'ta typhoon (**tayfun**), Meksika Körfezi'nde hurricane (**harikayn**), Avustralya'da willy-willy (**vily-vily**) adı verilir.



Şekil 1.14 Tropikal Rüzgârların Etkili Olduğu Alanların Dağılışı



Şekil 1.15 Ülkemizde Görülen Bazı Rüzgârların Yönleri Göre Dağılımı

➤ **Yıldız**

Kuzeyden esen soğuk bir rüzgârdır. Genellikle Karadeniz ve Marmara bölgeleri üzerinden eser. Yazın serin, kışın soğuk hava taşır.

➤ *Lodos*

Türkiye'nin batısına **güney batı** yönünden gelen sıcak bir rüzgârdır. Bazen çok hızlı olabilir ve denizciler için çok önemli bir rüzgârdır. Estiği zaman sıcak bir havaya sebep olur.

➤ *Poyraz*

Kuzey doğudan esen şiddetli ve soğuk bir rüzgârdır. Güney Rusya üzerinde oluşan soğuk yüksek basınç alanlarından esen bu rüzgâr kışları Karadeniz'de kar yağışına da neden olur.

➤ *Meltem*

Doğu Akdeniz'e **kuzey batıdan** esen bir rüzgârdır. Özellikle temmuz ve ağustos aylarında düzenli ve kuvvetli olarak eser. Musonların oluşumuna benzer.

➤ *Karayel*

Yağmurun ardından birkaç gün boyunca **kuzey batı** yönünden esen bir rüzgârdır.

➤ *Keşişleme*

Güney doğu yönünden esen kuru ve sıcak bir rüzgârdır. Estiği bölgelerde sıcaklığı arttırıp havayı da kurutur.

➤ *Kible*

Güney yönünden esen sıcak ve nemli bir rüzgârdır. Orta Akdeniz bölgesinde oluşan alçak basınç alanları neticesinde bu rüzgâr gözlemlenmektedir.

➤ *Gün Doğusu*

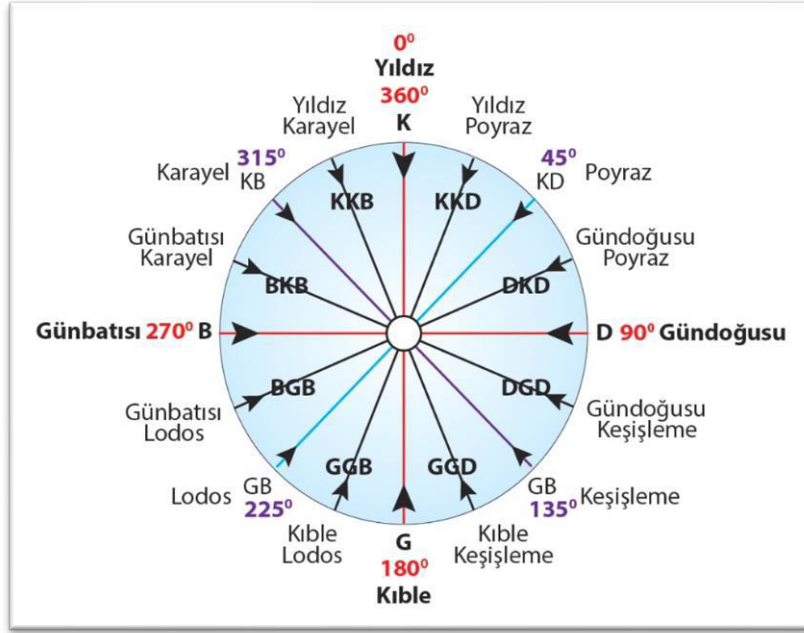
Doğu yönünden esen soğuk ve kuru bir rüzgârdır. Güney Rusya ve Kafkasya'da yüksek basınç alanları meydana gelirse bu rüzgârın etkisi daha fazla artar. Genellikle yağışların kesilmesine neden olur.

➤ *Gün Batısı*

Batı yönünden esen sıcak ve nemli bir **rüzgâr** türüdür. Bu rüzgâr genellikle ülkenin batı kesiminde yağışlara neden olur.

Rüzgâr Yönleri ve Dereceleri

Aşağıda Rüzgâr yönlerini ve derecelerinin ne olduğunu sıralıyoruz. Rüzgâr yönleri bu şekilde listelenmiştir. Hepsinin derecesi ayrı ayrı matematiksel hesaplamalara dayanmaktadır.

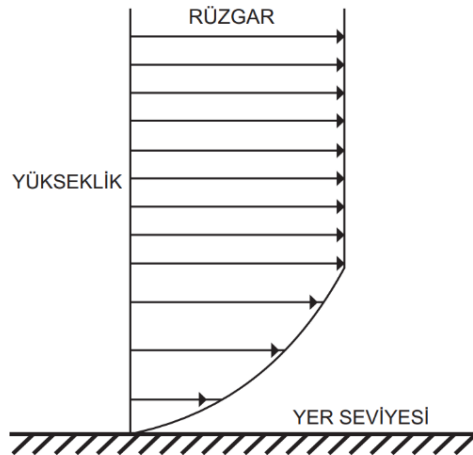


Şekil 1.16 Rüzgâr Yönleri ve Dereceleri

1.3 Rüzgâr Değişimleri

1.3.1 Atmosferik Kararlılığın Rüzgâr Profiline Etkisi

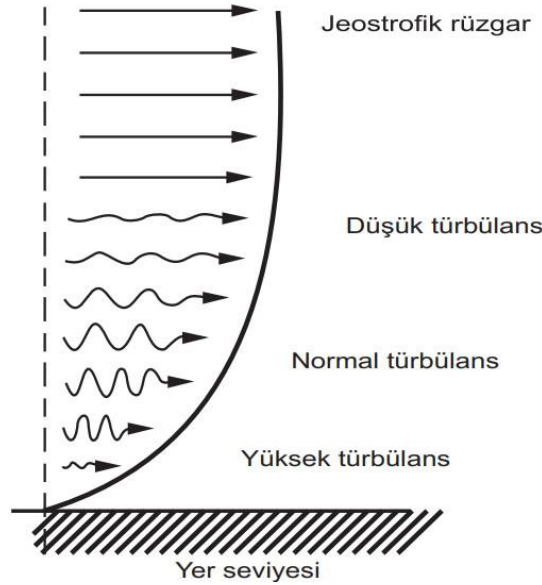
Atmosferik kararlılık, atmosferin dikey hareketi engellemeye veya caydırmaya yönelik eğiliminin bir ölçüsüdür ve dikey hareket, farklı hava sistemleri ve şiddet dereceleri ile doğru-
dan ilişkilidir. Kararsız koşullarda, bir hava paketi gibi kaldırılmış bir şey, irtifada çevreleyen
havadan daha sıcak olacaktır. Daha sıcak olduğu için, daha az yoğun ve daha fazla yükselmeye
eğilimlidir. Atmosferik kararlılık 3 kategoride incelenir; **kararlı**, **kararsız** ve **nötr**. Rüzgârın
düşey dağılımı, rüzgâr enerjisi ve kanat üzerine etkileyen yük için (fatigue) yorgunluk önemlidir.
Bu üç profil içerisinde Rüzgâr türbini kanat ömrü için en uygun olan nötr atmosferdir. Çünkü
rüzgâr kayması (windshear) bulunmamaktadır. Bununla beraber, enerji üretimi açısından karar-
sız atmosfer en uygundur çünkü büyük rüzgâr kaymaları meydana gelmektedir. Kararlı atmosfer
yapısı ise gerek düşük rüzgâr kayması ve gerekse de kanat üzerine binen yük bakımından
en istenmeyen atmosfer yapısıdır.



Şekil 1.17 Nötr Bir Atmosferde Rüzgâr Profili

1.3.2 Düşeyde Rüzgâr Profiline Değişimi

Rüzgârın yatayda değişimi düşeydeki değişime oranla daha azdır. Bu yüzden yataydaki değişim ihmal edilip, düşeydeki değişim hesaplanmalıdır. Atmosferin yeryüzü ile temas halinde olan tabakası “**Atmosferik Sınır Tabaka**” olarak adlandırılır. Bu tabakanın yüksekliği atmosferik şartlara bağlı olarak değişir. Açık yaz günlerinde atmosferik sınır tabaka 2 km yükseklikte olabilirken, rüzgârsız gece şartlarında 100 metreye kadar inebilir. Sınır tabakanın derinliğinin %10’luk en aşağıda kalan kısmına ise “**yüzey tabaka**” denir. Düzgün ve hemen hemen homojen bir arazide, yüksek rüzgâr şiddetlerinde rüzgâr profilini belirlemek için logaritmik rüzgâr kanunu kullanılır.



Şekil 1.18 Düşey Rüzgâr Profili

$$u(z) = \frac{u_*}{k} \ln \frac{z}{z_0}$$

Bu bağıntıda; $u(z)$ ortalama yer seviyesinden z kadar yukarıdaki rüzgâr şiddeti, z_0 yüzey pürüzlülük uzunluğu, k Von Karman sabiti ($k=0.38$), u_* sürtünme hızıdır.

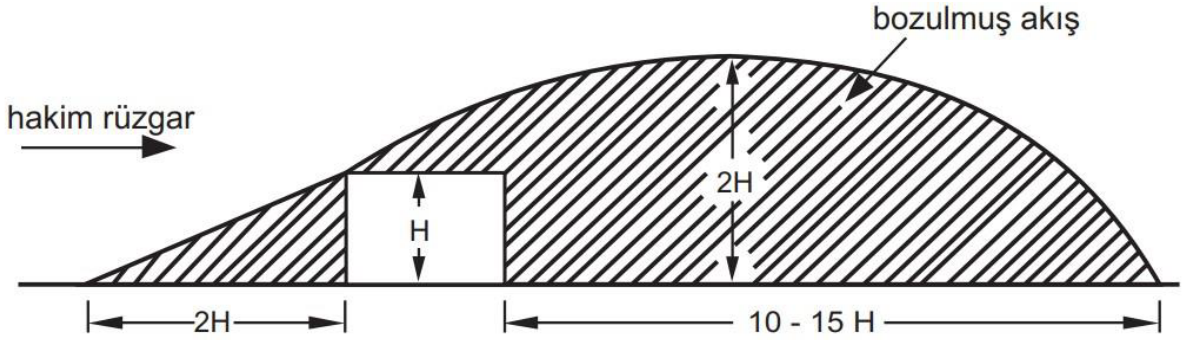
Ancak sıcaklık gradyanı mevcut olmadığı durumlarda yukarıdaki eşitlik düşeydeki değişimi hesaplamakta uygun değildir. Logaritmik rüzgâr kanunu yerine güç kuralı olarak bilinen

$$\frac{U_1}{U_2} = \left(\frac{Z_1}{Z_2} \right)^n$$

formülü ile belirlenir. Burada: U_1 , Z_1 yüksekliğindeki hız, U_2 ise Z_2 yüksekliğindeki hızdır. Denklemdaki n ifadesi rüzgârın değişimde rol oynayan termal kararlılığa bağlıdır. Nötr şartlarda $1/7$ değerini alır. Rüzgâr gradyanındaki artış rüzgâr hızında daha fazla bir değişime neden olur.

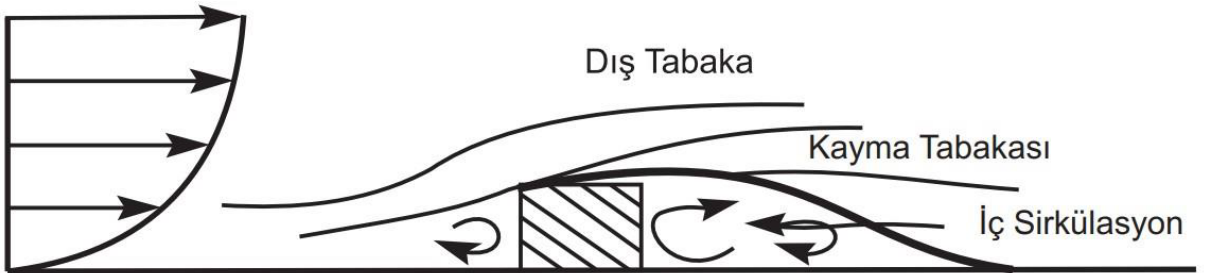
1.3.3 Engele Çarptıktan Sonra Profilin Değişimi

Rüzgâr Enerji Santrali kurulacak bölge olabildiğince düz bir arazi olmalıdır. Seçilen bölgede santral verimini etkileyecek yapılar, binalar, direkler ve engeller olmamalıdır. **Şekil 1.19** ile küçük bir engel etrafındaki rüzgâr akışı görülmektedir. Engele çarpan rüzgâr engelin hemen üzerinde, engel boyunun 2 katı; engel arkasında ise, 10-15 katı mesafede rüzgâr akışını bozmaktadır.



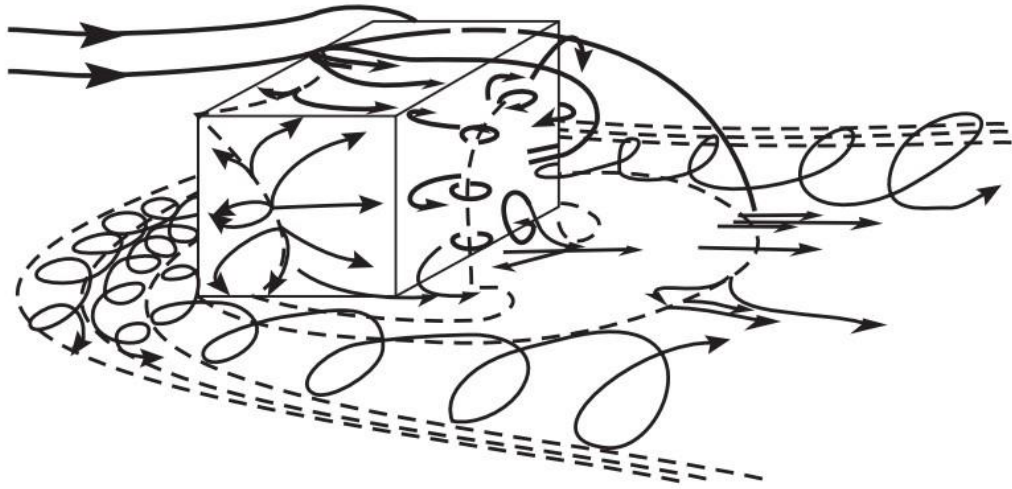
Şekil 1.19 Engel Etrafındaki Hava Akışı

Görüldüğü gibi, yapıların yakınlığı ve ağaçların geniş gövdeleri, rüzgâr türbinine gelen akışı karmaşıktır. Türbülansın artması, türbinlerin üzerinde bir yük oluşturarak türbinin de ömrünü azaltıcı bir etken olabilmektedir. Dikdörtgen bir engele dik olarak çarpan bir akışın şekli **Şekil 1.20**'de verilmiştir. Burada akışın momentumu zayıflar ve nispeten düşük hızda bir akış olur. Engelin arkasında iç sirkülasyon meydana gelir. İç sirkülasyon, engelin önünde meydana geldiğinden daha güçlüdür. Dış tabakada ise, akış herhangi bir bozulum göstermemektedir ve normal olarak akışa devam etmektedir.



Şekil 1.20 Blok Etrafındaki Akış

Profilin değişimi yeryüzü koşullarına göre değişmektedir. Yüzeydeki yapıların boylarının uzunluğuna aşağıdaki **Şekil 1.21** ile düz bir arazide verilmiş bir yapı gösterilmiştir. Kompleks bir arazide (vadi, dağ, tepe vb.) pürüzlülük uzunluğu önem arz etmektedir. Örneğin, blok etrafındaki hava daha karmaşık bir yapıdadır. Blok etrafında at nalına benzer vorteksler (girdap) oluşmaktadır ve cismin arkasında ve yanlarında akış bozulmuştur.

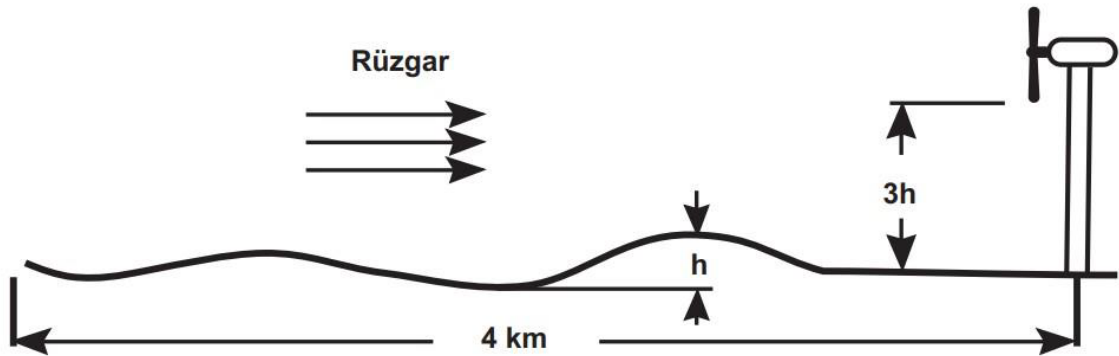


Şekil 1.21 Blok Etrafındaki Hava Akışı

1.3.4 Düz Bir Arazi Üzerinde Akış

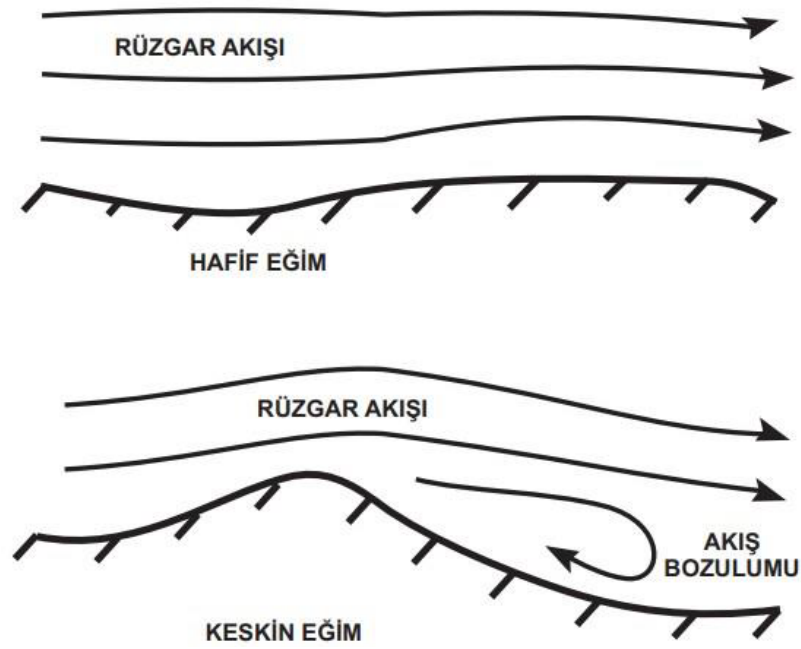
Üzerinde orman, ağaç vb. gibi bulunan araziler düz olarak kabul edilebilirken; yükseklik farkı, tepeler, sırtlar, vadi, kanyon gibi yapılar kompleks araziler olarak değerlendirilmektedir. Aşağıdaki kriterlere uygun araziler düz araziler olarak sınıflandırılmaktadır.

- Rüzgâr elektrik santralının bulunduğu arazi ile 11,5 km çapındaki çevreleyen arazide 60 metre yüksekliği geçmeyen yükseltiler,
- RES'in ön tarafında 4 km boyunca göbek yüksekliğinin 3'te bir yüksekliğini geçmeyen engellerin bulunduğu araziler düz olarak kabul edilmektedir.



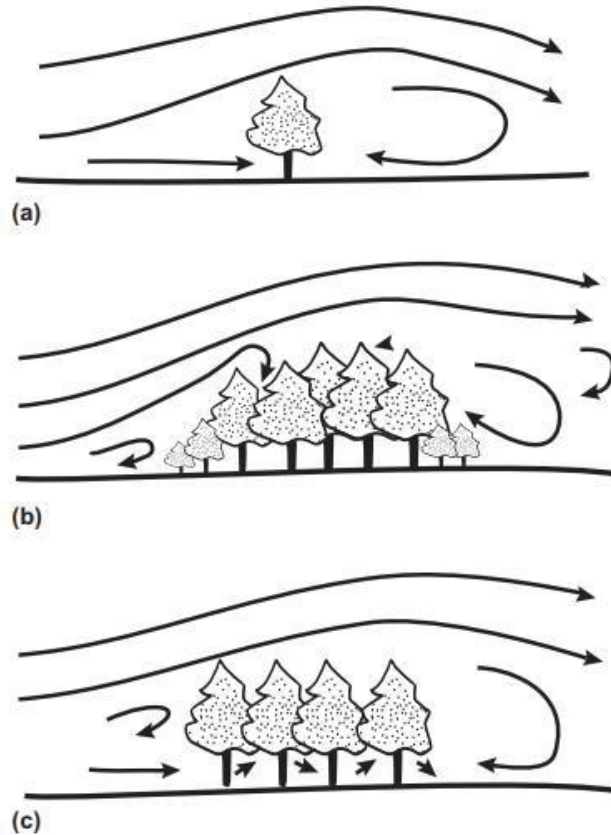
Şekil 1.22 Düz Arazi Özellikleri

Herhangi bir yüzey üzerinde meydana gelen akışın özellikleri ile ilgili birçok çalışma yapılmasına rağmen, konunun birçok yönü araştırılmaya muhtaçtır. **Şekil 1.23** ile hafif eğimli bölgede akış bozuluma uğramazken; eğimin keskinleşmesi ile akış ciddi bozulumlara uğrayabilmektedir.



Şekil 1.23 Düz Bir Arazide Akış ve Etkileşimi

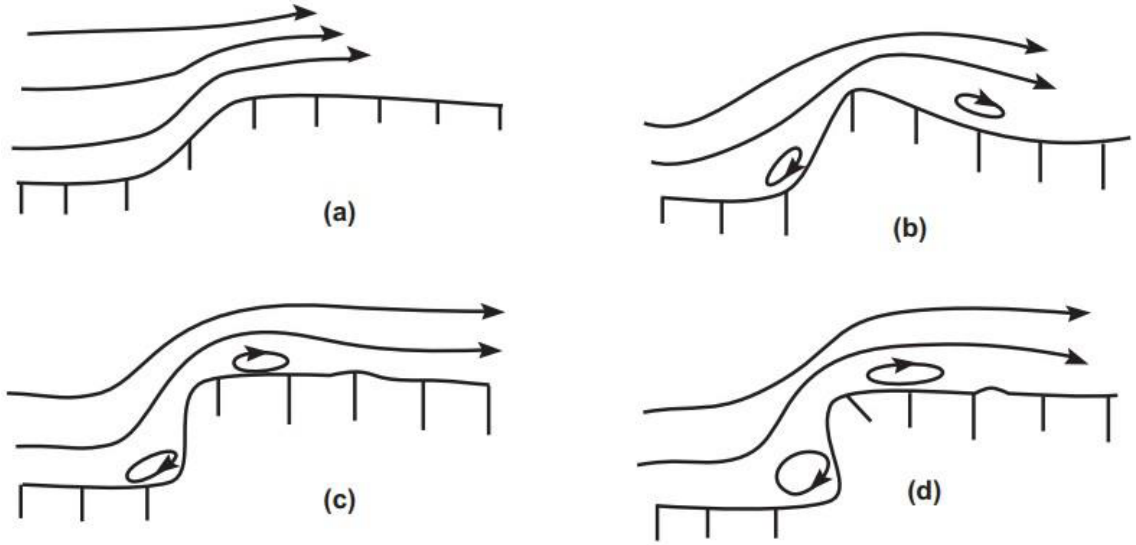
Düz bir arazide akışı bozacak engelleri iki sınıfta inceleyebiliriz. Birincisi ağaç, kaya gibi doğal engeller; ikincisi de insan yapımı ev, site vb. engellerdir. Ağacın etrafındaki akış Şekil 1.24 ile verilmiştir. “a” ile tek bir ağacın etrafındaki akış, “b” ile giriş ve çıkışları kapalı ağaçlık bir bölge için akış deseni, “c” ile de giriş ve çıkışları açık bir ağaçlıkta muhtemel akış deseni verilmiştir.



Şekil 1.24 Ağaçlar Etrafındaki Etkisi

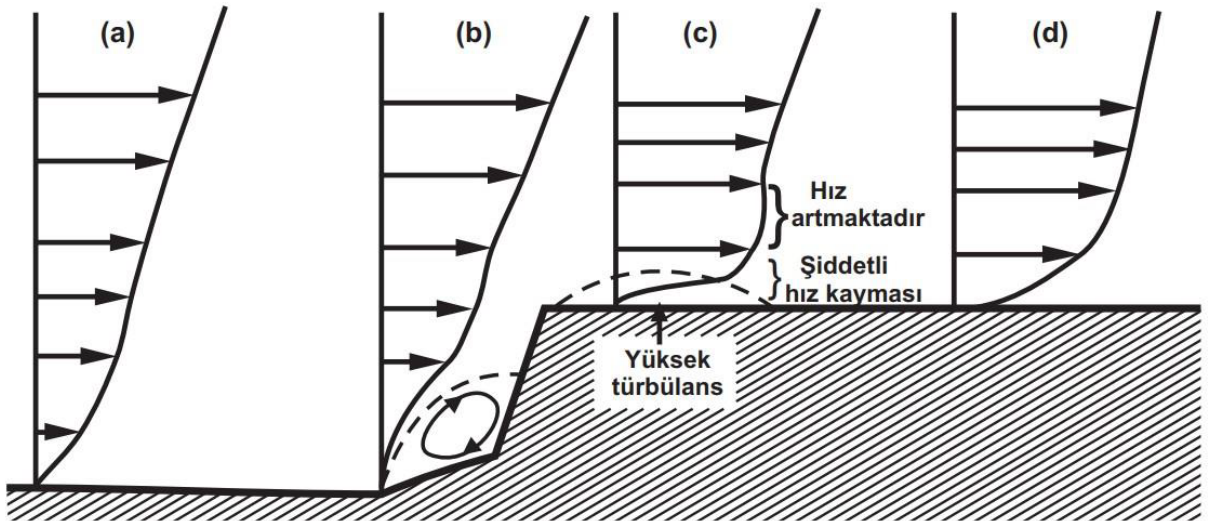
1.3.5 Düz Olmayan Bir Arazi Üzerinde Akış

Birçok araştırmacı düz olmayan arazileri, izole tepeler ve dağlık bölgeler olmak üzere 2 sınıfta incelemişlerdir. İzole tepeler genellikle küçük ölçekli; dağlık bölgeler de büyük ölçekli bölgeler olarak sınıflandırılmıştır. Her iki sınıf, yükseklik ile karakterize edilmiştir. Şekil 1.25 ile düz olmayan bir araziden rüzgâr akışının engele geldiğinde nasıl bir hareket izleyeceği gösterilmiştir. “a” 'da akış engelin yapısından dolayı fazla zorlanmamaktadır ve akış sadece tırmanırken bozuluma uğrayıp, sonra eski haline kavuşmaktadır ve iç sirkülasyonlar meydana gelmemektedir. “b”, “c”, “d” arazi yapısı hem akışı bozmakta hem de akışı bozuluma uğratarak iç sirkülasyonların meydana gelmesine sebebiyet vermektedir.

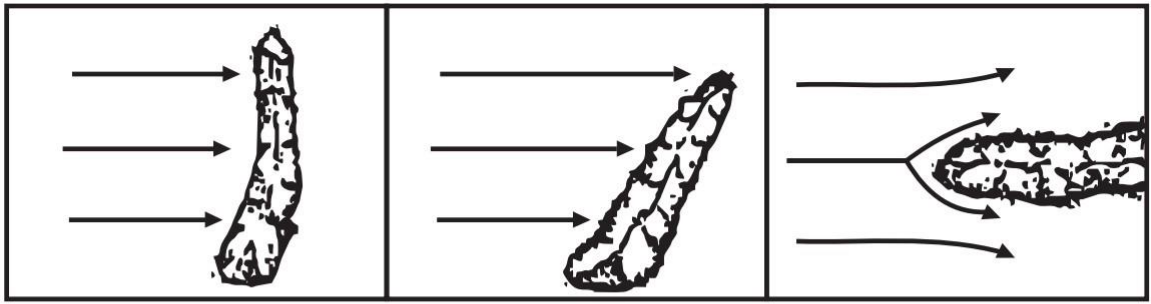


Şekil 1.25 Düz Olmayan Bir Arazide Akış ve Etkileşimi

1.3.6 Bazı Engellerdeki Rüzgâr Profillerinin Değişimleri



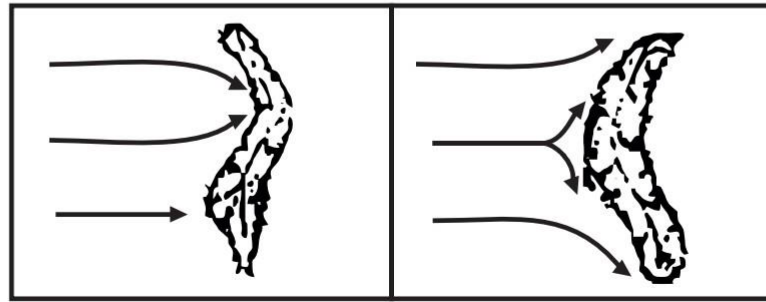
Şekil 1.26 Engeli Aşarken Rüzgâr Profiliinin Değişimi



a. Dik

b. Eğimli

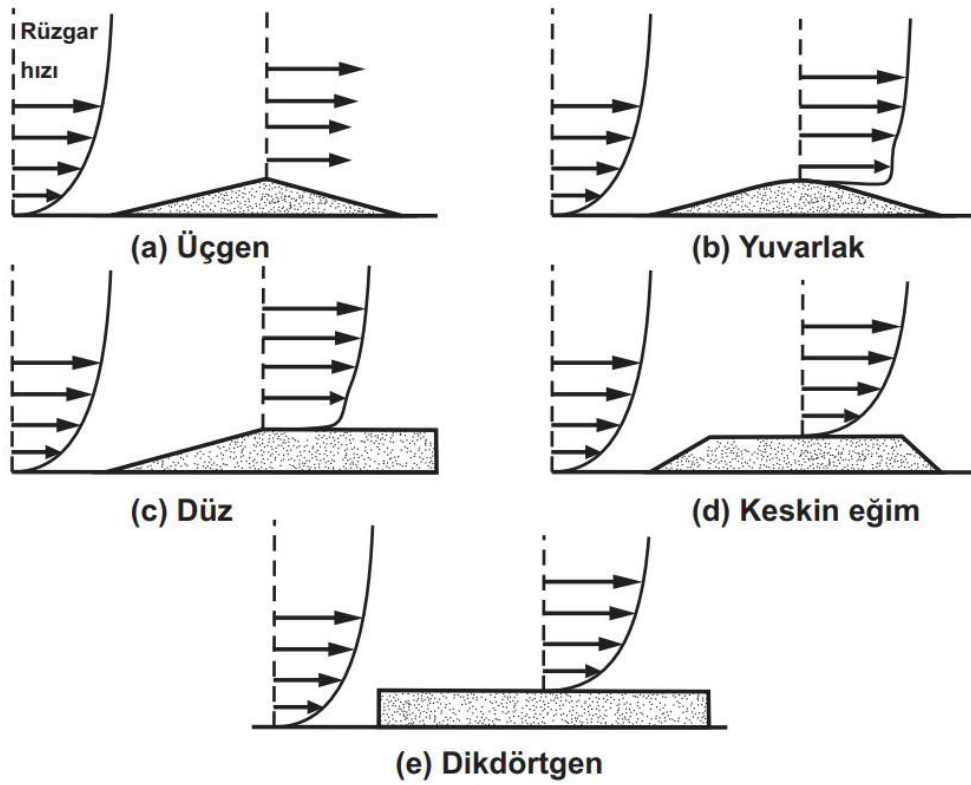
c. Paralel



d. İçbükey

e. Dışbükey

Şekil 1.27 Sırtların Pozisyonuna Göre Rüzgâr Akışı



(a) Üçgen

(b) Yuvarlak

(c) Düz

(d) Keskin eğim

(e) Dikdörtgen

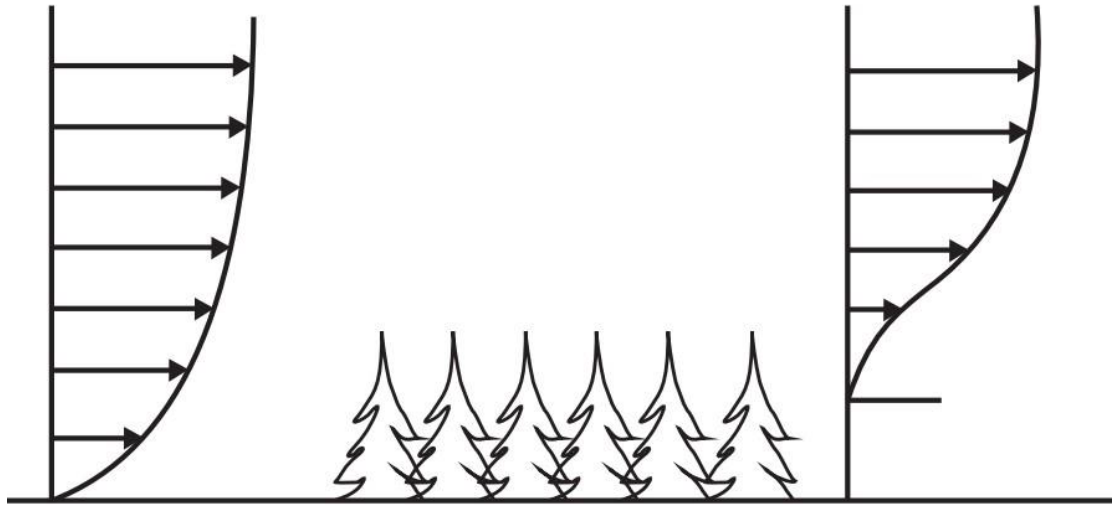
Şekil 1.28 Sırtların Şekline Göre Rüzgâr Profilinin Değişimi

1.3.7 Pürüzlülük (Roughness)

Yeryüzünün birçok yerinde yer şekilleri düzenli değildir ve birçok yerde belirgin farklılıklar gösterir. Bir bölgenin yüzey pürüzlülüğü, o bölge üzerindeki pürüzlülük elemanlarının dağılımına bağlıdır. Bitki örtüsü, yapılaşma ve doğal arazi yapıları tipik pürüzlülük elemanlarıdır.

Genel olarak, yeryüzü pürüzlülüğü ne kadar fazlaysa rüzgâr hızının o kadar yavaşladığı kabul edilir. Pürüzlülük yaratacak alanlara örnek vermek gerekirse hava alanlarındaki beton pistler rüzgâr hızını daha az yavaşlatırlarken, ormanlar ve büyük şehirler rüzgâr hızını önemli derecede azaltırlar. Beton pistlerden daha düz olan su yüzeyleri rüzgâr üzerinde daha az etkiliyken, geniş çayır, çalılık ve çitler rüzgâr hızı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir.

Yüzey pürüzlülüğü, pürüzlü bir yüzeyden düz bir yüzeye geçişte değişiklik gösterir. Rüzgâr şiddeti profili yükseklikle artış gösterirken, düz bir yüzeyden pürüzlü bir yüzeye geçişte (örneğin açık denizden ormanlık bir araziye geçiş) ise profil yükseklikle azalma gösterir. **Şekil 1.29** Düz bir yüzeyden pürüzlü bir yüzeye geçiş ve rüzgâr profilindeki değişim gösterilmiştir.



Şekil 1.29 Düz Bir Yüzeyden Pürüzlü Bir Yüzeye Geçiş

Düz bir yüzeyden pürüzlü bir yüzeye geçiş ve rüzgâr profilindeki değişim, rüzgâr hızı profilini üzerinde belirleyici bir etkiye sahip olan pürüzlülük, rüzgâr enerjisi incelemelerine önemli bir parametredir. Rüzgâr enerjisi ve rüzgâr atlası çalışmalarında dört pürüzlülük sınıfı tanımlanır. Pürüzlülük sınıflandırmalarında bir diğer büyüklük olan ve $0z$ ile ifade edilen pürüzlülük yüksekliği teorik olarak rüzgâr hızının sıfıra indiği yükseklik olarak tanımlanmaktadır. Bir pürüzlülük elemanının yüksekliği h olmak üzere, rüzgâra karşı gelen dikey kesit alanı S ve arazi üzerine dağılmış ortalama yatay kesit alanı AH ile ifade edildiğinde pürüzlülük elemanları ile pürüzlülük yüksekliği arasındaki ilişki aşağıdaki denklemde ifade edilmiştir.

$$z_0 = 0,5 \times \frac{h \times S}{A_H}$$

h: Pürüzlülüğe neden olan elemanın yüksekliği

S: Rüzgâra karşı dikey kesit alanı

A_H: Arazi üzerinde yayılmış olan yatay kesin alan

Su alanları, denizler, fiyordlar ve göller pürüzlülük sınıfının 0 olarak kabul edildiği bölgelerdir. Bu bölgelerde pürüzlülük yüksekliği z_0 , 0,0002 metre olarak tanımlanır. Pürüzlülük sınıfının 1 olarak tanımlandığı bölgeler açık alanlar içinde rüzgâra etki edecek birkaç engelin, basit şekil, ağaç ve çalılıkların bulunduğu açıklıkları, düz alanları ve yumuşak engebeleri kapsar. Pürüzlülük sınıfı 1 olan bölgelerde pürüzlülük yüksekliği z_0 , 0,03 metre olarak kabul edilir.



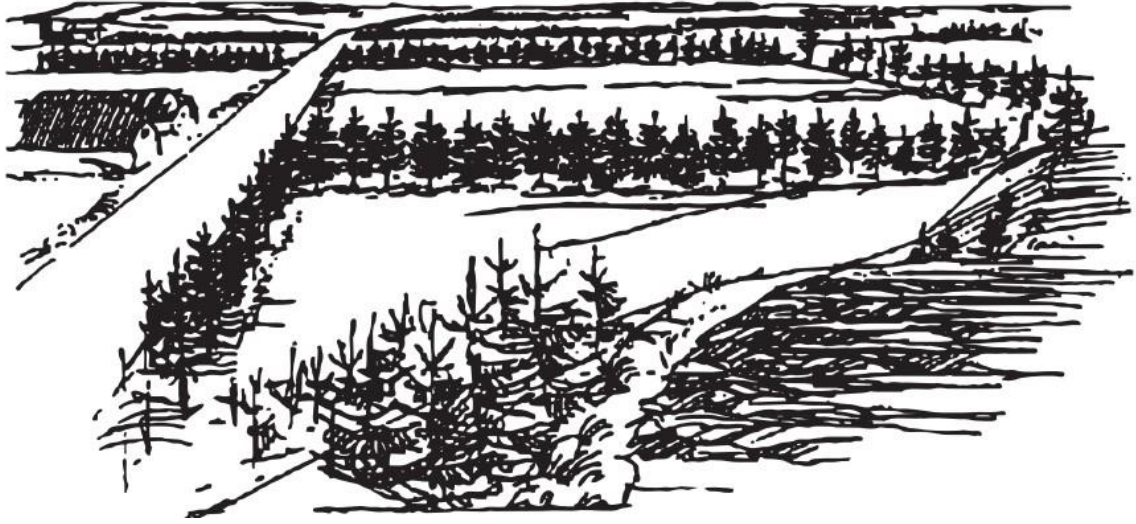
Şekil 1.30 Pürüzlülük Sınıfı 1 Olan Arazi Örneği

Pürüzlülük yüksekliği z_0 'ın 0,10 metre olarak ifade edildiği, pürüzlülük sınıfı 2, rüzgâra etki eden kırıncıların birbirinden ortalama 1000 metreden fazla uzaklıkta olduğu, binaların dağınık bir halde bulunduğu, çok sayıda ağaç ve binanın bulunduğu alanları karakterize eder.



Şekil 1.31 Pürüzlülük Sınıfı 2 Olan Arazi Örneği

Şehir alanları, ormanlar ve ortalama birkaç yüz metre aralıklarla çok sayıda rüzgâra etki edecek kırıncıların bulunduğu arazilerde pürüzlülük yüksekliği z_0 , 0,40 m olarak ifade edilir ve bu bölgeler pürüzlülük sınıfı 3'e girerler.



Şekil 1.32 Pürüzlülük Sınıfı 3 Olan Arazi Örneği

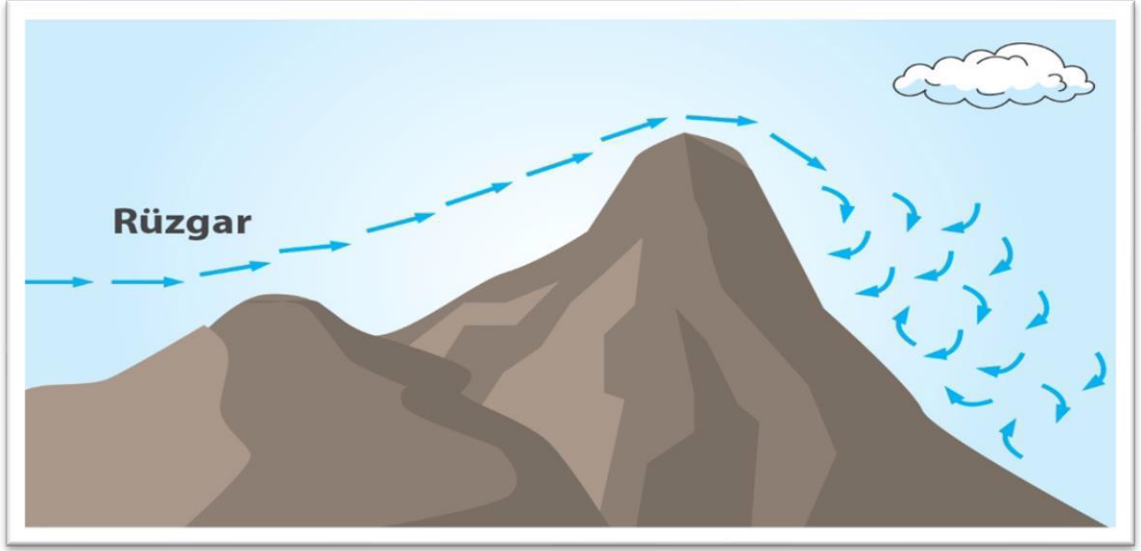
Pürüzlülük Sınıfı	Pürüzlülük Uzunluğu	Enerji Göstergesi	Ortam Yüzeyi
0	0.0002	100	Su Yüzeyleri
0.5	0.0024	73	Açık Araziler (Beton, havaalanlarındaki beton yollar, otoban, çayır ekili alanlar vb.)
1	0.03	52	Uzun aralıklı yapılara sahip çitsiz ve engelsiz açık tarımsal araziler (Çok Hafif Engebeleri)
1.5	0.055	45	Birkaç binalı ve 1250 m mesafeli 8 m yüksekliğinde çitlere sahip tarımsal araziler
2	0.1	39	Birkaç binalı ve 500 m mesafeli 8 m yüksekliğinde çitlere sahip tarımsal araziler
2.5	0.2	31	Pek çok bina, çalı ve bitkiye sahip ya da 250 m mesafeli 8 m yüksekliğinde çitlere sahip tarımsal araziler
3	0.4	24	Köyler, küçük şehirler, çok ya da yüksek çitli, tarımsal araziler, ormanlar, çok yoğun ve pürüzlü bölgeler
3.5	0.8	18	Yüksek yapılara sahip büyük şehirler
4	1.6	13	Yüksek binalara ve gökdelen yapılarına sahip büyük şehirler

Tablo 1.1 Yüzey Pürüzlülüğü Sınıflandırması

1.3.8 Türbülans

Genel olarak, aniden oluşan düzensiz hava hareketleri olarak tanımlanan türbülans, birçok kez oldukça hızlı bir şekilde dönen mikro ölçekli hava akımı olarak karşılaşılan ve bir rüzgâr türbininden üretilecek enerji miktarını etkileyen bir büyüklüktür. Türbülansın yoğunluğu rüzgâr hızlarının standart sapmalarının, ortalama rüzgâr hızına oranı olarak ifade edilir. Türbülans yoğunluğu artan yükseklikle azalmakta ve yüzey pürüzlülüğünden etkilenmektedir. Aynı büyüklükteki sapmalar için yüksek rüzgâr hızlarında azalmaktadır.

Rüzgâr türbinleri üzerinde yorulmalara da neden olan türbülans, türbin kanatları üzerinde zaman zaman fiziksel etkiler meydana getirebilmektedir. Özellikle yer yüzüne yakın yerlerde oluşabilecek türbülans etkilerinden minimum şekilde etkilenmek adına rüzgâr türbinleri yeterince yüksek yapılır. **Şekil 1.33**'te dağlık bir alan ardında oluşan türbülans ve hava akımlarının hareket yönleri gösterilmektedir. Düzensiz bir dağ yüzeyi boyunca yükselen hava dağın ardında düzensiz bir form tutmakta ve modellenmesi oldukça zor olan bir akış izlemektedir.



Şekil 1.33 Türbülansın Hava Akışına Etkisi

1.3.8.1 Türbülans Yoğunluğu

Rüzgâr türbinlerinin yaşam süreci üzerinde önemli etkileri olan türbülans, ortalamadan olan sapmaları ifade etmekte olup, en basit yöntemle ölçülen ortalama rüzgâr şiddetinin ölçülen standart değerine bölünmesiyle elde edilir.

$$I = \sigma / V$$

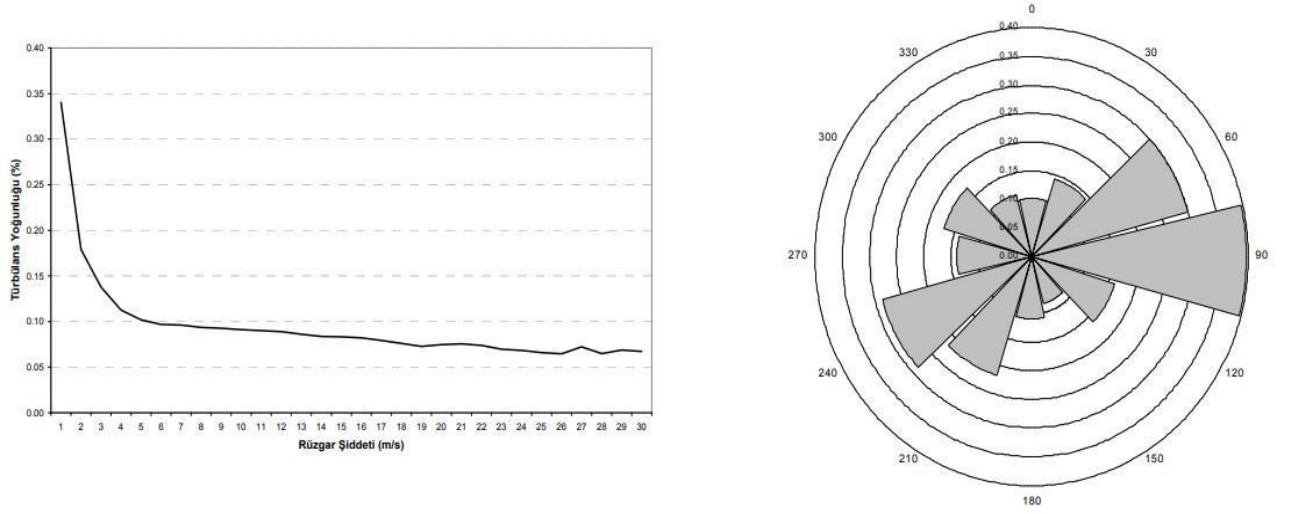
I: Türbülans Yoğunluğu

V: Ortalama Hız

σ : Standart Sapma

Türbülans Yoğunluğu	Yoğunluk Sınıfı
$0,00 < I < 0,10$	Düşük
$0,10 < I < 0,25$	Orta
$I > 0,25$	Yüksek

Tablo 1.2 Türbülans Yoğunluğuna Bağlı Yoğunluk Sınıfları



Şekil 1.34 Rüzgâr Hızına ve Yönüne Bağlı Olarak Türbülans Yoğunluğu

Türbülans yoğunluğunun rüzgâr hızına ve yönüne göre değişimine birer örnek sunulmuştur. Görüleceği üzere türbülans yoğunluğu rüzgâr şiddeti arttıkça azalmaktadır. Aynı durum yer seviyesinden olan yüksekliğin artması durumunda da geçerlidir. Bunu aşağıdaki eşitliklerden de görmek mümkündür.

$$I_u(z) = \frac{1}{\ln(z/z_0)} \quad \text{veya} \quad I_u(z) = \frac{\alpha}{1 + \alpha \ln(z/15.25)}$$

Türbülans yoğunluğunun bilinmesi durumunda bu eşitlik yardımıyla z_0 ve α 'nın mümkün olduğu da açıkça görülmektedir.



BÖLÜM-2
RÜZGÂR ÖLÇÜMÜ VE METOTLARI

BÖLÜM-2

RÜZGÂR ÖLÇÜMÜ VE METOTLARI

Rüzgâr ölçümü, rüzgâr enerji santrallerinin (RES) tasarımından, operasyon durumunu koruduğu ana kadar gerçekleştirilen bir işlem olarak nitelendirilebilir. Kısaca, rüzgâr enerjisi potansiyelini etkileyen tüm parametrelerin elde edilmesini amaçlamaktadır. Rüzgâr yerküre üzerindeki ısı farklılıklarından oluşan basınç değişikliklerinin eşitlenme çabası sonucu açığa çıkan hava parsellerinin hareketidir. Bu hava parsellerinin sabit bir hızla hareket ettiği varsayıldığında, taşıdığı güç aşağıdaki denklem ile ifade edilebilir.

$$P = \frac{1}{2} \rho \pi r^2 v^3$$

ρ = Hava Yoğunluğu (kg/m^3)

r = Rotor Yarıçapı (m)

v = Rüzgâr Hızı (m/s)

Güç denkleminin bakıldığında da açıkça görüleceği üzere, rüzgâr türbini rotor tarama alanından geçen hava parselinin rotorda bıraktığı güç bu parselin hızı ile kübik orantılı olarak değişmektedir. Bu nedenle rüzgâr enerjisinde rüzgâr hızının doğru yöntemlerle tasvir edilmesi gerekmektedir. Rüzgârın kaotik doğasının, birden çok parametreye bağlı olarak değişmesi göz önüne alındığında rüzgârın istatistiksel olarak tasvir edilmesinin ne kadar “gerekli” olduğu anlaşılabilecektir.

Her ne kadar denklemde açığa çıkan sonuca göre sadece rüzgâr hızının ölçülmesi yeterli görünse de sağlıklı rüzgâr istatistiklerinin oluşturulması ve hızın vektörel bir büyüklük olması nedeniyle yön bilgisine de ihtiyaç vardır. Bu anlamda rüzgâr hızıyla birlikte rüzgâr yönünün de ölçülmesi gerekmektedir. Hava yoğunluğu değerinin belirlenebilmesi için sıcaklık, basınç ve nem ölçümlerinin de yapılması gerekmektedir. Buna ek olarak, ideal ya da etkileşimli gaz denklemleri kullanılarak hava yoğunluğu tayini mümkün olmaktadır. Sıcaklık, nem ve basıncı içeren ölçümler çevresel ya da ikincil ölçümler olarak tanımlanabilir.

Ölçüm aletlerinin noktasal ölçüm almasından dolayı monte edileceği direğin bazı standartları sağlaması rüzgârın daha doğru tasvir edilmesini sağlayacaktır. Bu standartlar dünya genelinde kabul görmüş kurumlar tarafından yayınlanmakta olup, genel amacı rüzgârın daha düşük belirsizlikler yardımıyla tasvirini sağlamaya yöneliktir. Örnek olarak, direk üzerinde monte edilecek olan anemometreler direktten belli oranda uzakta, direk etkisini hissetmeyecek şekilde konumlandırılmalıdır. Bu nedenle rüzgâr ölçüm direklerinde görece uzun yan kollar kullanılmaktadır.

Ölçüm istasyonunun planlanması sırasında hâkim rüzgâr yönünün değerlendirilerek sensör yerleşimlerinin buna göre gerçekleştirilmesi fayda sağlayacaktır. Bu sayede sensörlerin, daha az direğin, yıldırım koruma sisteminin ve diğer sensörlerin gölge etkisi altında kalması sağlanacaktır.

Bunun dışında kaydedilen verilerinde belli özelliklere haiz olması gerekecektir. Sadece rüzgâr hızını belirlemenin yanında ölçüm aralığındaki en yüksek ve en düşük gözlemlerinden kaydedilmesi gerekecektir. Örnek olarak; 10 dakikalık ortalamaları sağlayan anemometre için veri kaydedici aynı zamanda bu 10 dakikalık zaman zarfı içerisinde kaydedilen en yüksek ve en düşük rüzgâr hızını da kayıt altına alması gerekmektedir. Bu sayede rüzgârın türbülans olarak tabir edilen ve rüzgâr türbinleri üzerine binen yükün hesaplanmasından birbirlerine olan kuyruk etkilerine kadar geniş çerçevedeki hesaplamalarda kullanılabilen türbülans parametresi elde edilmiş olur.

Bir rüzgâr ölçüm istasyonunda:

- Rüzgâr Hız Sensörü,
- Rüzgâr Yön Sensörü,
- Hava Sıcaklık Sensörü,
- Bağıl Nem Sensörü,
- Basınç Sensörü,
- Ölçüm Kayıt Cihazı (Data Logger) bulunur.
- Rüzgâr ölçüm direğinin yüksekliği en az 60 metre olmalıdır.
- Basınç, sıcaklık ve nem ölçümleri en az 3 metrede yapılır.
- Başvuru sahibi bu ölçümlere ilave olarak farklı seviyelerde sıcaklık, nem ve basınç ölçümü yapabilir.

Rüzgâr hızı: Rüzgârın hızı, havanın hareket süratini gösterir. Bir rüzgâr hızı, onu meydana getiren iki nokta arasındaki basınç farkına ve bu iki nokta arasındaki uzaklığa bağlıdır. Basınç farkı ne kadar fazla ve iki nokta arasındaki uzaklık ne kadar az ise rüzgâr hızı o ölçüde fazla olacaktır. Rüzgâr hızı anemometre ile ölçülür. Anemometrenin yazıcı tipte olanına ise anemograf adı verilir. Rüzgâr hızı, m/s, km/h ve knot (deniz mili/saat) birimleri ile ifade edilir 1 m/s hızla esen rüzgârın 1 m²'lik yüzeye yaptığı basınç 0.076 kg'dır. Rüzgâr Santral Ölçümlerinde ve tahminlerinde m/s birimi kullanılır.

$1 \text{ m/s} = 1.94 \text{ knots}$ $1 \text{ knots} = 0.51 \text{ m/s}$
--

Rüzgâr Yönü: Rüzgârın bulunduğu yere doğru geldiği yöne rüzgâr yönü denir. Rüzgâr yönü jirüet (anemoskop), windjak (windsock), (rüzgâr torbası), (rüzgâr tulumu) ve **Wind Vane** (Yön Sensörleri) ile belirlenir. Meteorolojide rüzgâr esiş yönleri coğrafik yönlerle açıklanır. Rüzgâr yönü “E” denildiği zaman, doğudan batıya doğru hareket eden hava akımı anlaşılır. Rüzgâr yönü gözlemleri 8 yön dikkate alınarak yapılır.

2.1 Rüzgâr Ölçüm İstasyonunda Bulunan Aletler

2.2.1 Rüzgâr Hız Sensörü (Anemometre)

Anemometreler rüzgâr hızını elektriksel sinyale dönüştüren sensörlerdir. Kepçe, ultrasonik ve propeller anemometre olmak üzere 3 tip anemometre vardır.

a. Kepçe Anemometre: Kepçe rotorunun bir dönüşü için geçen süreye göre rüzgâr hızı belirlenir. Rüzgâr hızı ölçümlerinde en yaygın olarak kullanılan anemometreler kepçe anemometreleridir.



Şekil 2.1 Kepçe Anemometre

b. Ultrasonik Anemometre: Her bir uçtan yayılan ses dalgasının diğer kol tarafından alınması sırasında geçen sürenin ölçülmesi prensibi ile çalışmaktadır.



Şekil 2.2 Ultrasonik Anemometre

c. **Propeller Anemometre:** Propeller anemometrenin çalışma prensibi de kepçe anemometrelerle aynıdır. Bu tip anemometreler rüzgâr yönüne paralel monte edildiğinde yatay rüzgâr hızını, dik monte edildiğinde de dikey rüzgâr hızını ölçerler.



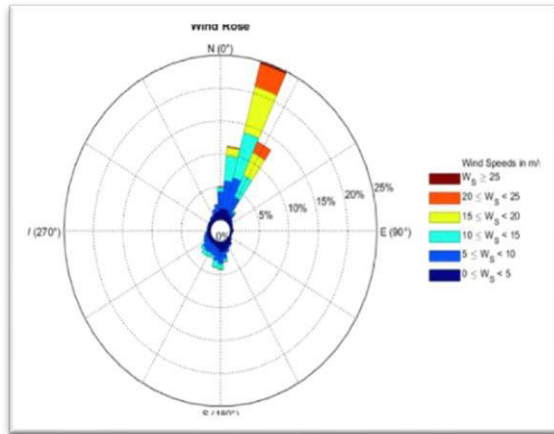
Şekil 2.3 Propeller Anemometre

2.1.1 Rüzgâr Yön Sensörü (Windvane)

Ölçüm yapılan bölgedeki rüzgâr, belirli bir hâkim yönden esebileceği gibi, farklı yönlerden de esebilir. Rüzgâr yönlerinin değişen frekanslarını ve rüzgâr hızlarının dağılımını göstermek için yönünün de ölçülmesi gerekmektedir. Windvane rüzgâr yön bilgisini elektriksel sinyale çeviren sensördür. Bir rüzgâr gülü (**windrose**) 8 veya 16 yöne göre olabilir; ya da Avrupa Rüzgâr Atlas'ında esas alındığı gibi 12 yöne, 30'ar derecelik yön aralıklarına göre de olabilir. Yön sensörünün hareketini göstermektedir. 360 derece boyunca sonsuz olarak hareket eder ve bölgenin rüzgâr gülünü (**windrose**) çıkarır.



Şekil 2.4 Windvane



Şekil 2.5 WindRose

2.1.2 Sıcaklık ve Nem Sensörü

Termometre olarak da bilinen sıcaklık sensörü genellikle ölçüm direğinin 2 veya 3. metresine monte edilir. (Alt yüklenicinin tasarımına göre de değişiklik gösterebilir.) Bağıl nem, verilen bir sıcaklıkta havanın içerdiği nem miktarının, aynı sıcaklıkta içerebileceği maksimum nem miktarına oranı olarak tanımlanır. Diğer bir deyişle bağıl nem, havanın buhar içeriğinin kapasitesine oranıdır ve yüzde olarak ifade edilir:

$$\text{Bağıl Nem}(RH) = (\text{Aktüel Su bu arı Miktarı} / \text{Maksimum Su bu arı Miktarı}) \times 100$$

Rüzgâr ölçüm amaçlı kullanılan nem sensörleri, tek veya bazen de sıcaklık sensörü ile combine olabilmektedir. Neme karşı duyarlı olan materyal karbondan yapılmış olup nem değişiminde direnci değişmektedir, bu direnç değişiminden yararlanılarak bağıl nem ölçülmektedir.



Şekil 2.6 Sıcaklık Sensörü



Şekil 2.7 Nem Sensörü

2.1.3 Veri Toplayıcı (Data Logger)

Rüzgâr ölçüm direğinde kaydı tutulan bütün verilerin elektronik olarak saklandığı ve değerlendirilmesinin yapıldığı ortamı sağlayan teçhizattır. Farklı markalara ait ve değişik dizaynlarda bulunabilirler. Ayrıca Şekil 2.8’de verinin saklandığı veri yongaları (data chip), piller ve nem alıcı da görülmektedir. Veri toplayıcı, 1 veya 10 dakikalık ve saatlik olarak düzenli aralıklarla ortalama ve ekstrem verilere ek olarak standart sapma da hesaplanıp vermektedir.



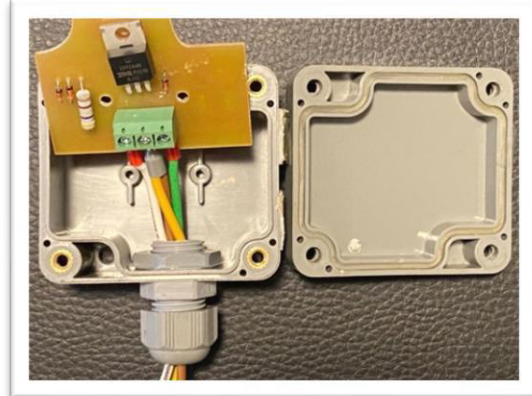
Şekil 2.8 Muhafaza Kutusu



Şekil 2.9 Data Logger

2.1.4 Basınç Sensörü (Barometre)

Barometre, atmosferdeki hava basıncını ölçmeye yarayan alete verilen addır. Barometre ile atmosferdeki açık hava basıncı milibar cinsinden ölçülmektedir.



Şekil 2.10 Basınç Sensörü Dış ve İç Görüntüsü

2.1.6 İkaz Lambası

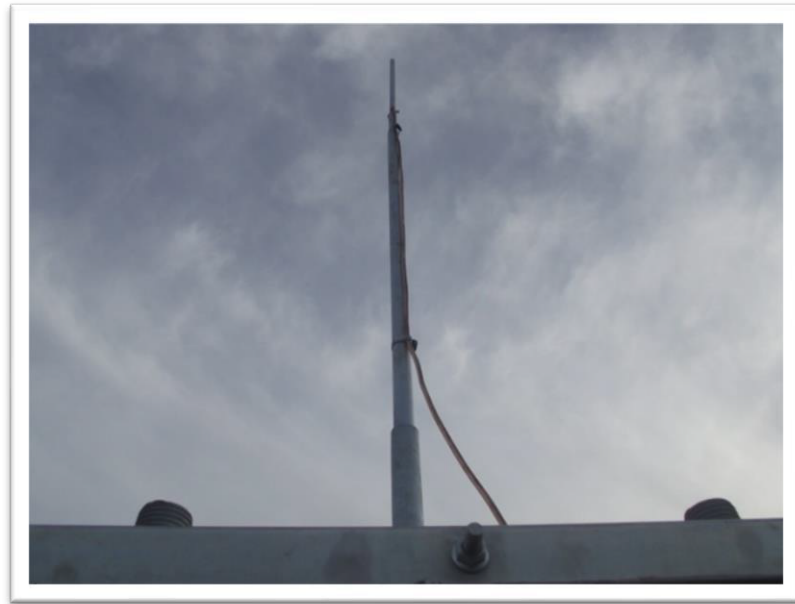
Rüzgâr direğinin hava taşıtlarına tehlike oluşturmasını önlemek için, direğin tepesine kırmızı ışık yayan LED aydınlatmalı en az 1 adet uygun bir ikaz lambası kurulmalıdır.



Şekil 2.11 Ölçüm Direğinde Kullanılan İkaz Lambası

2.1.7 Paratoner

Havadaki elektrik yükünü toprağa aktarmayı amaçlayan bir araçtır. Topraklama sayesinde bakır iletkene gelen yıldırım etkisiz hale getirilir.



Şekil 2.12 Ölçüm Direğinde Kullanılan Paratoner

2.1.8 Güneş Paneli ve Şarj Cihazı

Direk üzerinde bulunan veri kayıt cihazının ve haberleşme sisteminin enerjilendirilmesi 1 adet güneş paneli ve akü yardımı ile sağlanır.



Şekil 2.13 Ölçüm Direğinde Kullanılan Güneş Paneli

2.1.9 GSM Modem

Datalogger’da saklanan veriler yerel olarak notebook ya da PC’den okunabilir. Opsiyonel olarak dataloggera bağlanan bir GSM modem, bilgisayara uzak veri iletimini bir telefon hattı ile sağlar.



Şekil 2.14 Ölçüm Direğinde Kullanılan GSM Modemi

2.2 Sensörlerin Kalibrasyonları

Kalibrasyon işlemi, bilinen bir değere karşı ölçüm aletinin verdiği sonucun karşılaştırılması olarak açıklanabilir. Örnek olarak 1 kg ağırlığındaki kütleyi doğru bir şekilde tayin etmek adına, ağırlığının 1 kg olduğundan emin olduğumuz ya da standartlar tarafından açık bir şekilde tanımlanmış olan 1 kg kullanılarak kefelede karşılaştırma yapılır. Rüzgâr ölçüm sistemlerinde kullanılan ölçüm aletlerinde ise, direkt olarak kullanılabilir birimlerde ölçümler elde edilmektedir. Örnek olarak, anemometreler Hertz (saniyedeki dönüş miktarı Hz.) cinsinden çıktıları verirken, yön ölçümleri sonucu 210 tane sayıdan birini ya da direnç çıktısını verebilir. Bu çıktıların hangi değerlere karşılık geldiği sensörlerin kalibrasyonun yapılması sonucunda belirlenebilir. Bu anlamda her sensör öncelikli olarak fabrika çıkışında, ardından standartlarda belirtilen sürelerde ölçüm aldıktan sonra kalibre edilmesi gereklidir.

Anemometrelerin kalibrasyonu sırasından hava tünelleri kullanılır ve bu tünellerde bilinen rüzgâr hız değeri sensörden elde edilen çıktılar ile karşılaştırılarak, anemometrelerin verdiği Hz. birimine dönüşüm faktörleri uygulanır. Örnek olarak; hava tüneline 6,2 m/s değerindeki rüzgâr hızı için anemometrenin 3 Hz. çıktısı vermesi durumunda, anemometredeki çıktılar 2 çarpanı ile genişletilmesi ve 0,2 değeri ile ötelenmesi gerekmektedir. Bu tarz sonuçlar birden çok nokta için elde edilerek anemometre için nihai eğim ve offset değerleri elde edilmektedir. Benzer metodoloji yön, sıcaklık, basınç ve nem ölçümleri için de takip edilmektedir. Yön ölçümlerinde, sensör doğasına bağlı olarak bit ya da direnç çıktısı elde edilirken; sıcaklık, nem ve basınç ölçümlerinde ise genel olarak gerilim çıktısı elde edilmektedir. Sensörlerin kalibrasyonları sonucunda elde edilen slope ve offset değerleri veri kaydedicide yapılacak gerekli ayarlamalar sayesinde kendi değerlerine çevrilebilmektedir. Veri kaydedicide uygulanan dönüşüm aşağıda verilen denklem aracılığıyla uygulanmaktadır.

$$veri = [(kaynak\ veri \times slope) + offset]$$

Rüzgâr ölçüm istasyonlarının faaliyetleri sırasında sert doğa şartlarına maruz kalması olağandır. Bunun sonucu olarak ölçüm ekipmanlarının arıza kaydetmesi sonucu açığa çıkacaktır. İstasyonda gerçekleştirilmiş olan her bir müdahalenin detaylı olarak raporlanması da gerekmektedir. Arıza-bakım raporlamalarında istasyona yapılan müdahale açıkça belirtilmelidir. Değişen bir ölçüm sensörü varsa bunun için de ayrıca kalibrasyon belgelerinin sunulması gerekmektedir.

Kalibrasyon işlemini gerçekleştiren kurumların belli özelliklere sahip olması ve standartları yakalaması istenmektedir. IEC 61400-12-1 standardının Annex F bölümü anemometreler için gerçekleştirecek olan kalibrasyon işleminin standartlarını belirlemektedir. Bu standartlar hava tüneline teknik özelliklerinden başlayarak, kalibrasyon işlemi sonucunda yayınlanacak raporun özelliklerine kadar çeşitli noktalarda yol göstermektedir. Örnek olarak kalibrasyon işleminin başlamasından önce anemometrenin 5 dakika boyunca 10 m/s hızındaki tünelde kalması önerilmektedir. Ardından kalibrasyonun 4 m/s ve 16 m/s arasındaki değerlerde gerçekleştirilmesi aktarılmaktadır. Kalibrasyon sonucunda yayımlanacak raporda ise seri numaralarının, kalibrasyon görevlisi bilgilerinin, kalibrasyonun gerçekleştirildiği tarihin, kalibrasyonu yapılan sensöre ait resminin ve daha birçok bilginin bu rapor içeriğinde bulunması gerektiği belirtilmektedir.

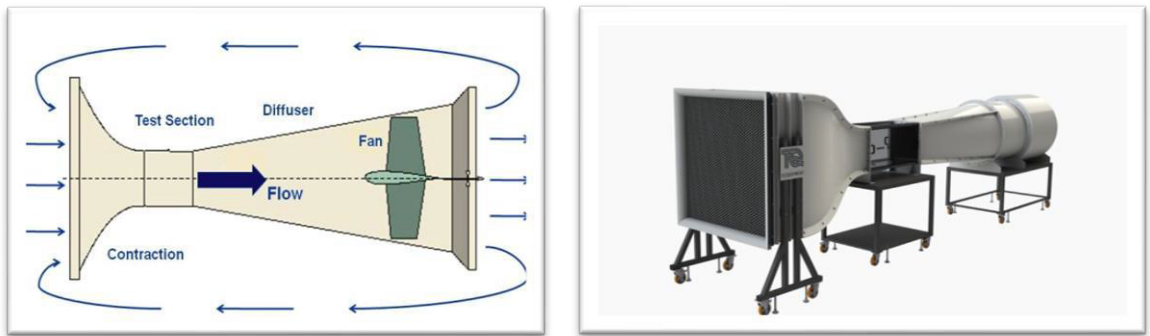
İstasyonlarda gerçekleştirilecek ölçümlerin her ne kadar belli yönetmelikler vasıtasıyla, yasal olarak minimum ölçüm süreleri belirtilmiş olsa da sahadaki rüzgâr özelliklerinde meydana gelecek yıllar arası sezonsal etkileri yakalayabilmesi adına en azından 5 yıl kadar ölçüme devam etmesi yararlı olacaktır. Bu sayede belirsizlikler daha makul seviyelerde seyredecektir. Teknik sebepler nedeniyle yeterli süre zarfı içerisinde ölçüm alamayan istasyonlar için veri tamamlama prosedürleri takip edilmeli ve güvenilir uzun dönem veri kaynakları kullanılarak uyumu kontrol edilmelidir. Bu tarz durumlarda ise ölçümün tasvir yeteneği azalacağından belirsizliklerde artış gözlemlenme ihtimali yüksektir.

Avrupa'da birçok laboratuvarında anemometre kalibrasyonu bulunmaktadır. MEASNET (MEASuring NETwork Institutes of European) 7 Kasım 1996 tarihinde 3 üye ile kurulan ve Avrupa'daki rüzgâr ölçüm ve diğer teknik konularda danışmanlık yapan enstitüleri kapsayan bir akreditasyon enstitüsüdür. Üye kuruluşlar, uzman grup çalışmaları ile rüzgâr endüstrisi için anemometre kalibrasyonu, güç kalitesi ve performansı, gürültü emisyonu ve saha değerlendirmesi başlıkları altında standardizasyon çalışmaları yapmaktadırlar. MEASNET, şu anda 18 üyeye sahiptir. Uluslararası banka ve kreditorler, MEASNET tarafından ortaya konan prosedürlere göre yapılan kalibrasyon ve diğer mühendislik hizmetlerini özellikle tercih etmektedirler.

2.2.1 Anemometre Kalibrasyonu İçin Gerekli Şartlar

Anemometre kalibrasyonu için aşağıdaki malzemelerin kullanılması zorunludur:

1. Rüzgâr tüneli,
2. Kullanılan bütün ölçüm cihazlarının kalibrasyonlarının olması,
3. ISO 3966 standartlarına uygun pitot tüpleri,
4. Her kalibrasyon öncesi kullanılan bütün cihazların hazırlanarak bunun için ilgili enstitüde kullanılan referans anemometre ile test edilmesi,
5. Akış kalite ölçümünün yapılması,
6. Kalibrasyonun birkaç kez denemesi.



Şekil 2.15 Rüzgâr Tüneli

2.3 Rüzgâr Ölçüm İstasyonu Seçimi

2.3.1 Rüzgâr Ölçüm Sistemleri

Rüzgâr ölçüm istasyonu kurulumu veya meteorolojik rüzgâr ölçüm direkleri, (met direk-ler) rüzgâr enerjisi ile ilgili özelliklerin sürekli ölçümü için en uygun platformu sunar. Rüzgâr ölçüm direği kurulumu karada veya açık denizde rüzgâr çiftliğinin planlandığı yere mümkün olduğunca yakın yerlerde yapılır. Tercihen bir veya daha fazla rüzgâr ölçüm direği geliştirilen rüzgâr parkının öngörülen alanına yerleştirilir. Neredeyse tüm rüzgâr santrallerinde direk montajı, rüzgâr kaynağı özelliklerinin belirlenmesinde çok önemlidir. Bununla birlikte FGW, MEASNET ve IEC standartlarına uygun olarak güvenilir bir ölçüm periyodu sağlamak için önerilen rüzgâr ölçüm kulelerinin miktarı, arazinin karmaşıklığına ve alanın genişliğine, yani rüzgâr çiftliği için planlanan rüzgâr türbinlerinin miktarına bağlıdır.

SODAR ve LİDAR gibi uzaktan algılamadan (RSD) yararlanmak isteyen rüzgâr parkı geliştiricileri ve rüzgâr çiftliği operatörleri için, çoğu durumda, doğrulama da RSD operasyon sahasının yanına veya yakınına en az bir kısa rüzgâr ölçüm direği kurmaları gerekir. RSD cihazı, maliyetleri düşürmek veya veri güvenilirliğini artırmak ve veri belirsizliğini güvenilir bir düzeye ve kaliteye düşürmek için sigorta ve yeniden doğrulama maliyetleri hesaba katıldığında, özellikle ölçüm süresi bir yıldan uzunsa, bir kafes rüzgâr direği ölçümü yalnızca sahada bir RSD (SODAR veya LİDAR gibi) çalıştırmaya kıyasla daha ucuzdur.

2.3.1.1 Boru Tip Direkler

Borulu rüzgâr ölçüm direkleri genellikle yaklaşık 2-5 yıla kadar tasarım ömrüne sahiptir. Günümüzde rüzgâr enerjisi ile ilgili boru tip rüzgâr ölçüm direkleri çoğunlukla sadece 30 metre ile 60 metre yüksekliklerde mevcuttur. Daha yüksek direkler genellikle kafes kule yapısındadır. Çelik borulardan ve montajı zıvana ile birbirine geçme olarak imal edilirler. Bu tarz direklerin en büyük dezavantajı da ölçüm cihazlarında bir sorun olduğu zaman direk tamamen yerinden çıkartılıp cihazların sorunu giderildiği zaman yerine tekrardan monte edilmesi gerekliliğidir.



Şekil 2.16 Boru Tip Direk

2.3.1.2 Kafes Tip Direkler

Kafes tipi direkler ise yerden başlayıp basamaklı bir şekilde örülerek yapılır. En büyük avantajı da ölçüm cihazlarının tamirinde direk sökülmeden yerinde sorunun giderilebilmesidir. Tırmanma kolaylığı olduğundan ölçüm cihazlarında herhangi bir sorun tespit edildiğinde, direk yere indirilmeden gerekli müdahalenin yapılmasıdır. Ayrıca kullanılan bütün malzemeler genellikle sıcak daldırma galvaniz kaplamadır. Korozyona ve paslanmaya karşı dayanıklılık esastır.



Şekil 2.17 Kafes Tip Direk

Gerek boru tip direklerde ve gerekse de kafes tip rüzgâr ölçüm direklerinde iki önemli kısım vardır. Mekanik ve elektronik. Mekanik kısım, taban ankraj, çelik halatlar, borular, kazıklar ve diğer hırdavat malzemeler; elektronik kısım ise, anemometre, yön sensörü, veri toplayıcı, kablolar vb. gibi diğer elektronik cihazlardan oluşmaktadır.

2.3.2 Rüzgâr Ölçüm Direği Kurulumunda Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar

- 1) İstasyon, rüzgâr profilini değiştirecek engellerden uzak yerlere kurulmalıdır.
- 2) Ölçüm sensörleri kuzey – güney doğrultuda olacak şekilde yatay olarak direğe monte edilmelidir.
- 3) İstasyon, ölçüm yüksekliğine bağlı olarak direk tipi (iç içe geçmeli boru veya demir üçgen, dörtgen profil) şeklinde projelendirilmelidir.
- 4) Ölçüm direğinin yüksek rüzgâr hızlarında devrilmesini önleyecek bir bağlantı türü ile toprağa yerleştirilmelidir. Bu amaçla çelik teller kullanılması tavsiye edilmektedir.
- 5) İdeal ölçüm yüksekliği, türbin göbek yüksekliğinin en az 2/3 oranında olmalıdır. Türbin göbek yüksekliğine ve arazi yapısına göre bu yükseklik artırılabilir.
- 6) Sistemin uçuşlara engel olmaması için direk üzerine yanıp sönen kırmızı flaşör lamba ve paratoner tesisatı projelendirilmelidir.
- 7) Direk üzerine monte edilecek sistemlerin periyodik bakım, onarım ve kalibrasyonları için direklerin yatırılabilir olması sağlanmalıdır.
- 8) Sensörlerin yerlerine uygun bir şekilde monte edilip edilemediği kontrol edilmelidir.
- 9) Ölçüm direği üzerinde en az 2 adet anemometre kullanılmalıdır. Eğer 30 metre yüksekliğinde direk kullanılıyorsa, 10 metre ve 30 metrede monte edilecek biçimde en az 2 adet anemometre yerleştirilmelidir.
- 10) Ölçüm aletlerinin kabloları direk üzerine bağlanmalı, hiçbir kablo sarkık durumda olmamalıdır.

- 11) Ölçüm direğinin en üstüne yerleştirilecek anemometre, direk eksenini üzerinde ve direğin üst seviyesinden yaklaşık 1 metre yukarıya bütün yönlerde engellerden arındırılmış olarak monte edilmelidir.
- 12) Sensörler, yan kol üzerinde ölçüm direğine paralel olarak uzanan en az 30 cm uzunluğundaki bir çubuğun üzerine monte edilmelidir.
- 13) Ara ölçüm aletlerini ölçüm direğine bağlayabilmek için yan kol kullanılmalıdır. Bu yan kolların taşıdığı ölçü aletlerinin ölçüm direğine olan uzaklığı, ölçüm direğinin çapının en az 7 katı kadar olmalıdır. Uygulamalarda genellikle 1 metre olarak alınmaktadır. Bu yan kollar hâkim rüzgâr yönüne doğru monte edilmelidir.
- 14) Yön sensörü 30 metrede ve yan kol üzerinde monte edilmelidir. Eğer en üst noktadaki anemometre ile aynı seviyede monte edilecekse, anemometre ile aralarında 2 metre mesafe bulunmalıdır.
- 15) Yıldırım çubuğu anemometreden en az 50 cm mesafede olmalı ve vibrasyondan etkilenmemelidir. Anemometrenin üzerinde bir yüksekliğe sahip olmalıdır ve direk düşey eksenini ile 60° açı yapmalıdır.
- 16) Sıcaklık, basınç ve nem sensörleri 3 metre civarında monte edilmelidir.
- 17) Montajı bitmiş bir ölçüm direği yer düzlemine dik konumda olmalı ve ölçüm aletlerinin hepsi tek bir direk üzerine monte edilmelidir.
- 18) Aynı tip ve marka ölçüm aletlerinin kalibrasyon eğrileri birbirinden tamamen farklı olup biri diğerinin yerine kullanılamaz. Bu nedenle ölçüm direği üzerine monte edilmiş ölçüm sensörleri ölçüm süresince değiştirilmemelidir.

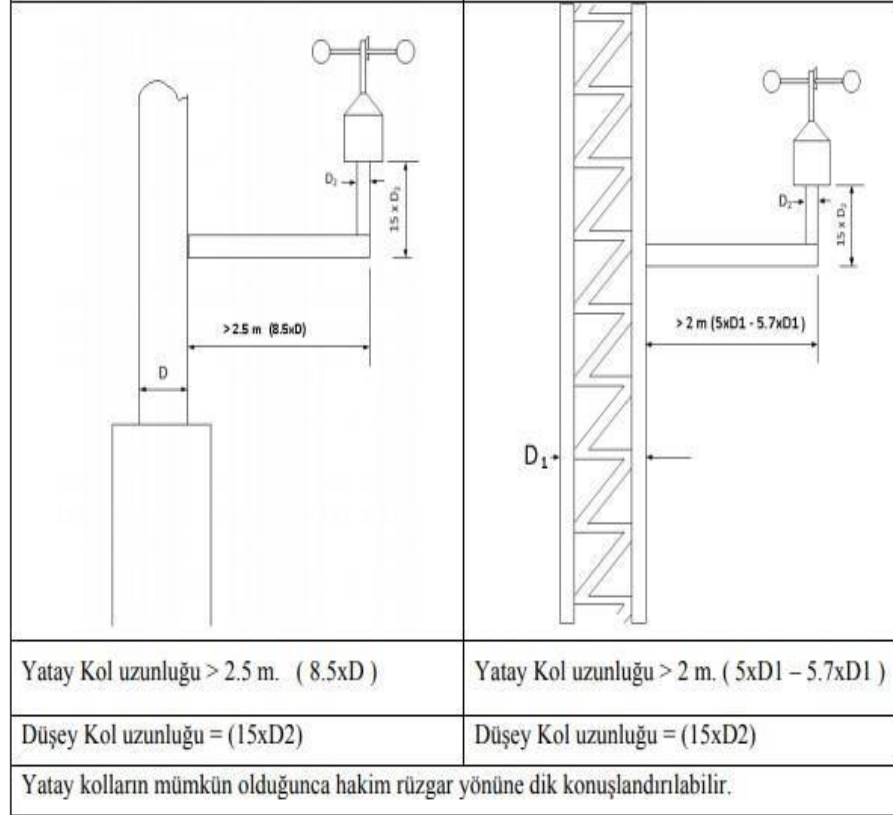
10.07.2012 tarihli ve 28349 sayılı Resmî Gazete'de yayımlanan Rüzgâr ve Güneş Enerjisine dayalı Lisans Başvuruları için yapılacak Rüzgâr ve Güneş Ölçümleri uygulamalarına dair yönetmelik doğrultusunda 2.3.3'te verilen standartların uygulanması gerekmektedir.

2.3.3 Rüzgâr Ölçüm Direği Kurulumunda Dikkat Edilmesi Gereken Hususlar (MGM Standartlarında)

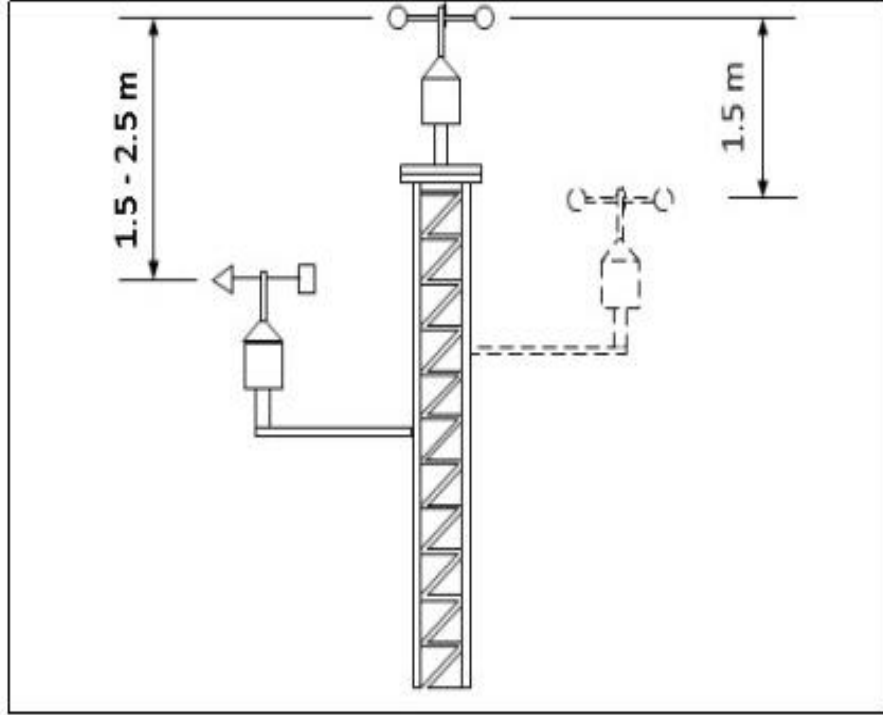
Rüzgâr Ölçüm Direği:

- 1) Rüzgâr ölçüm direği boyu en az 60 metre olmalıdır. Direk, boru veya kafes yapı şeklinde olabilir. Tüm direk, bağlantı kolları, ek malzemeleri ile gergi mekanizmaları paslanmaz malzemeden imal edilmiş olmalıdır.
- 2) Direk ve kolların dikey ve yatay konumları ile dengesini kaybetmemesi için direk, farklı yüksekliklerden yeterli sayıda gergi telleri ile zemine sabitlenir. Gergi telleri paslanmaz malzemeden imal edilmiş halat olmalı ve kışın oluşabilecek buz yüküne ve gergiye dayanmalıdır. Gergi telleri, zeminin özelliğine göre beton ankraj, kimyasal çelik dübel gibi yöntemlerle sabitlenir.
- 3) Rüzgâr ölçüm istasyonunda can ve mal emniyetine yönelik, gerekli güvenlik tedbirlerinin alınması amacıyla koruma çiti ve uyarı tabelaları konulur.
- 4) Rüzgâr direğinin hava taşıtlarına tehlike oluşturmamasını önlemek için, direğin tepesine kırmızı ışık yayan LED aydınlatmalı en az 1 adet uygun bir ikaz lambası kurulmalıdır. Rüzgâr direği, kırmızı ve beyaz olarak iki renkte boyanmalıdır.
- 5) Rüzgâr hız ve yön ölçümü ana ölçüm seviyelerinde (rüzgâr hız ölçerlerinin birincisi genelde Türkiye'de MGM standartlarında 30 metre yükseklikte olduğu sayılsa da aslında olması gereken türbin hub'ından kanat uzunluğunun en alt kısmındaki yerdir. İkincisi ise direğin en üst noktasında kurulur. Rüzgâr yön ölçerleri ise hız ölçerlerinin türbülans etkisinde kalmaması için, hız ölçerinden 1.5 ile 2 metre aşağıya kurulabilir.) yapılır.

- 6) Kullanılan direk Kafes Tipi Ölçüm Direği ise rüzgâr hız ölçerleri hâkim rüzgâr yönüne **90°** olmalıdır; Boru Tipi Ölçüm Direği ise hâkim rüzgâr yönüne **45°** olmalıdır.
- 7) Rüzgâr hız ölçerleri ve rüzgâr yön ölçerleri birebir aynı yöne bakmalıdır.
- 8) Firma isterse, daha yüksek bir direk kurarak, ara seviyelerde de ölçüm yapabilir. (Yukarıdan 20 metre aşağıda olabilir.)
- 9) Direk boru ise rüzgâr ölçerin konulduğu yükseklikteki kesit çapı “**D**”, direk kafes yapılı ise rüzgâr ölçerin konulduğu yükseklikteki kesit uzunluğu “**D1**”, rüzgâr ölçerin bağlantı kolunun çapı veya kesit uzunluğu “**D2**” ise direğe bağlanan kolların ölçüleri şekildeki gibi olabilir. (**Şekil 2.18**)
- 10) Anemometrelerden birisi direğin en üst noktasına ve direğin ekseninde kurulabilir.

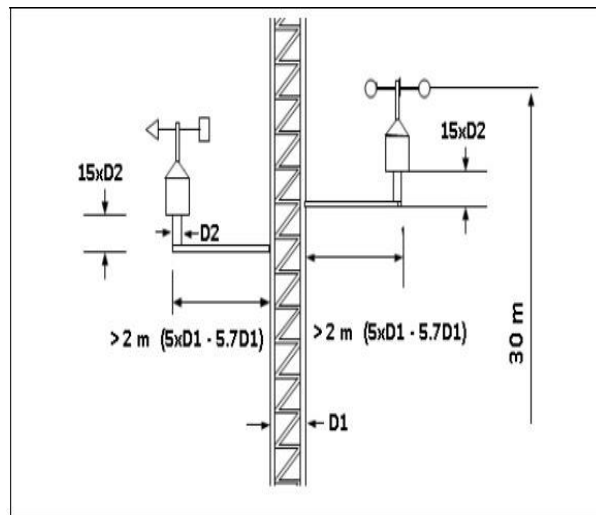


Şekil 2.18 Boru ve Kafes Tip Direk Standartları

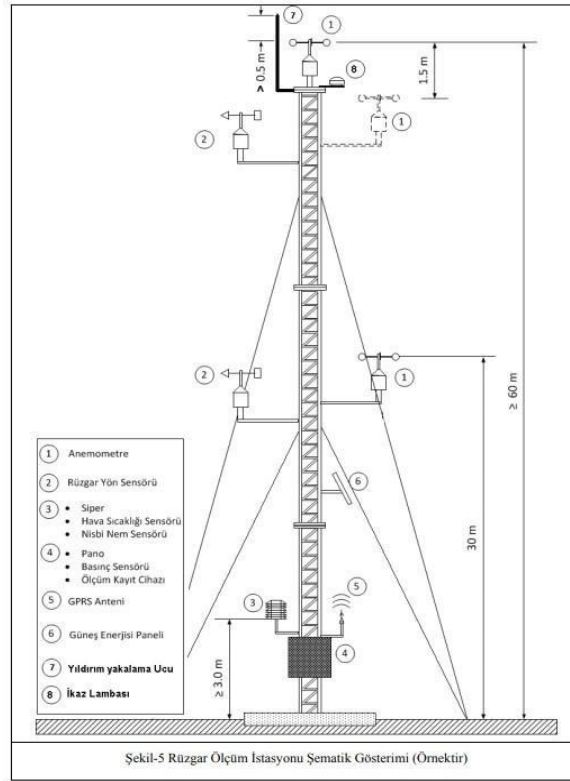


Şekil 2.19 Kafes Tip Direğin En Üst Noktasındaki Rüzgâr Ölçerler

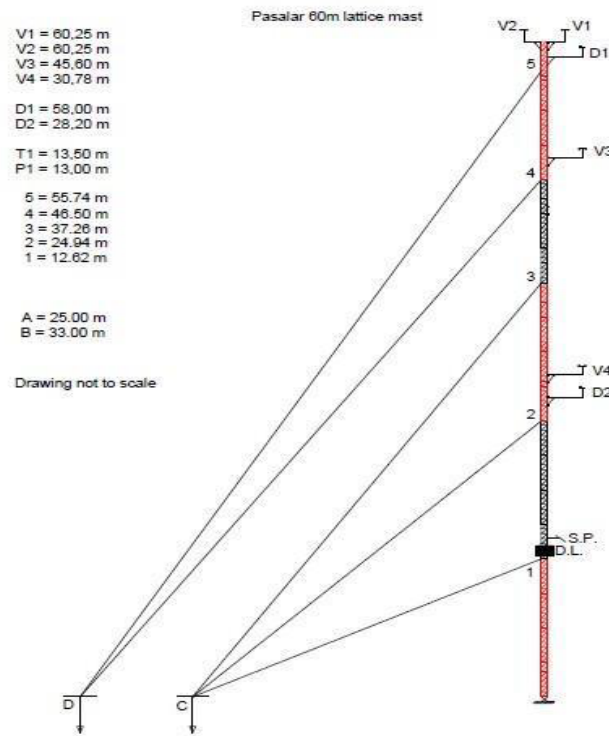
- 11) En üst seviyedeki rüzgâr hız ölçerde arıza meydana gelmesi ihtimaline karşın ikinci bir hız ölçer konulmalıdır. (2 tepede 1 altta olmak üzere minimum 3 hız ölçer olmalı)
- 12) Direk eksenini Türkiye’de 45 cm dir. Direk ekseninin 60 70 cm olması idealdir.
- 13) Anemometrelerden ikincisinin 30 metre yüksekliğe kurulması zorunludur.
- 14) Rüzgâr yön ölçer, hız ölçerinin türbülans etkisinde kalmaması için 1.5 ile 2,5 metre yukarı veya aşağı kurulabilir.
- 15) Yatay bağlantı kollarının direğe bağlantısı sağlam olmalı ve yatay durmalı, titreşim ve sallanma yapmamalıdır. Düşey kollar yatay eksene dik olacak şekilde (direğe paralel) kurulur.



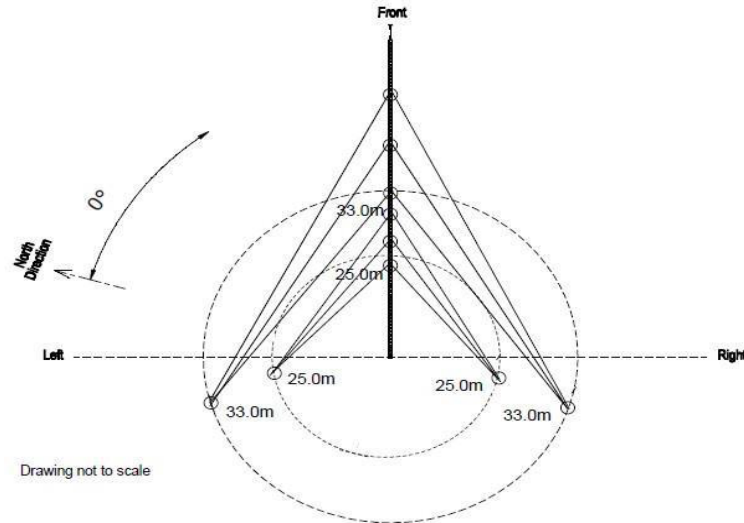
Şekil 2.20 Kafes Tip Direkte 30 Metre Yükseklikte Bulunan Rüzgâr Ölçerler



Şekil 2.21 Rüzgâr Ölçüm İstasyonu Şematik Gösterimi



Şekil 2.22 60 Metrelik Ölçüm Direği Örnek Dizayını



Şekil 2.23 Ölçüm Direği Gergi Düzeni

2.4 İstasyon Yerinin ve Ölçüm Yüksekliğinin Seçilmesi

Rüzgâr ölçüm istasyonlarının kurulacağı yerlerin belirlenmesi oldukça önemlidir. İstasyonun kurulacağı yer bölgeyi temsil etmelidir. Ölçüm direğinin çevredeki engellerle olan mesafesi, engele yüksekliğinin 10 katından az olmamalıdır. Çünkü bir nesnenin ölçüm direğine olan uzaklığı, yüksekliğinin 10 katı kadar mesafe içinde ise, bu nesne, yakın çevresel engel olarak tanımlanır. Daha uzak mesafelerdeki nesneler engel sınıfına girmez ve arazi pürüzlülüğü olarak değerlendirilir. Tepe arkalarında ve dağ eteklerinde olabilecek yer seçimleri tercih edilmemelidir. Aksi takdirde oluşacak türbülans nedeniyle ölçülecek rüzgâr hızı gerçek değerinden çok farklı olabilmektedir. Rüzgâr ölçüm istasyonunun kurulacağı yerlerde rüzgâr akışının daima laminar (düzgün akış) olması ölçüm sonuçlarını daha gerçekçi yapacaktır.

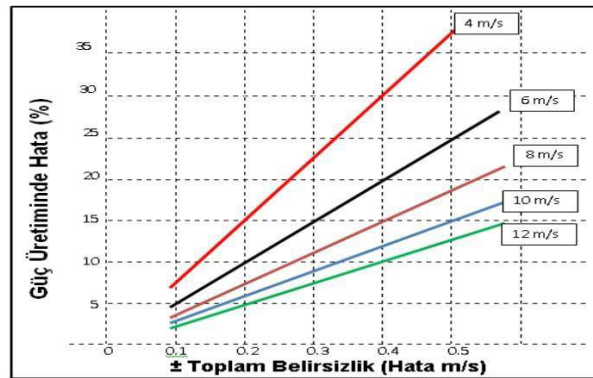
İlerleyen rüzgâr türbini teknolojileri sayesinde rüzgâr türbinlerinin kule yükseklikleri giderek artış gösteren bir yönelim içerisinde. Sonuç olarak direk yardımıyla gerçekleştirilen ölçümlerin önündeki en büyük zorluklardan biri karşımıza çıkmaktadır. Her ne kadar ideal olan, rüzgâr türbini rotor alanı içerisinde direkler yardımıyla ölçümlerin alınması olsa da finansal, zorlu sahalardaki inşaat sıkıntıları ve direğin statik özelliklerinin korunması nedeniyle bu yüksekliklerde ölçüm alınabilmesi mümkün olmayabilir. Bu nedenle ulaşılabilen en yüksek seviyedeki ölçüm noktasının alt seviyelerindeki en az iki seviyede daha ölçüm almak gerekmektedir. En az iki seviyedeki ölçüm verilerinin değerlendirilmesi yardımıyla daha üst seviyelerdeki rüzgâr niteliklerinin çıkarımı mümkün olacaktır. Bu noktada bazı limitlerin olduğu gözden kaçırılmamalıdır, ölçüm yapılan seviyeden çıkarım yapılacak seviye arasında $\frac{3}{4}$ 'ün üstünde oranın olması gerekmektedir. Örnek olarak 120 metre kule yüksekliği ve 60 metre kanat uzunluğuna sahip bir rüzgâr türbini için ideal olan ölçüm, kanat süpürme alanı içinde kalan 60 ve 180 metre seviyeleri arasındaki ölçümleri gerçekleştirmektir. Zorlu saha koşulları vb. nedenlerden dolayı bu yükseklikte istasyonun kurulması mümkün değilse, minimum 90 metre uzunluğundaki direk yardımıyla 90 ve alttaki en az iki seviyeden rüzgâr hızı niteliklerinin belirlenmesi gerekecektir.

Daha yüksek seviyelerdeki rüzgâr hızını belirleme ve zorlu sahalarda daha kolay ölçüm alabilmek için uzaktan ölçüm metotları kullanılabilmektedir. İlerleyen teknoloji yardımıyla birlikte noktasal olarak rüzgârın tasvir edilmesinden kapalı bir hacim içerisinde tasvir etmek de mümkündür. Bu yöntemde hareket eden hava parselinin içindeki parçacıklara dalga kaynağı iletilir ve bu dalgada meydana gelen değişim irdelenerek rüzgârın hız ve yönü istenilen yükseklikte tayin edilebilir.

Dalga kaynağı olarak ışık ya da ses kullanılabilir. Havadaki parçacıklardan yansıyan dalga Doppler etkisi nedeniyle frekans kaymasına maruz kalır ve frekansı değişir. Frekansta yaşanan bu değişiklik işlenerek rüzgâr hızı ve yönü tahmin edilebilir. Dalga kaynağı olarak ışık kullanan ölçüm aletleri LIDAR olarak adlandırılırken, ses kaynağını kullanan ölçüm aletleri SODAR olarak adlandırılmaktadır. Bu yöntem daha büyük ölçekte ise yerküre etrafında hareket eden yörüngelerde yapılan ölçümlerde kullanılmaktadır. Bu sayede rüzgâr özellikleri dışında yükseklik, sıcaklık, basınç, zemin örtüsü, nem vb. parametreler elde edilebilmektedir.

2.5 Rüzgâr Hız ve Yön Ölçerler:

- 1) Rüzgâr hızı ölçümü amacıyla kepçeli tip, rüzgâr enerji projeleri için yaygın olarak kullanılan kendisini kanıtlamış anemometreler kullanılabilir. (Ölçüm hata oranı yüksek sensörler ile yapılan ölçümlerden elde edilecek rüzgâr verilerinden yapılacak güç hesaplarında büyük yanılgılar ortaya çıkar. **Grafik 2.1** de $\pm 0,4$ m/s doğrulukla çalışan bir anemometre ile ölçülen ortalama 6 m/s rüzgâr hızından üretililecek enerjide $\pm \%20$ hata yapılabileceği görülmektedir.)
- 2) Rüzgâr yön ölçerler **manyetik kuzey** esas alınarak kurulmalıdır. Bu kurulum, veri toplama ünitesinde (datalogger) herhangi bir düzeltme değerine ihtiyaç duymadan yapılabilir. Kurulumdan sonra pusula ile kuzey ayarı kontrol edilmeli ve dört yön testi yapılmalıdır.
- 3) Ölçüm kontrolüne esas olan 30 metrede ve direğin en üst seviyesindeki ölçümler kepçeli tip rüzgâr ölçerlerle yapılır. Kombine rüzgâr ölçer (hız ve yön bir arada), ultrasonik rüzgâr ölçer, propeller rüzgâr hız ölçer (pervane tip) kullanılmaz. Ancak, farklı seviyelerdeki ilave ölçümler için, başvuru sahibi bu sayılan tipte rüzgâr ölçerlerden kullanabilir.



Grafik 2.1 Belirsizlik Hata Grafiği

Sensör Adı	İstenilen Özellikleri	İlave Özellikler
Rüzgâr Hız Ölçer	<u>Ölçüm Aralığı:</u> 0 – 75 m/sn <u>Esik Değeri:</u> 0,5 m/sn <u>Cözünürlük:</u> 0,1 m/sn <u>Doğruluk:</u> $\pm 0,5$ m/sn (5 m/sn 'ye kadar) ± 10 % (5 m/sn 'nin üzerinde) <u>Mesafe Sabiti:</u> 2 – 5 m	
Rüzgâr Yön Ölçer	<u>Ölçüm Aralığı:</u> 0....360° <u>Cözünürlük:</u> 1° <u>Doğruluk:</u> $\pm 5^\circ$	
Hava Sıcaklığı Ölçer	<u>Ölçüm Aralığı:</u> -40°C +60°C <u>Cözünürlük:</u> 0,1°C <u>Doğruluk:</u> $\pm 0,3^\circ\text{C}$	Sensör uygun şekilde havalandırılan özel siperi içine kurulacaktır. Sıcaklık sensöründe kullanılan siper güneşlenmeden en az etkilenen bir maddeden yapılmış olmalıdır.
Hava Nemi Ölçer	<u>Ölçüm Aralığı:</u> %0.....%100 <u>Cözünürlük:</u> %1 <u>Doğruluk:</u> %3	Sensör uygun şekilde havalandırılan özel siperi içine kurulacaktır. Nem sensöründe kullanılan siper güneşlenmeden en az etkilenen bir maddeden yapılmış olmalıdır.
Basınç Ölçer	<u>Ölçüm Aralığı:</u> 750.....1050 hPa <u>Cözünürlük:</u> 0.5 hPa <u>Doğruluk:</u> ± 1.0 hPa (Tam Ölçüm Aralığında) <u>Kararlılık:</u> ± 0.5 hPa / yıl	
Not: Başvuru sahibi; Basınç, sıcaklık, nem, rüzgâr hızı ve rüzgâr yönü sensörlerine ait güncel (öngörülen ölçüm periyodunun bir bölümünü veya tamamını kapsayan) kalibrasyon sertifikalarını kurulum kontrolünde verir.		

Tablo 2.1 Rüzgâr Ölçüm İstasyonunda Kullanılacak Sensörlerin Asgari Özellikleri

2.6 Topraklama ve Yıldırımdan Koruma:

1) Ölçüm istasyonunun yıldırımdan ve ani voltaj dalgalanmalarından korunması için etkin bir yıldırımdan korunma ve topraklama sistemi kurulur. Önerilen yıldırımdan korunma ve topraklama sistemi aşağıda tanımlanmıştır:

a) Direğin en üst seviyesindeki anemometreden en az 50 cm yukarı çıkacak ve anemometreyi 60° açıyla koruyabilecek uzunlukta (2 – 2,5 metre) som bakır yıldırım yakalama çubuğu kullanılabilir.

b) Bu yakalama ucu, direğe mekanik olarak sabitlenmiş iniş iletkeni ile yere çakılacak en az iki adet topraklama çubuğuna bağlanabilir ve topraklama direnci en fazla 10 Ω olacak şekilde topraklama yapılabilir.

c) Tüm topraklamalar aynı noktaya bağlanılarak eş potansiyel sağlanabilir.

d) Topraklama iniş iletkeni boğum veya sarkık görüntü yaratmayacak şekilde direğe mekanik olarak 2 metre aralıkla sabitlenir.

2.7 Veri Kayıpları Sebepleri

- Ölçüm Direğine Yıldırım Düşmesi
- Ölçüm Direği Güneş Enerji Panelinin Hasar Görmesi
- İstasyondaki Akülerin Boşalması
- GSM Modemin Bozulması
- Yön ve Hız Sensörlerinin Arızalanması
- Buzlanmaya Bağlı Sensörlerin Donması

2.7.1 Veri Kayıplarının Giderilmesi

Eksik veri tamamlamada kullanılacak referans meteoroloji istasyonu, MGM'nin internet sitesinde yayınlanan meteoroloji istasyonlarından alanı en iyi temsil eden, yakın bir veya birkaç istasyondan seçilebilir. Ayrıca aynı ölçüm sahasında aynı firma tarafından kurulan birden fazla istasyon olması durumunda bu istasyonların verileri birbirlerinin veri kayıplarını tamamlamak için de kullanılabilir.

2.8 Ülkemizde Rüzgâr Ölçüm İstasyonu Kurulumu İçin Yapılması Gereken Hususlar

Resmî Gazete'de yayımlanan Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği kapsamında yapılacak rüzgâr ve güneş ölçümlerinin yapılmasına ve değerlendirilmesine ilişkin usul ve esasları belirlemek amacıyla düzenlenmiştir.

Amaç ve Kapsam: Rüzgâr ve Güneş enerjisine dayalı üretim tesisi kurmak amacıyla yapılan lisans başvurularında kaynak bazında standardına uygun ölçüm yapılmasına ilişkin usul ve esasları kapsar.

Rüzgâr Ölçümüne İlişkin Yükümlülük

Rüzgâr enerji santrali (RES) kurulacak sahada en az bir yıllık rüzgâr ölçümü yapılması zorunludur. Lisans başvurusu için EPDK'ya:

“**EK-1:** Rüzgâr Ölçüm İstasyonu Kurulum Raporu” ve “**EK-2:** Rüzgâr Ölçüm Sonuç Raporu” sunulur. Ölçüm sahası ile ilgili izinler başvuru sahibi tarafından alınır ve başvuru sırasında **MGM**'ye sunulur.

Rüzgâr Ölçüm İstasyonu Yapısı Verileri:

Ölçüm verileri üzerinde bir değişiklik yapılmadan MGM'ye iletilir. Veri iletimi MGM tarafından belirlenen e-posta veya terminale otomatik olarak gönderme ile sağlanır. Kaydedilen veriler belirli zaman aralıklarında veya ölçüm süresinin sonunda MGM'ye elektronik ortamda sunulur.

Rüzgâr Ölçümlerine Başlama

EK-1: Rüzgâr Ölçüm İstasyonu Kurulum Raporu MGM tarafından onaylandıktan sonra rüzgâr ölçümleri başlar.

Rüzgâr Ölçüm Süresi

- Rüzgâr ölçüm istasyonunda en az bir yıllık ölçüm yapılması zorunludur.
- %20 'den fazla veri kaybı olamaz. Veri kaybı %20 'ye kadar olan durumlarda, mevcut
- ölçüm verileri veya **MGM** tarafından belirlenecek meteoroloji istasyonlarının verilerinden faydalanarak istatistik yöntemler kullanılarak eksik veriler tamamlanır.
- Hatalı ölçüm verileri için de %20 'lik kayıp veri sınırında kalmak kaydıyla istatistik yöntemler kullanılarak hatalı veriler tamamlanır.

Rüzgâr Ölçüm Verilerinin Kayıt Yapısı

Rüzgâr hızı için ortalama, standart sapma, minimum ve maksimum; rüzgâr yönü için ortalama ve standart sapma, diğer parametreler için ise ortalama, minimum ve maksimum bir veya on dakikalık aralıklarla kaydedilir. Örnek Başvuru ve Sonuç Rapor Formatı aşağıdaki gibidir.

Kurulum Raporu Formatı:

EK-A

ÖLÇÜM İSTASYONU KURULUM RAPORU İÇİN BAŞVURU FORMU

İstasyon No				
(MGM tarafından doldurulacaktır)				
Başvuru sahibi tüzel kişi				
Ölçüm İstasyonu		[] Rüzgâr [] Güneş		
İstasyonun Yeri	İli			
	İlçesi			
	Mevkii			
UTM Koordinatı (6 derece – ED 50 Datum)		Doğu	Kuzey	
		XX XXXX	YY YY YYY	
İstasyonda Kullanılan Cihazlar				
Cihaz	Üretici Firma / Marka	Tipi / Modeli	Seri No	Ölçüm Yüksekliği (m)
.....				
.....				
.....				

EKLER:

- 1) İstasyonda kullanılan cihazlara ilişkin belgeler (katalog, broşür, kalibrasyon sertifikası vb.)
- 2) Sahaya esas ölçüm izninin aslının veya noter onaylı suretinin fotokopisi
- 3) Başvuru ücretinin yatırıldığına ilişkin makbuzun aslı veya fotokopisi
- 4) Başvuru belgesi ve eklerini elektronik ortamda içeren CD veya DVD

BAŞVURU SAHİBİ

İmza	Kaşe
Tarih	

Sonuç Raporu Formatı:**EK-B****ÖLÇÜM İSTASYONU ÖLÇÜM SONUÇ RAPORU BAŞVURU FORMU**

Başvuru Sahibi Tüzel Kişi			
Ölçüme Başlama Tarihi			
Ölçüm Bitiş Tarihi			
Ölçüm İstasyonu UTM Koordinatı (6 derece – ED 50 Datum)		E	N
YILLIK ORTALAMA RÜZGÂR HIZI (m/s)			
... metre	... m/s		
HAKİM RÜZGÂR YÖNÜ-			

*Bu rapor, yüzde 20 üzeri veri kaybı gerçekleşmeden hazırlanmıştır.

HAZIRLAYAN	ONAYLAYAN



BÖLÜM-3

PROJE GELİŞTİRME SÜRECİ VE RÜZGÂR ENERJİ SAHASI BELİRLEME

BÖLÜM-3

PROJE GELİŞTİRME SÜRECİ VE RÜZGÂR ENERJİ SAHASI BELİRLEME

3.1 Yer Seçimi Yapılan ve Ölçüm Periyodu Tamamlanan Verilerin Değerlendirilmesi

1 yıllık verilerin toplanmasının ardından **MGM**'den alınan ölçüm sonuç raporu ile Enerji Piyasaları Düzenleme Kurumu'na **EPDK**'nın istediği belgelerle müracaat edilecektir. Bu müracaata gitmeden önce santral kaç MW olacak, yatırım maliyeti ne olacak, türbin modelleri, **ENH** uzunluğu, kamulaştırma maliyetleri, arazi kiralama bedelleri, imar planı süreçleri hakkında toplanan verilerin değerlendirilmesi, bu süreçte hazırlanan fizibilite ve modelleme sonucunda yapılacaktır.

3.1.1 Veri Analizi

Aşağıdaki rüzgâr analizinde dikkat edilmesi gereken noktalar ve belirsizlik analizi ile ilgili notlar verilmiştir. İdeal olarak bir sahada enerji tahmini yapabilmek için en az 10 yıllık bir rüzgâr hızı ve yönü verisi gerekir. Bu oldukça zaman alıcı ve yatırım açısından çok da yapılabilir olmadığı için bu genellikle uygulanan bir yöntem değildir. Bunun yerine **MCP (measure-correlate-predict)** metodolojisi kullanılabilir.

MCP yöntemi rüzgâr verilerinin **en az 1 yıl** aynı anda ölçüldüğü saha ile uzun vadeli bir rüzgâr veri setine sahip uygun bir referans istasyonunu kullanır. Rüzgâr verilerinin eş zamanlı ölçülen kısımları daha sonra iki yerdeki rüzgâr rejimleri arasında bir ilişki kurmak için kullanılır. Son olarak, korelasyon referans istasyondaki uzun vadeli verileri türbin yerinde rüzgâr rejimini elde etmek için kullanılır ve uzun vadeli bir ortalama rüzgâr hızı elde edilir. Mümkün olduğunca rotor yüksekliğine yakın rüzgâr hızı ve yönü verileri en az bir yıl süreyle kaydedilmiş olmalıdır. Rüzgâr koşullarında önemli mevsimsel değişimler olabileceğinden bir yıllık veri gereklidir.

MCP yönteminde kullanılacak referans istasyonunun karşılaması gereken çeşitli kriterler vardır. Referans istasyonu sahaya yakın olmalıdır, kaba bir biçimde basit bir yer yüzeyine sahip bir alanda 10 km'den daha yakın olmalıdır. Daha karmaşık araziler bu mesafeyi önemli ölçüde azaltabilir.

Referans istasyonu, sahadaki ile benzer bir rüzgâr rejimine sahip olmalıdır. Örneğin saha bir kıyıda ise ve günlük deniz-kara etkileri gözleniyorsa o zaman uzun vadeli referans direk için benzer bir etkinin olması önemlidir. Uzun vadede kullanılan verinin tutarlılığı çok önemlidir. İzleme ekipmanlarının maruz kaldığı etkiler göz önüne alınmalı, özellikle ölçüm döneminde herhangi bir ağaç büyümesi ya da inşaat olup olmadığına dikkat edilmelidir. Veri ölçme ve veri saklama koşullarının da tutarlı olması gerekir. Veri dönemi **5 yıldan fazla** olmalıdır ama gerçekte bundan daha kısa süreli olsa da mevcut en iyi veri setleri ile çalışmak gereklidir. Uzun vadeli referans istasyonlarının durumu ve tutarlılığı ülkeler arasında değişmektedir. Eğer uygun ulusal meteoroloji istasyonları yoksa diğer yakın rüzgâr çiftlikleri dikkate alınmalıdır. MCP ayrıca sahadaki direkler arasında da kullanılabilir. Bir direk kalıcı direk olarak inşa edilebilir ve daha sonra ikinci bir direği 6 aydan fazla zaman dönemler için farklı yerlere taşımak mümkündür.

Eş zamanlı veri dönemi için uygulanabilir çeşitli korelasyon yöntemleri vardır. Rüzgâr hızı verisi yöne bağlı ya da yönden bağımsız bazda korele edilebilir veya tüm rüzgâr hızları birlikte dikkate alınır yada yön sektörlerine göre tanımlanmış gruplara ayrılır. Veri setleri kısa ise rüzgâr korelasyon dönemine ait rüzgâr türbini uzun vadeli rüzgâr türbininden büyük ölçüde farklı olabilir.

Basit arazilerde yönsüz korelasyon sonucu daha az sapmalar görülürken karmaşık arazilerde rüzgârın yöne bağlı değişimi daha büyüktür ve yöne bağlı korelasyon gerekir. Veri setleri uzadıkça korelasyon dönemine ait rüzgâr türbinleri uzun dönem rüzgâr türbini ile benzeşecek ve böylece yöne bağlı ve yönden bağımsız korelasyon sonuçları da benzeşecektir. Korelasyon dönemi rüzgâr hızlarının basit bir ortalamasından aylık, saatlik ve 10 dakikalık ortalamalara kadar değişebilir. Hem referans sahanın hem de saha verisinin korelasyondan önce aynı süreyle ortalaması alınmalıdır.

Bir rüzgâr enerji santrali projesinin ön geliştirme evrelerinde, öncelikli olarak araştırılması gereken konu sahanın rüzgâr kaynağı ve sahanın rüzgâr kaynağı ölçümleri sonucunda elde edilen üretim değeri hesaplamalarıdır. Bu sonuçlar, hesaplamaların üzerine kurulduğu verilerin ölçüm süreçleri, ekipman kalitesi ve hesaplama metodolojisine bağlı olarak doğrudan rüzgâr hızı ve doğrudan enerji değerlerine etkileyecek şekilde belirsizlik değerleri içermektedir. Bu belirsizlik değerlerinin, kabul edilebilir seviyelere çekilebilmesi için, alınabilecek bazı önlemler vardır. Önfizibilitede türbin modellemeleri, türbin listeleri, yapılacak olan santralin büyüklüğü, kapasitesi, verimliliği, bağlantı noktası, inşaat kalemleri ve elektrik kalemlerinin ön maliyetlerinin hesaplanması kamulaştırma giderleri kiralama giderleri gibi kalemler göz önünde bulundurularak yapılır. (Bu safahatta günümüz yönetmelikleri ve yarışma koşulları göz önünde bulunduğunda bu işlerin ihale öncesinde netleşmesi gerekmektedir; çünkü yarışma esnasında ne kadarlık bir teklif yapılacağı bu safahatta belli olmaktadır.)

3.2 Rüzgâr Enerji Santrali Üretim Hesaplaması, Belirsizlik Kaynakları ve Güven Sınırları

Rüzgâr çiftliklerinden enerji çıkışını öngörmek için gereken prosedür ile birlikte belirsizliklerin analizi ve sunulması için yöntem de belirtilmiştir. Bir dizideki rüzgâr türbinleri bir diğerini etkileyeceği ve ayrıca kendilerinin yer yüzeyindeki konumundan da etkilenecekleri için tahmin edilen üretim teorik etkilenmemiş türbin üretimlerini ifade eden ideal enerji ile ilgili olarak sunulabilir. Burada ideal enerji rüzgâr rejiminin ölçüldüğü yere yerleştirilen tek bir türbinin toplam sayısı ile çarpılması sonucu bulunan sonuçtur.

Hesaplama hem rüzgâr yönü hem de rüzgâr hızının bir fonksiyonu olarak rüzgâr frekans dağılımının değişimini dikkate alır. İdeal enerjinin hesaplanmasında ve sonraki rüzgâr çiftliği hesaplamaların belirlenmesindeki temel konulardan biri, direk yüksekliğindeki rüzgâr rejimini rotor yüksekliğine uyarlarken kullanılan metottur. Rüzgâr hızının yükseklikle değişimi yüzey pürüzlülüğünün şiddetinden ve arazinin topografyasından etkilenecektir.

Bir rüzgâr çiftliğinin enerji üretimini tahmin etmek için tam hesaplama, elektrik kayıplarından, bakımdan ve planlanmamış duruşlardan kaynaklanan kayıplar ve saha topografisi nedeniyle rüzgâr hızındaki değişimleri içerir.

Bu nedenle:

$$E_{\text{çiftlik}} = E_0 \eta_{\text{dizi}} \eta_{\text{topo}} \eta_{\text{elek}} \eta_{\text{kull.}} \eta_{\text{diğer}}$$

Son terimdeki diğer kayıplar örneğin sevk, buzlanma veya kanat yüzey bozulması sonucunda oluşan verimlilik düşüşleri olabilir. Dizi ve topografik etkileri hesaplamak için hesaplama döngüleri yapılır. Her yön sektörü için, tüm türbinler üzerindeki döngüler her rüzgâr hızı için sırayla yapılır. Hesaplama rüzgâra karşı türbinle başlar ve direk ile bu nokta arasındaki ölçekleme faktörü başlamış rüzgâr hızına uygulanır. İlgili rüzgâr hızı için güç çıkışı, basınç kat sayısı ve türbülans yoğunluğu sonra belirlenir ve sonrasında iz parametreleri hesaplanır. Hesaplama daha sonra kalan türbinler için tekrarlanır.

Bir rüzgâr çiftliğinin enerji üretiminin tahmininde uzun vadede ortalama rüzgâr hızının türetilmesinde ve enerji hesaplamalarındaki belirsizlik kaynakları:

- Anemometre Kalibrasyonu
- Anemometre Aşırı Hızlanması
- MCP Yöntemi
- Rüzgâr Modelleme Analizi
- Dizi Kayıpları
- Diğer

Bunların bazıları için belirsizlik standart hata olarak hesaplanacaktır. Diğerlerinde belirsizlik tahmini gerekecektir. Rüzgâr hızı belirsizlikleri enerji üretimi üzerindeki etkilerine dönüştürmek için, enerji hassasiyeti düşük rüzgâr hızı ile enerji tahminini tekrarlayarak olur. Hassasiyet rüzgâr çiftliğine özgüdür ve sahanın rüzgâr hızı özellikleri ve türbin etkileşimlerine bağlıdır. Belirsizlik kaynakları tüm enerji verimi açısından ifade edildiğinde, normalde bağımsız süreçler oldukları varsayılarak birleştirilirler.

Anemometreden kaynaklanan tüm majör ve minör belirsizlik faktörleri göz önüne alındığında toplamda 1,5 – 7 % arasında bir belirsizlik değeri içermektedir. Standart olarak 2 – 3% arası bir değer normal olarak kabul edilebilmelidir. Bu aralığın üzerinde değerler ölçüm sisteminin yeterli kalitede olmadığına dair bir gösterge olarak kabul edilebilir.

Uzun dönem referans verisi ile korelasyondan gelen belirsizlik değerleri genel olarak 0.5 – 7 % arasında seyretmektedir. Bu değerlerin değişimi, referans data ile sahadan alınan datanın arasındaki korelasyon katsayısının ne kadar 1 değerine yakın ya da uzak olmasına bağlı olacaktır. Türbinler arası yerleşim mesafesinden kaynaklanan iz kaybı belirsizlikleri, enerji değerinin 1 – 2% si; arazi yapısının karmaşıklığı, dikey ve yatay ekstrapolasyon belirsizlikleri net enerji değerinin 0 – 10 %u genel değerleri arasında olmaktadır.

3.2.1 Rüzgâr Ölçümlerinde Muhtemel Hata Oranları ve Üretime Etkisi

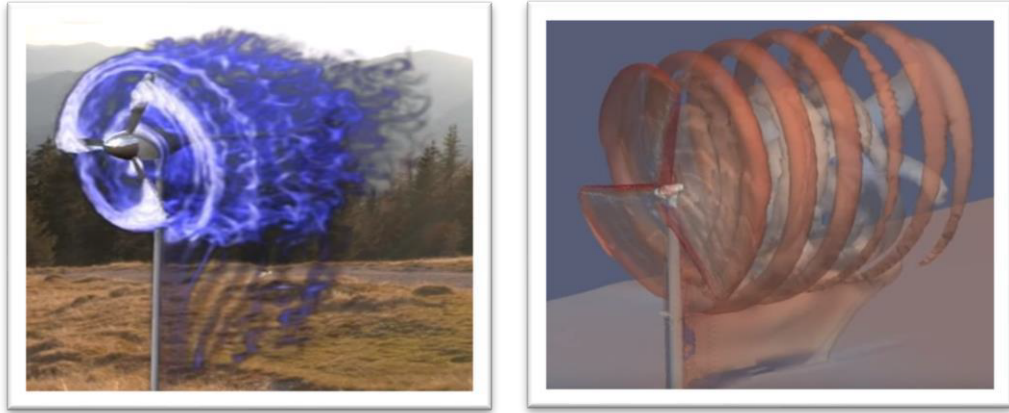
Rüzgâr ölçümleri üzerinde birçok parametrelerin etkisi görülmektedir. Ancak rüzgâr ölçüm yeri ve kurulumunun ile ölçüm cihazlarının standartlara uygun kalitede seçimi, bu hata miktarlarını asgari bir seviyeye indirilmesini mümkün kılmaktadır.

Hata Kaynağı	Hata Oranı (%)
Anemometre Kalibrasyonu	0.5 - 3
Anemometre Seçimi	0.5 - 4
Anemometre Montajı	0.2 - 3
Arazideki Ölçüm Yeri	0.5 - 5
Ölçüm Periyodu	0.3 - 3
Veri Değerlendirme	0.1 - 0.5
Korelasyon	0.5 - 5
Toplam Hata	2.6 - 20
Enerji Üretimi	3 - 25

Tablo 3.1 Hata Kaynağına Göre Hata Oranları

3.2.2 İz Etkisi

Rüzgâr türbinleri, rüzgâr enerjisinden elektrik enerjisi üretmek amacıyla kullanılmakta olup türbinden ayrılan rüzgârın taşıdığı enerji, türbine gelen rüzgârın taşıdığı enerjiden daima daha az olmalıdır. Rüzgâr türbini, her zaman rüzgâr yönünden aşağıya doğru rüzgâr perdesi oluşturur. Türbinden yavaşlayarak çıkan türbülanslı rüzgâr, bir rüzgâr kuyruğu şeklinde türbinden ayrılır. Türbin arkasında oluşan rüzgâr etkisine “**İz Etkisi**” adı verilmektedir. Rüzgâr türbininin arkasında oluşacak izi daha rahat görebilmek amacıyla türbin etrafında dolaşan havaya duman eklenmektedir. (**Şekil 3.1**) Rüzgâr izi, türbin konuşlandırılmasında önemli bir parametredir. Rüzgâr çiftliklerinde, türbinler arasında oluşabilecek aşırı türbülansı engellemek için türbinler arasında en az üç kanat çapı (**3D**) kadar mesafe bırakılmaktadır.



Şekil 3.1 Rüzgâr Türbininde İz Etkisi

3.2.3 Tünel Etkisi

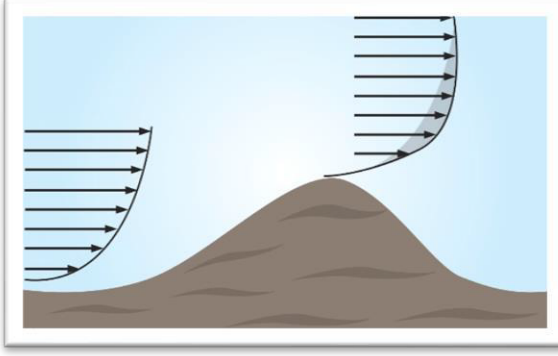
Rüzgâr, yüksek binalar arasından veya dar dağ geçitlerinden geçerken sıkışır ve rüzgârdaki bu sıkışma, rüzgâr hızının önemli derecede artmasına sebep olur. Bu etkiye tünel etkisi denilmektedir. Rüzgâr, açık alanda 6 m/s hızla eserken; doğal tünelde (dağlar arasında) 9 m/s hızla esebilmektedir. Rüzgâr enerjisinin değişkenlerinden biri olan rüzgâr hızının, rüzgâr enerjisini kübik olarak arttırdığı düşünüldüğünde tünel etkisinden yararlanmak, rüzgâr türbininin verimini arttıracaktır. İyi bir tünel etkisi elde edebilmek için tünelin peyzaj içine en uygun olan düz alanların seçilmesi gereklidir. Tepeler çok engebeli ve sert olduğunda bu alanda türbülanslar rüzgâr hızındaki artışın avantajını ortadan kaldırabilir. Bu nedenle türbin kurulmadan önce, alanda rüzgâr parametreleri (rüzgâr hızı, rüzgâr yönü vb.) ölçülerek türbin kurulacak alan doğru belirlenmelidir.



Şekil 3.2 Tünel Etkisi

3.2.4 Tepe Etkisi

Rüzgâr türbinleri yerleştirmede sıklıkla uygulanan bir yöntem de türbini tepenin ya da sırtların üstüne yerleştirmektir. Özellikle rüzgârın hâkim yönünde geniş alanlar varsa bu yerleşim daha avantajlıdır. Tepelerde rüzgâr hızı yere göre daha fazladır. Rüzgâr, rüzgâr türbini kanadından geçerken çok düzensizdir. Eğer alan çok dik veya engebeli ise türbülans da göz önünde bulundurulmalıdır. Rüzgâr türbinlerinde oluşan türbülans, türbin verimini ciddi oranda düşürebilmektedir. Ayrıca türbülans, türbinin bakım ve onarım maliyetlerini etkileyerek türbinin öngörülen sürede hizmet verememesine de sebep olabilir. Yapılan araştırmalarda yamaç eğimi 40° 'den az olan ve pürüzsüz tepelerin rüzgâr enerjisi üretmek için ideal yerler olduğu tespit edilmiştir. Ancak yamaçlar, türbülans oluşturacak şekilde pürüzlü ve engebeli ise yamaç eğimi 20° 'den az olsa bile enerji üretimini olumsuz etkileyebilecek türbülansa sebebiyet verebilir.



Şekil 3.3

İdeal Bir Tepe Üzerinde Rüzgâr Alan

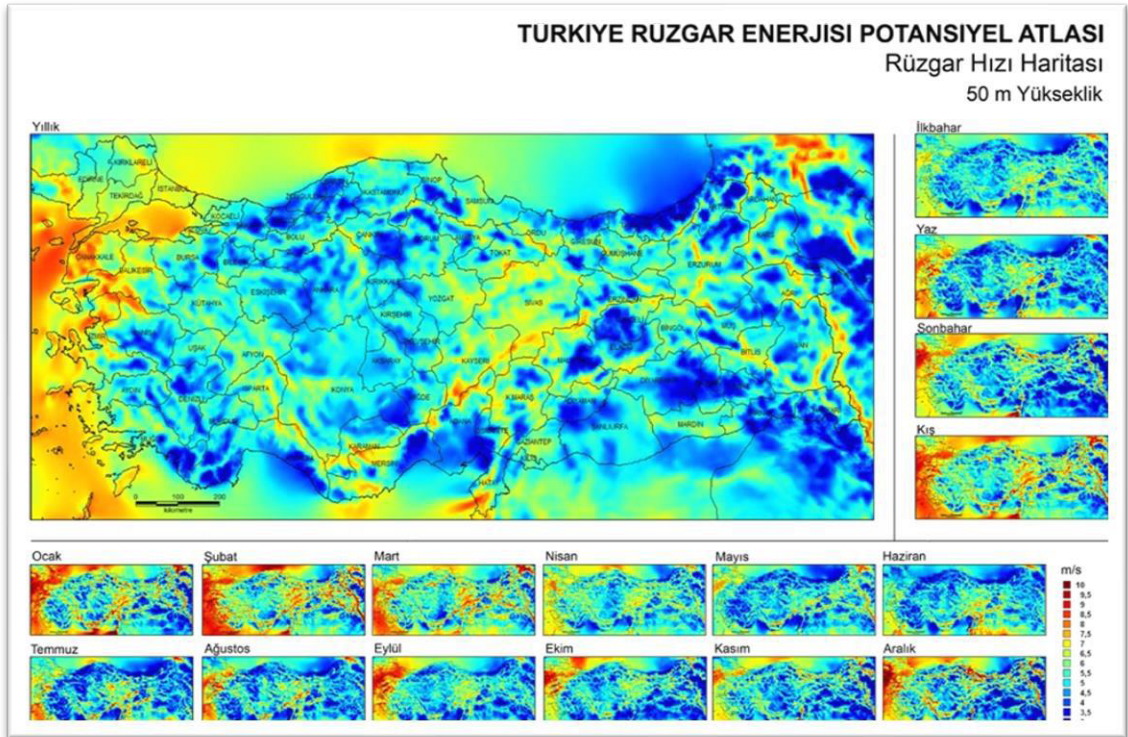


Şekil 3.4

Yamaç ve Zirvedeki Akışın Rüzgâr Profilleri

3.3 Saha Seçimi

Yukarıda belirtilen kriterler doğrultusunda ölçüm direği aşağıda bahsedilecek olan kural- lar ve yönetmelikler dâhilinde yer seçimi yapılarak montajı yapılacaktır. Rüzgâr elektrik san- talinin kurulacağı bölgede **en az 1 yıl** ölçüm yapılmalıdır. Herhangi bir bölgeye rüzgâr ölçüm direği dikilmeden önce arazi belirlemede dikkat edilmesi gereken bazı kriterler bulunmaktadır. Rüzgâr elektrik santral yatırımının temeli, bu noktada yatmaktadır. Bu amaçla rüzgâr potansi- yelinin yüksek olduğu bölgelerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu aşamada ilk yapılması gere- ken rüzgâr potansiyelinin yüksek olduğu bölgelerin yaklaşık olarak değerlendirilerek detaylı incelemeye tabi tutulması için planlama yapmaktır. Tahmini rüzgâr hızlarının yüksek olduğu bölgelerin belirlenmesi amacı ile başvurulacak ilk kaynaklar ise, o ülke için hazırlanmış rüzgâr atlası, bilimsel tezler, meteoroloji istasyon verileri veya konu ile ilgili diğer kurumların yapmış olduğu rüzgâr ölçümleridir.



Şekil 3.5 Türkiye Rüzgâr Atlası

3.3.1 Saha Araştırmaları

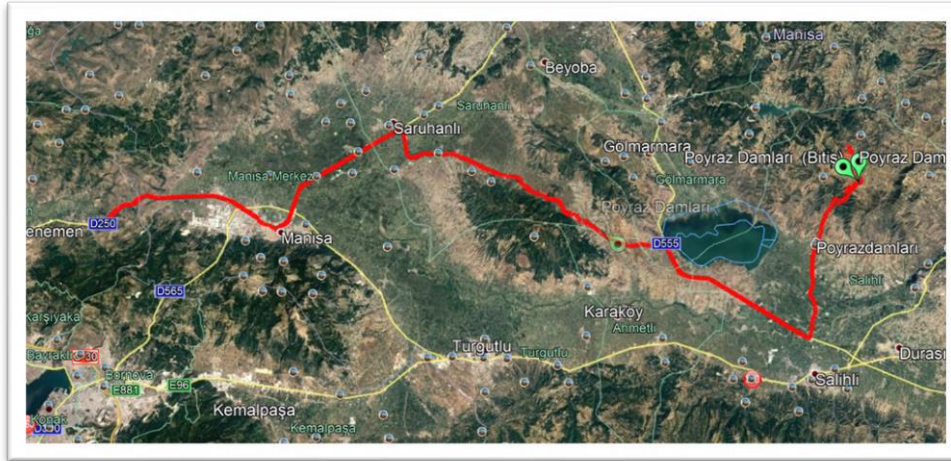
Rüzgâr enerji santrali kurulması planlanan arazide yapılacak ölçümler için aday sahalar belirlenir ve bu sahalarda detaylı araştırmalar yapmak için hazırlıklara başlanmalıdır.

3.3.2 Saha Gezileri

Potansiyel sahalar belirlendikten sonra, sahaya keşif gezileri yapılmalıdır. Yapılan teknik keşiflerde yöre ahalisinden, köylülerden, çobanlardan, orman işletme şefliklerinden ve avcılardan bilgi alınabilir. Yöre halkının gözlemleri, yel değirmenleri veya eski yel değirmeni kalıntıları, rüzgâr veya yel isimlerini içeren bölgeler (**Esentepe, Esenşehir, Yeltepe, Poyrazdamları vb. gibi**) bir nevi veri gibi kabul edilebilir.



Şekil 3.6 Örnek Saha Gezisinden



Şekil 3.7 Keşif Gezisinde Tutulan Güzergâh Bilgisi

Yörede uzun yıllardır bulunan insanlar en önemli veri kaynağıdır. Bununla beraber, doğanın kendisi de önemli bir veri kaynağı olabilmektedir. Rüzgârın bölgede bulunan ağaç, çalılık, taşlar, kayalıklar gibi doğa nesneleri üzerinde oluşturduğu etkiler de bazen çıplak göz ile görülebilmektedir. **Şekil 3.8** ve **Şekil 3.9**'da bu etkileri göstermektedir. Özellikle küçük ağaçlar üzerinde daha da iyi gözlemlenebilen bu etkiye bayraklama (**flagging**) denir.

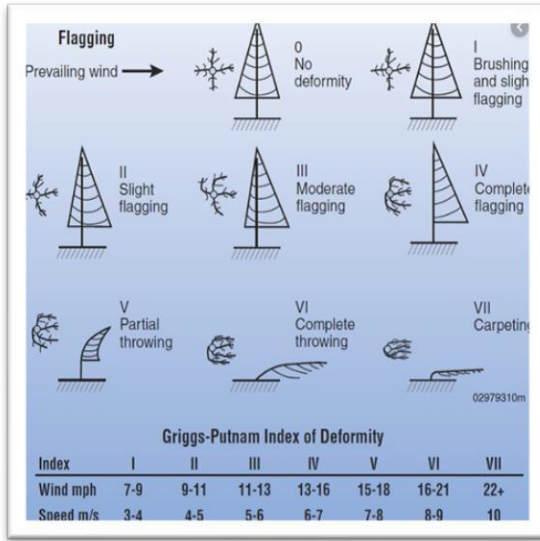


Şekil 3.8 Bayraklama



Şekil 3.9 Bayraklama

Rüzgârın ağaç ve çalılıklar üzerinde yaptığı etkileri **Griggs-Putnam** indeksi olarak bilinen bir çizelgede bulunmaktadır. Bu indekse göre rüzgârın çalılar veya ağaçlar üzerinde yaptığı etki 8 sınıfa ayrılmıştır.



Şekil 3.10 Griggs Putnam Index

Tree's distortion views	Index value	Tree's distortion views	Index value
	0 - 1		5
	2		6
	3		7
	4		

Şekil 3.11 Barsch İndeksi

Rüzgârın ağaç ve çalılıklar üzerinde yaptığı etkileri gösteren bir diğer indekste Alman bilim adamı Barsch tarafından geliştirilen “Barsch İndeksi”dir.” Bu indeks, 0 ile VI arasında toplam 7 sınıfta toplamıştır. Barsch İndeksi’nde Griggs-Putnam İndeksi’nden biraz farklı olarak ağaç deformasyonunun tanımlanmıştır ve aşağıdaki eşitlikle verilmektedir:

$$D = A/B = C/45^\circ$$

A/B oranı yani D, 1 D 5 arasındadır. D = 1 ise, herhangi bir deformasyon yoktur, dolayısıyla rüzgâr da yoktur.

3.3.3 Dikkat Edilmesi Gereken Noktalar

Bölgenin incelenmesi bir rüzgâr ölçüm direğinin dikilmesinden ibaret olarak değil; daha sonra kurulması düşünülen rüzgâr enerji santralinin kurulacağı gerçeği de dikkate alınmalıdır. Bu amaçla aşağıdaki hususlara dikkat etmek gerekmektedir:

1. Saha belirleme yöntemleri için öncelikli olarak dikkat edilmesi gereken hususların başında ofis çalışmaları ve önceden edinilmiş altlıkların incelenmesi gelir.
2. Ofis ortamında inceleme yapılan saha ve sahalar için keşif gezisi yapılmalıdır. Ofis ortamında tespit edilen verilerin sahada görülmesi ve gerekli tedbirlerin alınması için gereklidir.
3. Yapılan çalışmalar ölçümleme yapıldıktan sonra santral bölgesi için alınacak olan izinlere de önceden hazırlık alt yapısını hazırlamaktır.

➤ Mülkiyet Belirlenmesi (Orman, Özel Mülk, Hazine)

Bölgede bulunan mülk sahiplerinin bilinmesi çok önemlidir. Arazi niteliğine göre mülkiyeti özel şahıs, hazine, orman, mera gibi vassında olan taşınmazların kadastral çalışmaları tamamlandıktan sonra ilgili kayıtların tabu müdürlüğünden alınarak taşınmaz sahiplerinin belirlenmesidir.

➤ Çevredeki Diğer Enerji Santralleri Bilgileri

Yarışma öncesinde mevcut lisanslı sahaya girmemek ve türbin konumlandırmasını ona göre yapabilmek.

➤ Sahaya Ulaşım

Sahaya ulaşımın kolay olmalıdır. En azından bir servis yolu, stabilize veya toprak yolunun bile olması yeterlidir. Daha ileriki aşamalarda bölgeye tırlarla gelecek teçhizatın, vinçlerin olacağı ulaşım yolları düzenlenecektir.

➤ Trafo Merkezi ve Enerji Nakil Hatları

Rüzgâr enerji santrallerinde trafo merkezlerine yakınlık çok önemlidir. Günümüz şartlarında bağlantı onayını TEİAŞ vermektedir. (154-380 kV) Bazı durumlarda doğrudan enerji nakil hatlarına girdi-çıkı (saplama) nadir olarak izin verilmektedir. Trafo merkezi ve rüzgâr enerji santrali arasındaki uzaklığın artması proje maliyetini de etkilemektedir.

➤ Askeri Bölgeler Vor İstasyonları TEA Analizi

Ülkemizde konuyla alakalı olarak TÜBİTAK bünyesinde kurulan (RAPSİM), rüzgâr türbinlerinin, askeri ve sivil elektronik sistemlerin performansları üzerindeki etkilerini araştırması maksadıyla kurulmuştur. Önlisans alan tüm rüzgâr enerji projeleri bu kurumdan görüş alarak ilerlemektedir.

➤ Sit Alanları, Milli Parklar

Seçilecek olan sahanın milli park, SİT alanı, muhafaza ormanı vb. kısıtlamalara tabi olmaması gerekmektedir. Eğer seçilen saha bahsedilen bölgelerden birinde bulunuyorsa rüzgâr profilinin çıkarılması için dikilecek rüzgâr ölçüm direkleri için dahi ilgili kurumlardan izin alınmaz.

➤Arazinin Topografyası

Seçilecek saha kurulması planlanan rüzgâr türbinlerinin bölgeye ulaştırılması, montajının yapılabilmesi adına fazla engebeli bir lokasyonda bulunmamalıdır. Sahadaki eğimin, büyüklüğünün yeterli olması ve aynı zamanda jeolojik açıdan da imara uygun olması gerekmektedir.

➤GSM Operatörleri ve Baz İstasyonları

Seçilecek sahanın GSM operatörlerine ait baz istasyonlarına ve radyo link hatlarına yakın olmaması gerekmektedir.

➤Arazi Bitki Örtüsü ve Etkileri (Orman vs.)

➤Kuş Göç Yolları

➤Fay Hatları

➤Pürüzsüzlük Haritası

Yukarıda sayılan sebeplerden dolayı saha seçimi yapılırken çok hassas davranılmalıdır. İleriki çalışma dönemlerinde yapılacak olan **İmar Planı** çalışmaları, **ÇED** çalışmaları bu etapta verilecek olan kararlar ışığında ilerleyecektir. Baştan atılan adımların sağlam olması projenin de ilerleyişinde kolaylık sağlayacaktır.

3.4 Rüzgâr Türbini Yer Seçim Esasları Mikrokonuşlandırma (MICROSITING)

Bir veya birden fazla rüzgâr türbininden oluşan enerji üretim sistemlerine rüzgâr enerji santrali denilmektedir. Hızla gelişen endüstride rüzgâr enerji santrallerinin kurulumuna yönelik gerçekçi bir yatırım yapılabilmesi için; santralin kurulacağı bölge belirlenmeli, bölgenin ön değerlendirilmesi, rüzgâr verilerinin analizi, türbinin mikrokonuşlandırılması, türbin kurulacak alanda alt yapı çalışması, uygun türbin seçimi, enerji üretim değerlendirilmesi, ekonomik analiz ve çevre etki değerlendirilmesi yapılmalıdır. Rüzgâr türbini yer seçimi için ise, bölgedeki hâkim rüzgâr yönü belirlenerek türbinin kurulacağı alandaki ortalama rüzgâr hızının en az 6 **m/s** ve üzerinde olması gerekmektedir.

Her rüzgâr türbini rüzgârdaki enerjiyi alıp elektrik enerjisine çevirdikten sonra rüzgârı yavaşlatır. Bu sebeple, rüzgâr türbinlerinin belli aralıklarla yerleştirilmesi gerekmektedir. Rüzgâr enerji santrali kurulacak saha içinde rüzgâr türbinlerinin en fazla üretim yapabilecek şekilde optimum olarak yerleştirilmesi işlemine **mikrokonuşlandırma** denir. Mikrokonuşlandırma için rüzgâr türbinleri, tek bir hat boyunca yerleştirilebileceği gibi çift sıralı olarak da yerleştirilebilmektedir. Rüzgâr enerji santrallerinde, türbinler birbirlerinden en az yatayda 3 kanat çapı (**3D**) uzaklıkta kurulurlar. Bunun nedeni, türbinlerin akıntı yönünde yaratacağı türbülansın kaçınmaktır. Genel olarak bir rüzgâr enerji santralinde, aynı sıradaki türbinler arası en az 7 kanat çapı (**7D**), yatayda türbinler birbirlerine en az 3 kanat çapı (**3D**) mesafe ve çapraz olarak konumlandırılmalıdır (**5D**) 5 kanat olacak şekilde yerleştirilirler. Rüzgâr türbinlerinin mikrokonuşlandırılması **Şekil 3.12**'de verilmiştir. Konuşlandırmalar arazinin topografyasına hâkim rüzgâr yönüne göre değişkenlik gösterebilir. Temel kavram korunduğu takdirde yerleşimde kayıplar ve etkilenmeler en aza inecektir. Bu çalışmada, rüzgâr türbinlerinin yer seçim esasları değerlendirilerek türbinlerde iz etkisi, tünel etkisi, tepe etkisi ve türbinlerin mikro konuşlandırılması (yerleşim etkisi) analiz edilmiştir.

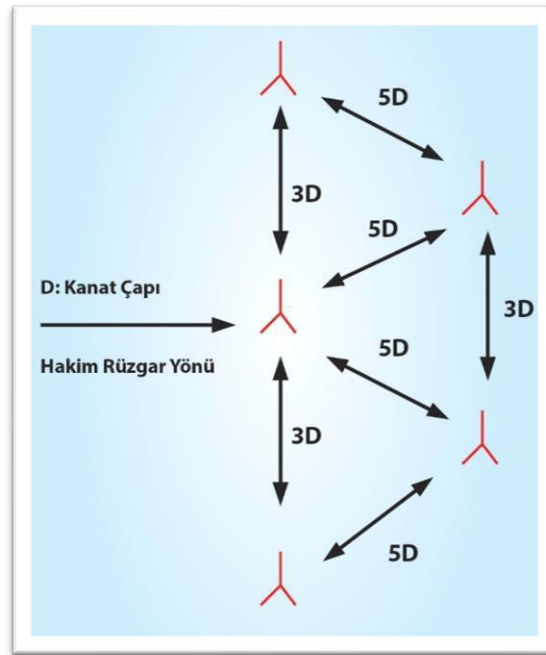
Kurulan rüzgâr türbini için diğer önemli parametre ise kapasite faktörüdür (**KF**). Kapasite faktörü, türbinin yıllık net enerji üretim miktarının türbinin maksimum güçte üretebileceği yıllık teorik enerji miktarına oranı olup birim dönüştürmesiyle aşağıda verilmiştir.

$$KF = \frac{E}{N_N \times 8760}$$

Burada, rüzgâr türbininden bir yılda üretilen enerji (GWh) ve N_N ise rüzgâr türbininin nominal gücüdür (GW). Türkiye’de rüzgâr türbinlerinin ortalama kapasite faktörü, dünyada olduğu gibi %30-35 seviyelerindedir. Rüzgâr enerji santrallerinin kapasite faktörü termik, hidroelektrik ve nükleer santrallerin kapasite faktörüne göre çok daha düşük olup bu durum **Tablo 3.2**’de verilmiştir.

Enerji Üretim Tesisleri	Kapasite Faktörü (%)
Rüzgâr Enerji Santralleri	30 – 45
Termik Santraller	65 – 85
Hidroelektrik Santraller	30 – 50
Nükleer Santraller	65 – 85
Jeotermal Santraller	70 – 90
Güneş Enerji Santralleri	10 – 20

Tablo 3.2 Enerji Santrallerinin Kapasite Faktörü



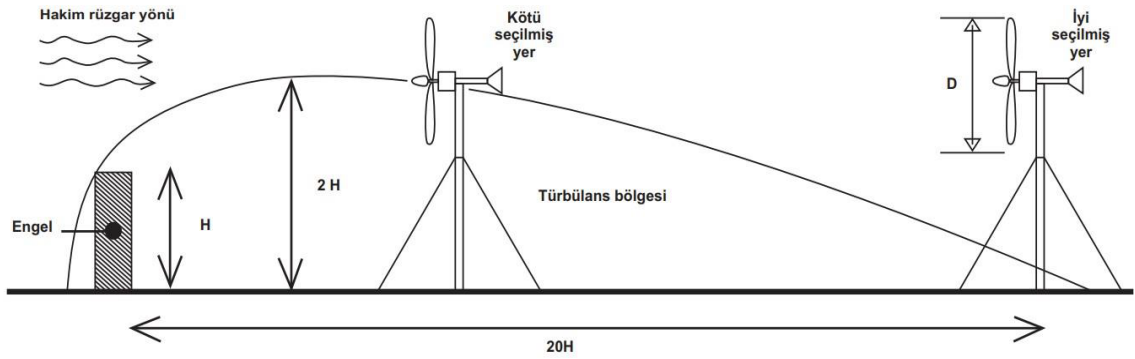
Şekil 3.12 Rüzgâr Türbinlerinin Örnek Mikro Konuşlandırılması 1



Şekil 3.13 Rüzgâr Türbinlerinin Örnek Mikro Konuşlandırılması 2

Rüzgâr türbinlerinde kanatlardan ayrılan rüzgâr enerjisi türbine gelen rüzgâr enerjisinden her zaman daha düşük olmaktadır. Bir rüzgâr türbini rüzgâr altı yönünde daima bir rüzgâr gölgelemesi yaratır.

Rüzgârın kule tarafından engellenmesiyle oluşan rüzgâr gölgelemesi, türbinin arkasında uzun bir aralıkta oldukça fazla türbülans oluşturur. Bu nedenle bir rüzgâr türbini engellerden en az iki katı yükseklikte ve engelden 20 katı uzakta bir mesafede kurulmalıdır.



Şekil 3.14 Rüzgâr Türbinlerinin Engellere Karşı Konumlandırılması

3.4.1 Micrositing için hangi verilere ihtiyaç vardır?

- Rüzgâr Verisi
- Yükselti Eğrileri
- Roughness/Pürüzlülük
- Sahanın Teknik Kapasitesi
- Sahanın Büyüklüğü ve Sınırları
- Gücü, vs.
- Sahanın Diğer Özellikleri
- Arkeolojik Sahalar
- Göçmen Kuş Yolları
- SİT Alanları, vs.
- Kullanılan her verinin aynı koordinat sisteminde gösterilmiş olması gerekir.

3.4.2 Genel Micrositing Aşamaları

- Sahanın Modellenmesi
- Yükselti Eğrileri
- Eğim Haritası
- Modellemesi
- Pürüzlülük Haritası ve Eğrileri, Bina ve Ağaç Modellemesi
- Rüzgâr verilerinin değerlendirilmesi; Verinin ayıklanması, aylık, yıllık ortalama rüzgâr hızları, temel rüzgâr yönü, türbülans yoğunluğu, buzlanma, saha rüzgâr hızının türbin üretiminde etkisi
- Sahaya Spesifik Rüzgâr Haritasının Çıkarılması
- Türbin yerleşiminde dikkat edilmesi gerekenler; eğim haritası, yükselti haritası, saha sınırları, rüzgâr atlası, türbin yük hesaplamaları, türbin arası mesafeler
- Gürültü/Ses, Gölgeleme

3.4.3 Kapasite Faktörü

Rüzgâr türbinlerinin teknik özellikleri ve teknik performansları göz önüne alındığında, türbinlerin kapasite faktörlerinin yüksek rüzgâr potansiyeline sahip bölgelerden, direkt etkilendiği görülmektedir. Bu da türbin yatırımlarının daha kısa sürede geri ödenmesine olanak sağlar. Kapasite faktörü hem üreticiler hem de kullanıcılar açısından bilinmesi gereken önemli bir performans parametresidir. Kapasite Faktörü belirli bir zaman diliminde üretilen enerjinin o zaman diliminde üretililecek maksimum enerjiye bölümüdür ve şu şekilde ifade edilir.

$$C_f = \frac{E_{out}}{E_r}$$

Formülde C_f Kapasite Faktörü, $E_r = 8760 \times Pt$ türbinin yıllık üretebileceği maksimum enerji, Pt Türbin çıkış gücü, E_{out} türbinin ürettiği gerçek enerji miktarını göstermektedir. Türkiye’de bulunan rüzgâr türbinleri için hesaplanan kapasite faktörünün %25 ve üzerinde olması yatırım için uygun görülmektedir.

3.4.4 Rüzgâr Güç Formülasyonu

Rüzgâr hareket halindeki bir hava akımı olduğundan kinetik enerjiye sahiptir. Rüzgârdan elde edilebilecek güç;

$$E = \frac{1}{2} \rho A V^3$$

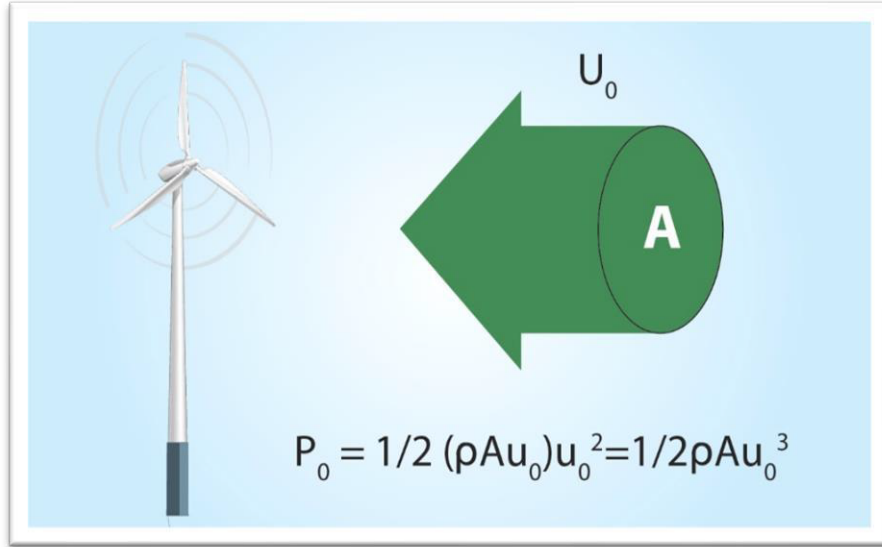
olarak bulunur. Kullanılan birimler:

$E = Watt/m^2$,

ρ : Hava yoğunluğu ($1.223 kg/m^3$),

A : Hesaplama kullanılan rüzgâr türbininin süpürme alanı (m^2),

V : Rüzgâr şiddeti (m/s).



Şekil 3.15 Rüzgârdan Enerji Üretimi

3.4.4.1 Hava Yoğunluğu

Sahamızdaki ölçümlerle elde edilebilecek basınç denkleminde de görüldüğü gibi yoğunlukla doğru, hava sıcaklığı ise ters orantılıdır. Yani soğuk hava ve yüksek basınç dönemlerinde yoğunluk artar. Bu durumun da üretim üzerinde olumlu bir etkisi olur denilebilir. Deniz seviyesinden yükseldikçe düşen hava basıncı yükseklerde kurulan **türbin**lerin daha düşük hava yoğunlukta çalışmalarına neden olur. **Rüzgâr analizleri** yapılırken de yakınlardaki bir meteoroloji istasyonundan ya da sahaya kurulan ölçüm direğinden elde edilmiş verilerle türbin noktaları için hava yoğunlukları hesaplanır. Her ne kadar hava yoğunluğu yılın belli dönemlerinde ya da günün farklı saatlerinde değişse de çalışmaların basitleştirilmesi adına tüm yılın ortalaması kullanılır. Türbinlerin de bu ortalama değer için hesaplanmış güç eğrileri analizlerde kullanılır. İdeal bir gaz için gaz eşitliği;

$$p * V = n * R * T$$

Olarak verilmektedir. Bu eşitlikte;

R: Evrensel Gaz Sabiti,

T: Kelvin Cinsinden Sıcaklık,

V: Gazın Hacmi (kg/m^3),

P: Basınç (Pascal, N/m^2),

n: Gazın Kilomoleküllerinin sayısıdır.

3.4.5 Weibull Dağılımı

Rüzgâr verilerinin analizinde kullanılan Weibull Dağılımı'nın parametreleri kullanılarak herhangi bir rüzgâr hızının frekansı konusunda hassas bir tahminde bulunmak mümkün olabilmektedir. Weibull yoğunluk fonksiyonu, rüzgârın herhangi bir hızda esme sıklığını gösteren fonksiyondur. Weibull yoğunluk fonksiyonunun elde edilebilmesi için şekil ve ölçek parametrelerinin bilinmesi gerekir. Rüzgâr hızı için, iki parametrelili Weibull olasılık yoğunluk fonksiyonunun genel ifadesi:

$$F(V) = 1 - \exp\left[-\left\{\frac{V}{c}\right\}^k\right]$$

Eşitliği ile verilir. Eşitlikteki parametreler;

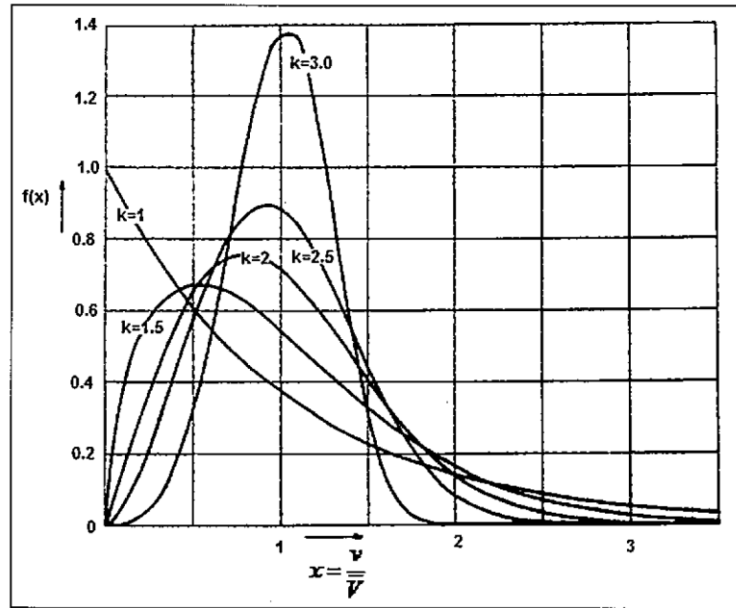
V : Rüzgâr hızı

k : Şekil faktörü

c : Ortalama rüzgâr hızına bağlı bir parametre ($V/c = 0.89$)

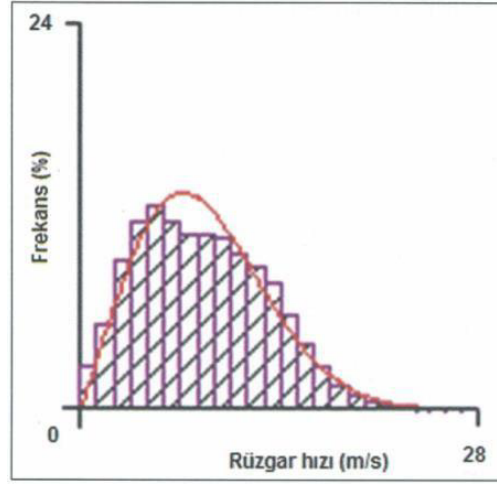
$$f(u) = \frac{k}{c} \left(\frac{u}{c}\right)^{k-1} \exp\left[-\left(\frac{u}{c}\right)^k\right]; (k > 0, u > 0, c > 1)$$

Weibull olasılık dağılımının ölçek parametresi $c=1$ ve k değerlerinin arttığı görülmektedir. Eğriler keskinleştikçe, rüzgâr hızındaki değişimlerin azaldığı anlamına gelmektedir.



Şekil 3.16 Farklı k Değerlerine Göre Weibull Dağılımı

Şekil 3.16’da da görüldüğü üzere k değerinin artışıyla birlikte k parabolünün de kolları birbirine yaklaşmaktadır. Grafik üzerinden gidilecek olursa k değeri küçüldükçe rüzgârın değişken bir profile sahip olduğu, zıt şekilde k değeri büyüdükçe rüzgârın kararlı bir yapıya sahip olduğu söylenebilir. “ k ” değerinin 2’ye eşit olduğu noktalar iklimsel rüzgarları ve 3 olduğu değerler ise sabit rüzgarları belirtmektedir. Şekil 3.16’da verilen grafikte k değerinin 1,5’a eşit olduğu nokta ise aşırı değişken rüzgarları ifade eder.



Şekil 3.17 Weibull Dağılımı

3.4.6 Rayleigh Dağılımı

Rüzgârın belli bir periyotta değişimi ve dağılımı, enerji üretimi değerlendirmeleri için çok önemlidir. Türbin tasarımcıları; türbin iyileştirmesinde ve maliyetleri en aza indirmede rüzgâr dağılımı ve değişimi ile ilgili bilgilere gerek duyarlar. Bir yerde sadece ortalama rüzgâr hızı (v) biliniyorsa; Rayleigh Dağılım fonksiyonu yardımıyla herhangi bir rüzgâr hızının (v_r), esme saati (h_r) yüzdesi bulunabilir. Bunun sonucunda ortaya çıkan rüzgâr hızları bir olasılık yoğunluğu dağılımıdır. Dağılım şematik olarak çizildiğinde bu dağılımın altında kalan alan bire eşittir. Çünkü rüzgârın sıfır dâhil herhangi bir hızda esme olasılığı %100'dür. Rayleigh yoğunluk fonksiyonu;

$$f_R(v) = \left(\frac{\pi}{2}\right) \left(\frac{v}{v_m^2}\right) \exp \left[- \left(\frac{\pi}{4}\right) \left(\frac{v}{v_m^2}\right)^2 \right]$$

Rayleigh kümülatif dağılım fonksiyonu;

$$F_R(v) = 1 - \exp \left[- \left(\frac{\pi}{4}\right) \left(\frac{v}{v_m^2}\right)^2 \right]$$

şeklindedir. Rayleigh Dağılım fonksiyonuna göre esme hızı saati;

$$h_r = \frac{\pi}{2} \frac{v_{ri}}{v_{rort}^2} \exp \left[- \left(\frac{\pi}{4}\right) \left(\frac{v_{ri}}{v_{rort}^2}\right)^2 \right]$$

olarak bulunur. Rayleigh Dağılımı'nın en büyük avantajı sadece ortalama rüzgâr hızı ile dağılımın belirlenmesidir. Rayleigh Dağılımı'nın rüzgâr çalışmalarında geçerliliği pek çok referansta gösterilmiştir.

NORDEX FİRMASINA AİT FARKLI PLATFORMLARDA VE RÜZGÂR SINIFLARINDA ÜRETİLMİŞ RÜZGÂR TÜRBİN KATALOĞU

	 	Gamma Platform	Delta Platform	Delta4000 Platform
Strong Wind	IEC Class I			N133/4.8 [HH: 83m/110m] *
Medium Wind	IEC Class II		N117/3000 N117/3600 [HH: 91m/106m/ 120m]	N131/3600 [HH: 84m/106m/ 114m/ 120m/134m]
Light Wind	IEC Class III	N117/2400 [HH: 91m/120m]	N131/3900 [HH: 84m/114m/ 120m/134m]	N149/4.0-4.5 [HH: 105m/125m/ 164m]
Local Content		- Blade: N117 - Tower: All - Anchor Cage: All	- Generator: N117/N131 - Blade: N117/N131 - Tower: All - Anchor Cage: All	- Generator: N133/N149 - Blade: N133/N149 - Tower: All - Anchor Cage: All
* The wind turbine is designed for class S in accordance with IEC 61400-1.				

Şekil 3.18 Nordex Firmasının Ürün Gamı

Görselde görüldüğü üzere farklı rüzgâr sınıflarında üretilmiş olan rüzgâr türbinlerinin tüm rüzgâr koşuluna göre tasarlandığını görebiliriz.

3.5 Sahaya Uygun Rüzgâr Türbini Seçimi ve Güç Formülasyonu

3.5.1 Rüzgâr Türbinlerinin Sınıflandırılması

Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (IEC) 1988 yılında çalışmaya başladığı ilk uluslararası standart olan “IEC 1400-1 Rüzgâr Türbini Generatör Sitemleri-Bölüm 1 Güvenlik Koşulları”nı 1994 yılında, ikinci sürümünü de 1997 yılında yayınladı. Bazı önemli değişikliklerle gözden geçirilmiş olarak ve yeni numarası IEC 64100-1 ile 1999 yılında yeniden yayınlandı. Son olarak; rüzgâr ve türbülans sınıfları ve modeller, yük durum tanımlamaları, yük analizleri, kontrol, mekanik sistem ve konum değerlendirmeleri gözden geçirilerek IEC 64100-1 standardı 2005 yılında yayınlanmıştır. Bu standarda göre günümüzde rüzgâr türbinleri tasarım ve rüzgâr koşulları açısından dört sınıfa ayrılmıştır. Sınıflar rüzgâr hızları ve türbülans verilerine göre tanımlanmıştır. Rüzgâr hız parametreleri her bir sınıf için **Tablo 3.3**'te verilmiştir. Hesaplamalarda hava yoğunluğu 1.225 kg/m^3 kabul edilmiştir.

Türbin sınıflarına bakıldığında rüzgâr hızının belirleyici olduğu görülmektedir. Sınıfı I olan türbinlerin yüksek rüzgâr hızlarına daha dayanıklı olduğu ve sınıf arttıkça yüksek rüzgâr hızlarına olan dayanımın azaldığı görülmektedir. Rüzgâr enerjisi projelerinin başarısı, rüzgâr çiftliklerinin yerleşimi ve türbin tipi seçimi rüzgâr kaynaklarına bağlıdır. **IEC 64100-1** standardının amacı, bir kurulum protokolü türbin sınıflandırma sistemi ile türbin güveligini ve konuşlanmasını sağlamaktır.

Parametreler	Sınıf I	Sınıf II	Sınıf III	Sınıf IV
Referans Rüzgâr Hızı, U_{ref} (m/s)	50	42,5	37,5	30
Yıllık Ortalama Rüzgâr Hızı, U_{ave} (m/s)	10	8,5	7,5	6
Hız, $1,44 \times U_{ref}$ (m/s)	70	59,5	52,5	42
$1,05 \times U_{ref}$ (m/s)	52,5	44,6	39,4	31,5
A I ₁₅ a	0,182	0,182	0,182	0,182
B I ₁₅ a	0,163	0,163	0,163	0,163

Tablo 3.3 Rüzgâr Türbin Sınıfları için Rüzgâr Hızı Parametreleri

3.5.2 IEC Standartlarında Seçilen Türbinlere Örnek Teknik Özellikler

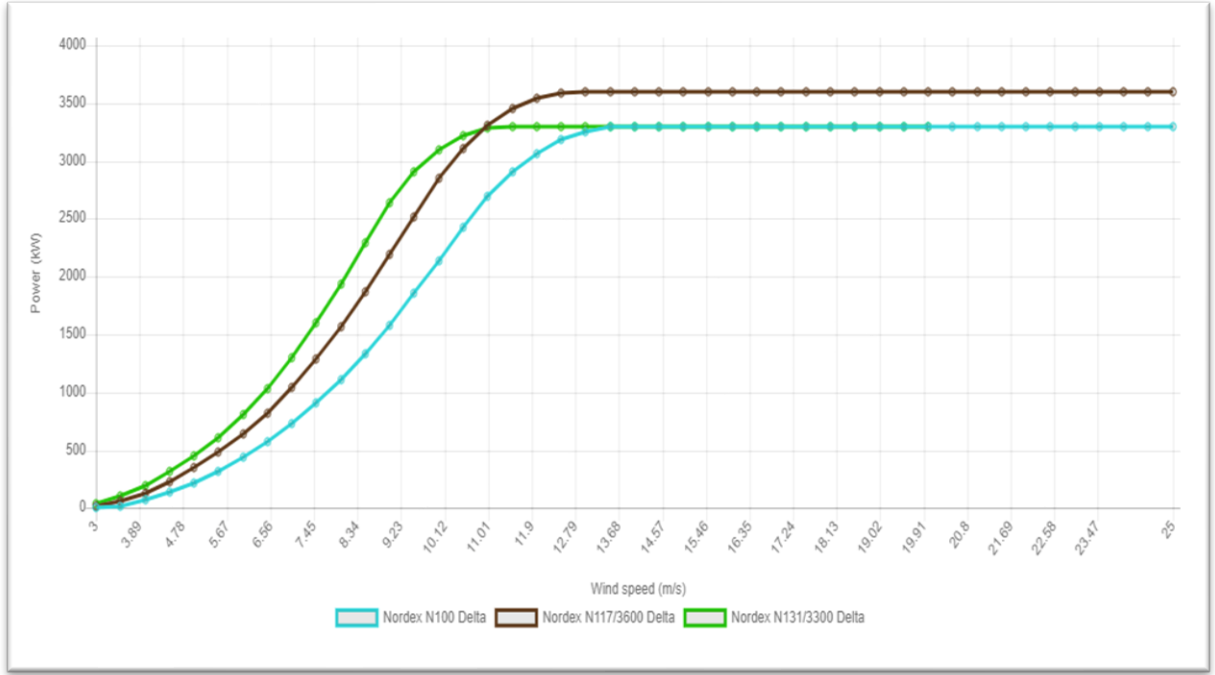
Bu çalışmada Nordex firmasının 3,3 – 3,6 MW gücünde farklı çap ve süpürme alanına sahip fakat farklı sınıfta üç farklı modeli incelenmiştir. Türbinler IEC 64100-1 standardına göre Ia, IIa, IIIa şeklinde üretici firma tarafından sınıflandırılmıştır. Türbinler üretim sınıflarına göre I, II, III sınıflarına ayrılarak her bir sınıf kendi içerisinde ve genel değerlendirme içerisinde incelenmiştir.

Türbinlere ait teknik veriler üretici firma kataloglarından elde edilmiştir. **Tablo 3.4**'de 3,3 ve 3,6 MW gücündeki türbin modelleri, sınıfları, rotor çapları, nominal hızları, devreye girme ve devreden çıkma hızları gösterilmiştir.

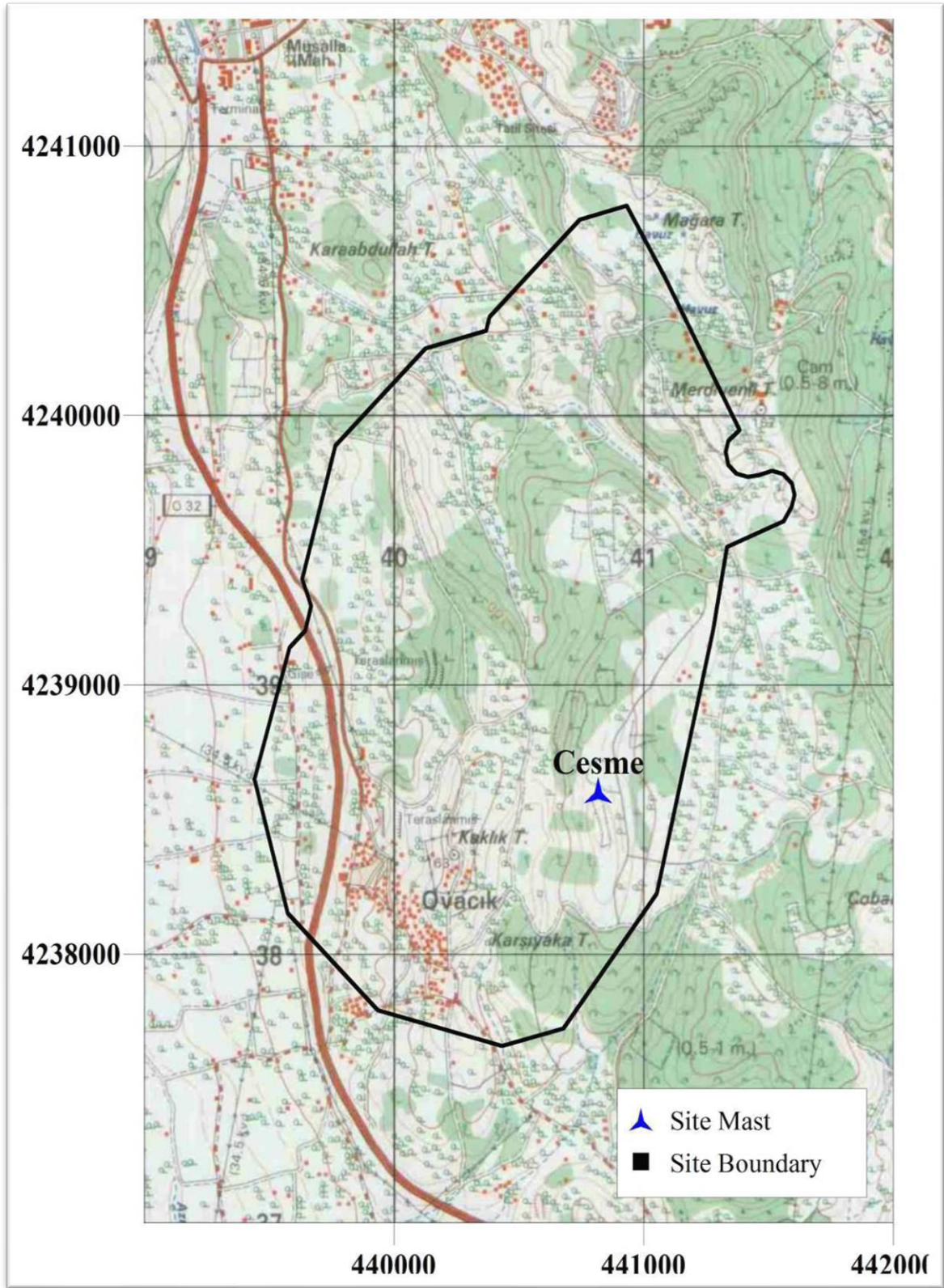
Türbin Markası	Model	Sınıfı IEC61400-1	Rotor Çapı (m)	Devreye Girme Hızı(m/ s)	Nominal Hızı(m/ s)	Devreden Çıkma Hızı (m/ s)
NORDEX	N-100/3300	1A	100	3,5	14	25
NORDEX	N-117/3600	2A	117	3	13	25
NORDEX	N-131/3300	3A	131	3	11,5	25

Tablo 3.4 Hesaplama Kullanan Türbinlerin Teknik Özellikleri

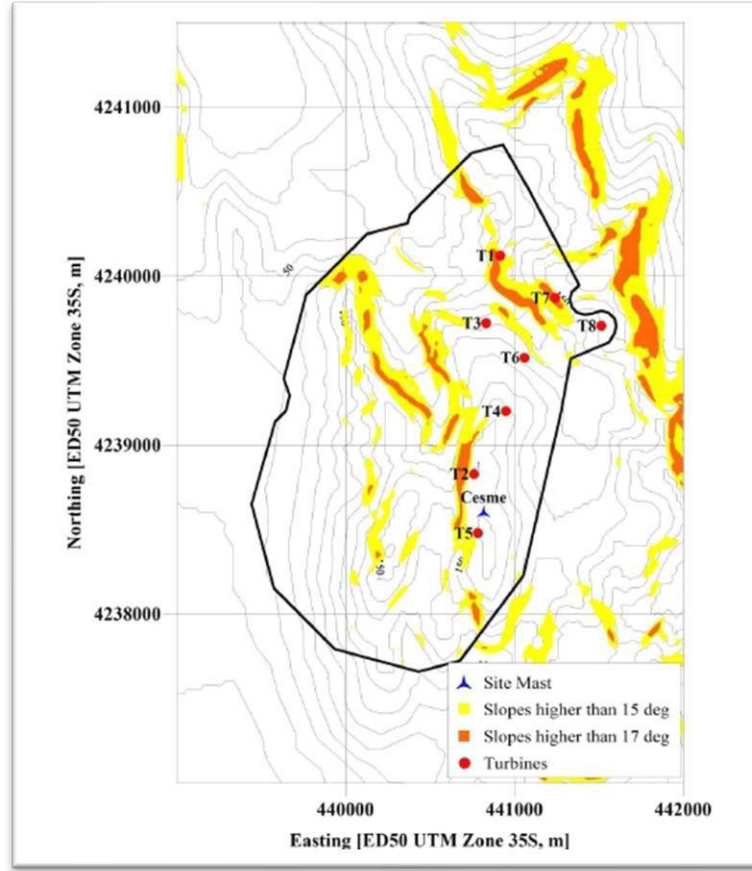
Türbinlerin sınıflarıyla diğer özellikleri karşılaştırıldığında; rotor yarıçaplarının genel olarak türbin sınıfıyla uyumlu olduğu, rotor yarıçapların 100 ve 131 metre arasında değiştiği ve buna bağlı olarak süpürme alanlarının da değiştiği, türbinlerin 3,5-4 **m/s** rüzgâr hızı aralığında devreye girdiği, nominal hızlarının 11,5-14 **m/s** rüzgâr hızları arasında değiştiği, devreden çıkma hızlarının genel olarak 25 **m/s** olduğu görülmektedir.



Şekil 3.19 Sınıfı I-II-II Olan NORDEX Marka ve Modellerine Ait Türbin Güç Eğrileri



Görsel 3.21 Proje Santral Sınırları



Görsel 3.22 Eşyükseklik Haritası

Saha Karakteristiği	Girdi Veri
<i>Yükseklik</i>	40 km X 40 km’lik alanda SRTM 90 metre verisinden türetilmiş 10 metre aralıklı eşyüksekti eğrileri
<i>Pürüzlülük</i>	Aşağıdaki kategorilere göre hazırlanmış pürüzlülük haritası
<i>Şehirler</i>	0,5metre
<i>Yoğun Ormanlar</i>	0,15 metre
<i>Küçük Yerleşimler</i>	0,3 metre
<i>Tarım Alanları</i>	0,05 metre
<i>Su</i>	0,002 metre

Tablo 3.5 Saha Kriterleri

3.6.1.1 Önerilen Türbin Konfigürasyonları

Çeşme RES sahası için önerilen türbin marka ve modellerinden bazıları aşağıda verilmiştir.

Türbin Tipi	Kurulu Güç (MW)	KuleYüksekliği (m)	Yoğunluk ($kg\ m^3$)
Nordex N117	3.0	91.0	1.175
Vestas V112	3.0	94.0	1.175
Enercon E92	2.3	85.0	1.225

Tablo 3.6 Türbin Hava Yoğunlukları

Bu analizlerde kullanılan türbin güç eğrileri, türbin üreticilerinden edinilen türbin güç eğrileriyle oluşturulmuş veri tabanından edinilmiştir. Türbinlere ait güç eğrileri **Tablo 3.7**'de verilmiştir.

Sahada yapılan ölçümlerde elde edilen sıcaklık ve basınç değerleri ile yapılan hesaplamalar ve Çeşme Meteoroloji İstasyonu uzun dönem sıcaklık verileri ve standart hava yoğunluğu azalma değerleri kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucu, ölçüm direği noktasında uzun dönem hava yoğunluğu 1.225 kg/m^3 olarak belirlenmiştir. Elde edilen türbin güç eğrileri, her bir türbin bazında IEC tavsiyeleri doğrultusunda, türbin için modellenen hava yoğunluğuna göre düzeltilmiştir.

3.6.1.2 Önerilen Türbin Yerleşim Planı

Modelleme sonucu elde edilen rüzgâr kaynağı ve Rüzgâr programları kullanılarak sahada bir türbin yerleşim planı optimizasyonu yapılmıştır. Optimizasyon esnasında, türbinlerin aşırı yüklere maruz kalmasını engellemek için türbinler 14 derece üstü eğimlere yerleştirilmemiş ve türbinler arası mesafe olarak hâkim rüzgâr yönünde **7 rotor çapı**, hâkim rüzgâr yönüne dik yönlerde ise **3 rotor çapı** mesafe bırakılmıştır.

Nordex N117 3,0 MW		Vestas V112 3,0 MW		Enercon E92 2,3 MW	
Hava Yoğunluğu	$1,175 \text{ kg/m}^3$	Hava Yoğunluğu	$1,175 \text{ kg/m}^3$	Hava Yoğunluğu	$1,225 \text{ kg/m}^3$
(m/s)	Güç (kW)	Rüzgâr Hızı (m/s)	Güç (kW)	Rüzgâr Hızı (m/s)	Güç (kW)
1	0	1	0	1	0
2	0	2	0	2	3.6
3	14	3	23	3	29.9
4	122	4	125	4	98.2
5	318	5	287	5	208.3
6	597	6	529	6	384.3
7	976	7	867	7	637
8	1469	8	1317	8	975.8
9	2038	9	1874	9	1403.6
10	2569	10	2476	10	1817.8
11	2874	11	2928	11	2088.7
12	2993	12	3056	12	2237
13	3000	13	3074	13	2300
14	3000	14	3075	14	2350
15	3000	15	3075	15	2350
16	3000	16	3075	16	2350
17	3000	17	3075	17	2350
18	3000	18	3075	18	2350
19	3000	19	3075	19	2350
20	3000	20	3075	20	2350
21	3000	21	3075	21	2350
22	3000	22	3075	22	2350
23	3000	23	3075	23	2350
24	3000	24	3075	24	2350
25	3000	25	3075	25	2350

Tablo 3.7 Power Curve Tablosu

3.6.2 Sahada Yapılan Ölçümler

3.6.2.1 Ölçüm Direği

Çeşme rüzgâr enerji santrali proje sahasındaki ölçüm kampanyası 2008 tarihinde 50 metrelik bir adet boru tipi meteorolojik ölçüm direğinin kurulması ile başlamıştır. Sahada kaydedilen ölçümler ve direk noktasına ait koordinatlar **Tablo 3.8**'de verilmiştir. Çeşme direğinde, rüzgâr verilerini kaydetmek üzere Campbell CR850 marka datalogger, 4 adet NRG 40C marka anemometre, bir adet ammonit marka anemometre, iki adet NRG 200P marka yön sensörü ve sıcaklık, nem, basınç sensörleri bulunmaktadır. Sahada yapılan ölçümlere ilişkin kurulum ve bakım raporları şirket tarafından alt yükleniciye iletilmiştir. Bu konuyla ilgili detaylı bilgi alt bölümde verilmiştir.

3.6.2.2 Çeşme Direği Sensör Konfigürasyonu

Çeşme direğinde 50 metre yükseklikte, yan kollar üzerinde konumlandırılmış iki anemometre bulunmaktadır. Anemometreler 50 metrede rüzgârın hâkim yönüne karşı gelecek şekilde 70 ve 250 derecede konumlandırılmıştır. 40 metredeki anemometre 70 derece; 30 metredeki anemometre ise 70 derecede konumlandırılmıştır. Yön sensörleri 48 ve 28 metrede 0 derecede konumlandırılmıştır.

Tower Coordinates:		EAST: 440821	NORTH: 4238605
Alt (m):		178 m	
Location		Çeşme	
Name	Model	Serial No:	Explanation:
Anemometer 1	NRG 40C	42449	50 m Angle: 70 Degree
Anemometer 2	NRG 40C	42439	50 m Angle: 250 Degree
WindVane 1	NRG 200P		37,85 m Thearm 0 Deg.
WindVane 2	NRG 200P		48 m Thearm 0 Deg.

Tablo 3.8 Çeşme Direği Lokasyon ve Konfigürasyon Bilgileri

3.6.2.3 Çeşme Direği Kalibrasyonları

Çeşme direğindeki tüm anemometreler **Wind Consult GmbH** şirketi tarafından MEAS-NET'in akredite ettiği bir tesiste kalibre edilmiştir. Tüm anemometrelere ait kalibrasyon raporları incelenmiş ve kurulum esnasında tüm kalibrasyon parametrelerinin loggera kaydedilmiş olduğu görülmüştür. Bu nedenle alt yüklenici, kaydedilen verilerde kalibrasyon parametrelerine bağlı hiçbir değişiklik yapmamıştır.

Enerji analizi için kullanılmak üzere Çeşme sahasındaki ölçümler aşağıdaki zaman aralıklarına aittir:

Çeşme Direği: 2008 –2012

Ölçüm verileri, ekipman arızası ve diğer nedenlerle etkilenen verileri tanımlamak amacıyla alt yüklenici tarafından kalite kontrol prosedürüne tabi tutulmuştur. Bu kayıtlar analizler esnasında hesaba katılmamıştır. Çeşme direğinde belirgin ve uzun dönem problem yaşanan tek sensör sıcaklık sensörü olup sıcaklık sensörüne ait verilerin %1'lik bölümü hatalı olması nedeniyle elenmiştir.

Sonuç olarak, Çeşme direğinde modelleme amacıyla kullanılan temel sensörlere ait parametreler aşağıda verilmiştir:

Parametre	Sensör	Kullanılabilir Veri Yüzdesi	Kullanılabilir Veri Periyodu
Hız	V1	%99	50 Ay
Yön	D1	%99	50 Ay

Tablo 3.9 Kullanılabilir Veri Bilgileri



Görsel 3.23 50 Metre Boru Tip Ölçüm Direği

Çeşme direğine ait sensör ve kurulum bilgileri **Tablo 3.8**'de, 50 metredeki hız sensörleri ve yön sensörlerine ait veri kullanılabilirlik yüzdesi ile ortalamalar **Tablo 3.9**'da sunulmuştur.

Month	Mean Wind Speed (m/s)		Wind Speed Data Coverage		Wind Direction Data Coverage (%)
	50 m (1.Anemo-metre)	50 m (2.Anemo-metre)	50 m (1.Anemo-metre)	50 m (2.Anemo-metre)	48 m
Apr-08	6.3	6.3	5	5	5
May-08	6.3	6.4	100	100	100
Jun-08	6.9	7.0	99	99	100
July-08	7.6	7.7	99	99	97
Aug-08	7.4	7.5	100	100	100
Sep-08	6.5	6.6	98	98	98
Oct-08	7.1	7.2	98	98	98
Nov-08	6.2	6.3	99	99	99
Dec-08	8.2	8.3	99	99	99
Jan-09	8.2	8.3	100	100	100
Feb-09	9.2	9.4	100	100	100
Mar-09	7.0	7.1	100	100	99
Apr-09	5.6	5.7	100	100	99
May-09	6.0	6.1	98	98	98
Jun-09	6.6	6.7	100	100	100
July-09	7.6	7.7	100	100	100
Aug-09	7.6	7.8	100	100	100
Sep-09	6.6	6.7	100	100	100
Oct-09	6.6	6.6	100	100	100

Tablo 3.10 Çeşme Direği 50 Metre Anemometreler ve 48 Metre Yön Ölçer Veri Kullanılabilirlik Yüzdesi ve Ortalama Rüzgâr Hızları

3.6.3 Uzun Dönem Veri

3.6.3.1 Uzun Dönem Veri Seçimi

Potansiyel bir rüzgâr enerji santrali sahasında rüzgâr rejiminin değerlendirilmesi esnasında, sahada kaydedilen verinin uzun dönem bir veri kaynağı ile korele edilerek sahada bulunan uzun dönem rüzgâr rejiminin geçmişe dönük daha uzun bir süreyi temsil etmesi amaçlanır. Çeşme projesinin analizi esnasında kullanılabilecek sahadan elde edilen uzun dönem ölçüm verisi mevcut değildir. Alt yüklenici, x firması tarafından modellenmiş, direk lokasyonundaki merra veri setini bu sahadaki uzun dönem rüzgâr kaynağını belirlerken referans veri seti olarak kullanmıştır.

Sonuç:

Uzun dönem veri seti ile Çeşme direği arasındaki korelasyon katsayısı **0.80** bulunmuştur. Bu korelasyona dayanarak alt yüklenici, **MCP metodolojisini** kullanarak Çeşme direği için 1 Ocak 1992 ile 1 Ağustos 2012 tarihlerini kapsayan bir uzun dönem veri seti oluşturmuştur. Alt yüklenici, aynı zamanda aylık rüzgâr hızı ortalamalarını korele ederek hesaplanan uzun dönem veri setinin sonuçlarının doğruluğunu test etmiştir. Sonuç olarak her iki metod ile de ölçüm verilerinin ortalama değerlerinde %8 'lik bir artış görüldüğü gözlemlenmiştir.

Alt yüklenici, mevcut veriler ile yapılan bu uzun dönem rüzgâr hızı analizinin sahadan alınan rüzgâr verisinin görece kısa süreli olması nedeniyle belirsizliklere maruz olabileceğinin değerlendirmelerde göz önünde bulundurulmasını önermektedir. Danışman, sahada daha uzun süre ile ölçüm yapılmasını takiben sahadaki uzun dönem rüzgâr karakteristiği hesaplamalarının yinelenmesini tavsiye eder.

3.6.4 Analiz Sonuçları

Çeşme sahası enerji analizi aşağıda belirtilen adımlardan oluşmaktadır: Ölçüm verileri kalite kontrole tabi tutulmuştur. Hesaplamalara girdi olarak V1 anemometresi ile D1 yön sensörünün verileri kullanılmıştır. Uzun dönem referans verisi olarak merra veri seti kullanılmış ve MCP metodolojisi uygulanarak ölçüm direği noktasında uzun dönem veri elde edilmiştir. Ölçüm verilerinin önerilen türbin kule yüksekliğine getirilmesi için ölçülen rüzgâr profili kullanılmış ve saha genelindeki rüzgâr rejimini belirlemek için Çeşme direği kule yüksekliğinde uzun dönem verisi kullanılmıştır. Modellenen rüzgâr kaynağı kullanılarak enerji üretimini maksimize ederken türbinlerin maruz kalabileceği yükleri azaltmak amacıyla bir türbin yerleşim planı optimizasyonu yapılmıştır. Çeşme projesinin enerji üretimi hesapları, wake kayıpları, topografik etkiler, emreamadelik, elektrik kayıplar hava yoğunluğu etkileri ve diğer etkiler hesaba katılarak yapılmıştır.

3.6.4.1 Direk Noktasında Uzun Dönem Rüzgâr Rejimi:

- 1. Adım:** 50 metredeki V1 anemometresinin verileri kullanılmıştır.
- 2. Adım:** Ölçülen rüzgâr hızı verisi ve ölçülen rüzgâr dikey profili uygulanarak önerilen türbin kule yüksekliğine çıkarılmıştır.
- 3. Adım:** Ölçülen ve kule yüksekliğine çıkartılan veriler, ölçüme dayalı uzun dönem veri temin edilemediğinden çeşitli reanalysis ve merra veri setleriyle karşılaştırılmıştır.

MERRA, ERA ve CFSR veri setlerinin her biri için ölçüm direği noktasına en yakın iki veri seti ile korelasyonlar karşılaştırılmıştır. Yapılan karşılaştırmalar neticesinde direk noktasında modellenmiş x şirketi veri setinin en iyi korelasyon değerlerini verdiği görülmüştür. Bulunan korelasyon katsayısı olan 0.8 her ne kadar MCP metodolojisi uygulamak için ideal sınırlar içinde değilse de alt yüklenici uzun dönem düzeltmeleri yapmak için en uygun veri seti olarak bunda karar kılmıştır.

3.6.4.2 Sahadaki Uzun Dönem Rüzgâr Rejimi

Çeşme sahası genelindeki uzun dönem rüzgâr rejimi WAsP rüzgâr akış modeli kullanılarak hesaplanmıştır.

3.6.4.3 Rüzgâr Hızının Dikey Ekstrapolasyonu

WasP tarafından hesaplanan ve ölçülen dikey rüzgâr profilleri rüzgâr hızının yükseklik ile değişimini modelleyen Power Kanunu uygulanarak karşılaştırılmıştır. Power kanunu dikey profil katsayısı aşağıdaki formülle hesaplanır.

$$\frac{\bar{U}(z_1)}{\bar{U}(z_2)} = \left(\frac{z_1 - d}{z_2 - d} \right)^\alpha$$

α : Power Kanunu rüzgâr dikey profil katsayısı,

$\bar{U}$: Ortalama rüzgâr hızı,

Z : Yer seviyesinden yükseklik

d : Akışın kaldırılma yüksekliği, ki bu durumda 0 olarak bulunmuştur.

WASP tarafından modellenen ve ölçülen dikey profil arasında farklar bulunmaktadır. Bu nedenle, alt yüklenici ölçülen profil ile ölçüm verilerinin önerilen kule yüksekliğine yükseltilmesini uygun bulmuştur.

Çeşme direğinde 91 metreye yükseltilen ölçümler neticesinde bulunan ölçüm periyoduna ve uzun döneme ait rüzgâr hızları aşağıdaki şekildedir:

Yer Seviyesinden Yüksekliği (m)	Periyot	Rüzgâr Hızı (m/s)
78	Uzun Dönem	7.6
80	Uzun Dönem	7.6
85	Uzun Dönem	7.7
91	Uzun Dönem	7.8

Tablo 3.11 Uzun Dönem Data Verisi

3.6.4.4 Rüzgâr Modellemesi

Kule yüksekliğinde bulunan uzun dönem rüzgâr hızı kullanılarak WASP modeli oluşturulmuş ve saha genelindeki kule yüksekliğinde rüzgâr modeli çıkarılmıştır.

Çeşme sahası genel olarak karmaşık topografiye sahip olarak nitelendirilebilir ancak saha genelinde eğim ve yüksekliklerin nispeten homojen dağılıyor olması nedeniyle türbin lokasyonlarındaki rüzgâr hızlarının homojen olarak nitelendirilebileceği görülmüştür.

Karmaşık topografiye sahip alanlarda alt yüklenici tüm önerilen türbin lokasyonlarının ölçüm direğinden 1 km ile 2 km arasında konumlandırılmasını önerir. Çeşme sahasında bu koşulun sağlanmadığı, türbin lokasyonları ve ölçüm direği arasındaki mesafelerin 400 metre ile 3,9 km arasında değiştiği gözlemlenmektedir. Bu nedenle elde edilen sonuçlara dikkatle yaklaşılması tavsiye edilir.

Alt yüklenici, sahada ek ölçümler yapılarak bu belirsizliklerin düşürülmesini tavsiye eder. Her bir türbin lokasyonunda modellenen uzun dönem rüzgâr hızları **Tablo 3.16**'da verilmiştir. Tüm rüzgâr santrali için uzun dönem rüzgâr hızı **Tablo 3.12**'de verildiği şekildedir.

Türbin Tipi	Kule Yüksekliği (m)	(m/s)
Nordex N117	91.0	7.60
Vestas V112	94.0	7.60
Enercon E92	85	7.40

Tablo 3.12 Kule Yüksekliğine göre Rüzgâr Hızları

Sahadan alınan rüzgâr verilerin bir adet meteorolojik ölçüm direğinden ve kısa dönem olması rüzgâr akış modellemesindeki belirsizliği yükselten faktörler olarak değerlendirilmelidir. Uzun dönem yapılacak ek ölçümler vasıtasıyla bu belirsizliğin düşürülmesi ve analizlerin revizyonu önemle tavsiye edilir.

3.6.4.5 Türbin Yerleşim Planı Optimizasyonu

Hesaplanan uzun dönem ve kule yüksekliğinde rüzgâr kaynağı kullanılarak, rüzgâr programı vasıtasıyla bir yerleşim planı optimizasyonu gerçekleştirilmiştir. Optimizasyon işlemi sırasında türbinlerin enerji üretimlerini maksimize ederken aynı zamanda türbinlerin operasyonel süreçleri boyunca maruz kalabilecekleri yükleri kabul edilebilir seviyelere çekmek amacıyla türbinlerin 14 derece üzeri eğimlere yerleştirilmemesi ve türbinler arası mesafelerin, türbin üreticilerinin tavsiyeleri doğrultusunda, hâkim rüzgâr yönün de **7 rotor çapı** ve hâkim rüzgâr yönüne dik olan yönlerde ise **3 rotor çapı** olması sağlanmıştır.

3.6.4.6 Uzun Dönem Enerji Üretimi Tahminleri

Her bir türbin lokasyonundaki brüt enerji üretimi tahminleri yukarıda anlatılan rüzgâr modeli ve **Tablo 3.7**'de verilen türbin güç eğrileri kullanılarak Rüzgâr Programında hesaplanmıştır. Tahmin edilen net enerji üretimleri aşağıda verilmiştir ve aşağıda hesaplanan brüt enerji üretimi değerine bazı kayıp oranları uygulanarak bulunmuştur.

Yerleşim planları için, her bir türbinde beklenen ortalama uzun dönem rüzgâr hızı, brüt enerji üretimi tahminleri ve hesaplanan wake kaybı **Tablo 3.13, 3.14 ve 3.15**'te sunulmuştur.

Çeşme Projesi 16 MWe 18 MWm olarak tasarlanmıştır. Seçilen türbin Modelleri 3,0 MW olacaktır. Sadece Enercon Marka Rüzgâr Türbini 2,3 MW olarak seçilmiştir. Bundan dolayı Enercon türbinler 8 adet Nordex ve Vestas türbin modelleri ise 6 adet yerleştirilmiştir. Yapılan üretim raporlaması çıkış güçleri olarak 16 MW'a sabitlenerek yapılmıştır. (**Curtailement**)

Nordex N117 3.0 MW

Türbin Tipi:	Nordex N117
Kule Yüksekliği:	91 m
Türbin Sayısı:	6
Türbin Kurulu Gücü:	3000 kW
Santral Kurulu Gücü:	18MWm - 16 MWe
Brüt Enerji Üretimi:	69.7GWh/annum
Wake Etkisi:	94.2%
Emreamadelik:	96.3%
Türbin:	98.00%
Santral İç Sistem:	99.80%
Elektrik Verimliliği:	97.00%
Santral İçi Elektrik Verimliliği:	98.50%
Türbin Performansı:	99.80%
Çevresel Etkiler:	99.50%
Kısıtlamalar:	97.30%
Diğer:	100.00%
Net Enerji Üretimi:	59.2GWh/annum
Net Kapasite Faktörü:	42.2%
Net Üretim Saati:	3696 saat

Tablo 3.13 Nordex N117 Türbin Yerleşimi İçin Enerji Üretim Değerleri

Vestas V112 3.0 MW

Türbin Tipi:	Vestas V112
Kule Yüksekliği:	94.0
Türbin Sayısı:	6
Türbin Kurulu Gücü:	3000 kW
Santral Kurulu Gücü:	18 MWm - 16 MWe
Brüt Enerji Üretimi:	66.4GWh/annum
Wake Etkisi:	94.20%
Emreamadelik:	96.30%
Türbin:	98.00%
Santral İç Sistem:	99.80%
Elektrik Verimliliği:	97.00%
Santral İçi Elektrik Verimliliği:	98.50%
Türbin Performansı:	99.90%
Çevresel Etkiler:	99.50%
Kısıtlamalar:	96.50%
Diğer:	100.00%
Net Enerji Üretimi:	57.1GWh/annum
Net Kapasite Faktörü:	35.5%
Net Üretim Saati:	3109 saat

Tablo 3.14 Vestas V112 Türbin Yerleşimi İçin Enerji Üretim Değerleri

Enercon E92 2.3 MW

Türbin Tipi:	Enercon E92
Kule Yüksekliği:	85 m
Türbin Sayısı:	8
Türbin Kurulu Gücü:	2300 kW
Santral Kurulu Gücü:	18,4 MWm - 16 MWe
Brüt Enerji Üretimi:	62.7GWh/annum
Wake Etkisi:	93.00%
Emreamadelik:	96.30%
Türbin:	98.00%
Santral İç Sistem:	99.80%
Elektrik Verimliliği:	97.00%
Santral İçi Elektrik Verimliliği:	98.50%
Türbin Performansı:	100.00%
Çevresel Etkiler:	99.50%
Kısıtlamalar:	97.00%
Diğer:	100.00%
Net Enerji Üretimi:	52.6 GWh/annum
Net Kapasite Faktörü:	32.6%
Net Üretim Saati:	2855saat

Tablo 3.15 Enercon E92 Türbin Yerleşimi İçin Enerji Üretim Değerleri

3.6.5 Sonuçlar ve Öneriler

Çeşme sahası için 3 farklı türbin modelini ele alarak bir enerji analizi çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu çalışma neticesinde elde edilen sonuçlar ve proje geliştirme aşamasında dikkate alınması tavsiye edilen öneriler şu şekildedir:

1. Geçerli rüzgâr verileri Çeşme sahasında 4,3 yıldır kayıt altına alınmıştır. Bu verilerin analizinden elde edilen sonuçlara dayanarak, saha rüzgâr rejimi ile ilgili aşağıdaki sonuçlar çıkarılmıştır.

Mast	Long – Term Mean Wind Speed At Hub Height (m/s)						
	78 m	80 m	84 m	85 m	91 m	92 m	94 m
Çeşme	7.6	7.6	7.7	7.7	7.8	7.8	7.8

Tablo 3.16 Uzun Dönem Hub – Height Seviyesinde Rüzgâr Hızları

2. Önerilen göbek yüksekliklerindeki uzun vadeli ortalama rüzgâr hızlarının tahminleriyle ilişkili standart belirsizlikler aşağıdaki tabloda gösterilmektedir. Normal bir dağılım olduğu varsayılırsa, tahminler için güven sınırları aşağıdaki gibidir:

Mast	Hub Height (m)	Standard Uncertainty (m/s)	Mean Wind Speed (m/s)		
			Probability Of Exceedance		
			90%	75%	50%
Çeşme	78	0.36	7.2	7.4	7.6
	80	0.37	7.2	7.4	7.6
	84	0.39	7.2	7.4	7.7
	85	0.40	7.2	7.4	7.7
	91	0.43	7.2	7.5	7.8
	92	0.44	7.2	7.5	7.8
	94	0.45	7.2	7.5	7.8

Tablo 3.17 Farklı Hub – Height Seviyelerinde Olası Rüzgâr Hızları

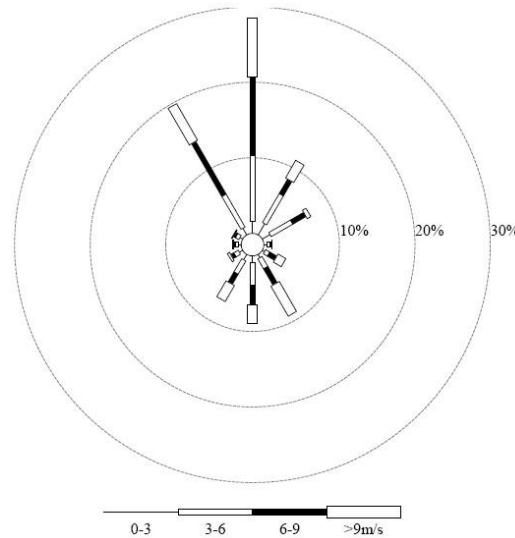
3. Tasarlanan yerleşim planlarındaki tüm türbinler ölçüm direğinin 1- 2 km yarıçapı içinde kalmaktadır. Çeşme sahası için ölçüm verileri baz alınarak bir enerji analizi yapılmıştır. Net enerji üretimi, saha için ölçülen, kule yüksekliğine aktarılan ve uzun dönem hesaplamaları yapılmış rüzgâr hızları ve türbin güç eğrilerinin dâhil edildiği hesaplamalara dayanmaktadır.

4. Yapılan enerji hesaplaması sonucunda 3 farklı türbin modelleri arasında Nordex N117 3,0 MW ürettiği elektrik miktarı ve kapasite faktörü yönünden ön planda olduğu görülmektedir.

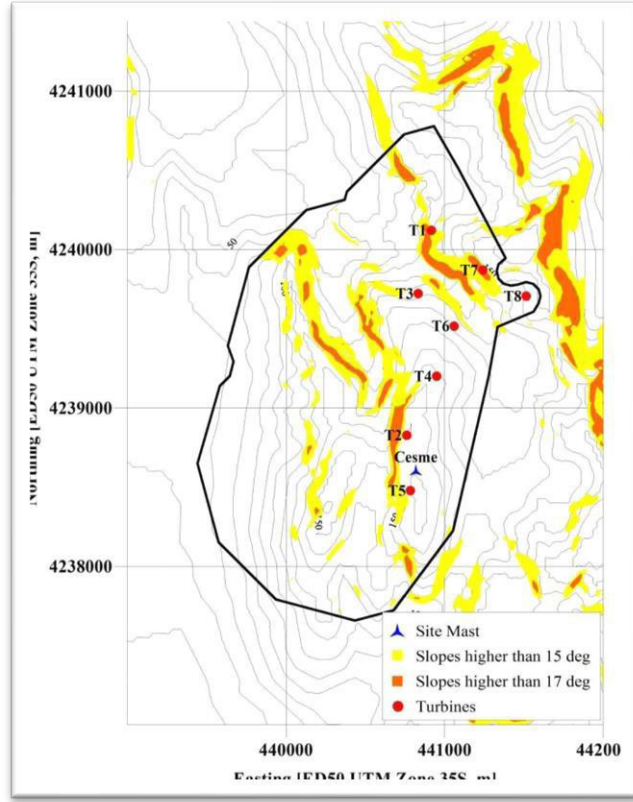
Ön yerleşim planı ve ilgili kapasite faktörü, tahmini rotor yüksekliği, rüzgâr hızı ve enerji üretimi aşağıdaki tabloda ayrıntılı olarak verilmektedir.

Türbin Marka ve Modeli	Rotor Yüksekliği (m)	Tahmin Edilen Ortalama Rüzgâr Hızı (m/s)	Tahmin Edilen Net Enerji Üretimi %50 (GWh/annum)	Tahmin Edilen Net Enerji Üretimi %75 (GWh/annum)	Tahmin Edilen Net Enerji Üretimi %90 (GWh/annum)	Kapasite Faktörü (%)
Nordex N117	91	7.60	59,2	53,6	48,5	42.2
Vestas V112	94	7.60	57,1	51,2	45,9	35.5
Enercon E92	85	7.40	52,6	47,1	42,1	32.6

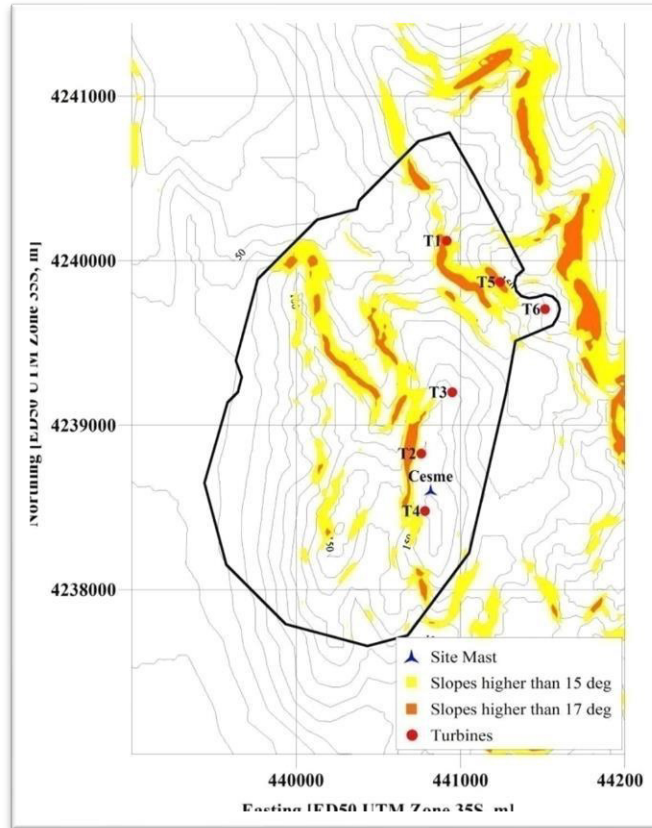
Tablo 3.18 Farklı Türbinlerde Üretim Tahminleri



Görsel 3.24 Çeşme RES Hâkim Rüzgâr Yönü Dağılımı



Görsel 3.25 8'li Kombinasyona Göre Yerleştirilmiş Türbin Lokasyon Planı



Görsel 3.26 6'lı Kombinasyona Göre Yerleştirilmiş Türbin Lokasyonu



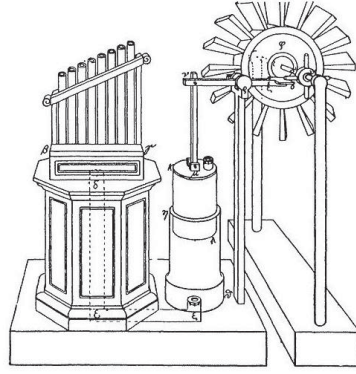
BÖLÜM-4

RÜZGÂR ENERJİSİ TARİHÇESİ VE TÜRKİYEDEKİ GELİŞİMİ

BÖLÜM-4

RÜZGÂR ENERJİSİ TARİHÇESİ VE TÜRKİYEDEKİ GELİŞİMİ

Rüzgâr enerjisinden yararlanma tarihi çok eski dönemlere kadar dayanmaktadır. Rüzgâr enerjisinden en eski yararlanma türleri yel değirmenleri ve yelkenli gemilerdir. Yelkenli gemilerde rüzgârın kinetik enerjisi gemileri hareket ettirmek için kullanılmış, yel değirmenlerinde ise rüzgârın kinetik enerjisi buğday gibi tahılların öğütülmesinde kullanılmıştır. İnsanların yelkenli gemileri hareket ettirmek ve gemileri yürütmek için 5500 yıldan beri rüzgârın gücünden faydalandığı bilinmektedir. Yel değirmenlerinin ortaya çıkması ise çok daha sonra olmuştur. İlk kez Yunan mühendis Heron'un milattan sonra 1. yüzyıl başlarında rüzgâr enerjisinin kullanımı tanımlamış ve tarif etmiş, daha sonra bu sistem İran'da geliştirilerek yel değirmenleri ortaya çıkmıştır.



Şekil 4.1 Heron'un İlk Rüzgârla Çalışan Aleti (Org)

Günümüzde ise rüzgârdan sulama ve tahıl öğütme işleri için değil, daha çok elektrik üretimi ve yelkenli gemilerde kullanılmaktadır. Genel olarak rüzgârdan elektrik üretiminin kilometre taşları aşağıdaki şekilde sıralanabilir;

- 1887 Haziran ayında İskoç akademisyen Profesör James Blyth rüzgâr gücü deneylerine başlamış ve rüzgâr gücü ile çalışan bir pil şarj cihazı yaparak, 1891'de İngiltere'de patentini almıştır.
- 1887-88'de Amerika Birleşik Devletleri'nde, Charles Francis Brush rüzgâr güç makinesi kullanarak elektrik üretimini gerçekleştirmiştir.
- 1900 yılına kadar evinin ve laboratuvarının elektriğini bu yapmış olduğu rüzgâr güç makinesi ile sağlamıştır.
- 1890'larda Danimarkalı bilim adamı ve mucit Poul la Cour elektrik üretmek için rüzgâr türbinlerini inşa etmiştir. Bu, daha sonra hidrojen üretmek için kullanılmıştır.

Bu bilgiler bugüne gelinceye kadar rüzgârdan nasıl faydalandığını göstermektedir. Modern rüzgâr güç endüstrisi 1979'da Danimarkalı Kuriant, Vestas, Nordtank ve Bonus şirketlerinin rüzgâr türbinlerini seri üretmesiyle başlamıştır. Bu üretimler bugünkü standartlardan küçüktür ve her bir türbin neredeyse 20-30 kW civarındadır. Daha sonra ise kapasitelerini 7 MW'a çıkartmışlar ve birçok ülkeye yayılmışlardır. Dünyadaki rüzgâr türbinlerinin dönüm noktalarını ise basitçe sıralayacak olursak;

- 1939 yılında ABD, Vermont, Granpa's Knob'da 53 metre çapında 1,25 MW'lık Smith Putnam rüzgâr türbini kurulmuştur. Rüzgâr türbini geliştirilmesinde bir sonraki dönüm noktası ise Gedser rüzgâr türbinidir. Marshall planı savaş sonrası finansman yardımı ile 1956 – 1957'de Danimarka'nın güney doğusunda Gedser adasında 200 kW'lık 24 metre çapında bir rüzgâr türbini kurulmuştur. Bu makine 1958 – 1967 arasında %20 kapasite ile çalışmıştır. 1960'lı yılların başında Prof.Ulrich Hütter 100 kW'lık 34 metrelik bir 2 kanatlı, yüksek rüzgâr hızlı kararsız pervanesi olan Hütter Allgaier rüzgâr türbinini geliştirilmiştir. 1980 yılında merkezi devlet ve federal devlet enerji ve yatırım vergi kredileri toplam %50'ye yakın vergi kredisi sağlamasından dolayı California rüzgâr enerjisi patlamasını başlatmıştır. 1980 – 1995 arasında, çoğu vergi kredilerinin %15 civarına indirildiği 1985'ten sonra olmak üzere 1700 MW rüzgâr kapasitesi kurulmuştur. 1990'lı yılların başında Almanya'da yılda 200 MW civarında kapasite artışı ile kuzey Avrupa piyasalarında çarpıcı gelişme kaydedilmiştir. Günümüzde ise tek bir rüzgâr türbininin gücü megawattlarla ifade edilecek kadar artmış ve armaya devam etmektedir. Şu an kullanılan 7-10 MW güçlü rüzgâr türbinleri vardır. Rüzgâr türbinlerinin yapısında ve mekanik kısmında yapılan çalışmalar sayesinde yakın zamanda bu değerlerin daha da artması kaçınılmazdır.

4.1 Türkiye’de Rüzgâr Enerjisi

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı tarafından, Türkiye’de önümüzdeki 10 yıl boyunca 10.000 MW rüzgâr ve 10.000 MW güneş yeni kapasite kurulumu yapılması planlandığı açıklanmıştır. Türkiye’nin yenilenebilir enerji dönüşümünün ardındaki önemli etmenlerden biri de rüzgâr ve güneş enerjisi teknolojilerinin azalan maliyetleridir. Türkiye, küresel enerji sektöründeki değişimleri, değişimlerdeki eğilim ve gelişmeleri yakından takip ederek rüzgâr ve güneş enerjisi kaynaklarını efektif bir şekilde kullanma ve enerji sektöründe uluslararası oyuncular arasında yer alma potansiyeline sahiptir.

Yeni kapasite devreye girdikçe rüzgâr ve güneş enerjisinin şebekedeki payı artacaktır. Bu artışla birlikte, Türkiye’nin, enerji sisteminin güvenli ve güvenilir bir şekilde çalışmaya devam etmesini garanti altına almak için gerekli olan dönüşümü planlamaya başlaması gerekecektir. Birçok ülke, toplam üretimlerinde %15 veya daha fazla rüzgâr ve güneş enerjisi payı elde etmeyi, büyük problemler yaşamaksızın başarmıştır. Danimarka, Almanya ve İspanya gibi bazı ülkeler, enerji üretiminin dörtte birine yakınına veya daha fazlasını rüzgâr ve güneş enerjisinden sağlamaktadır. Danimarka ve Almanya, sistem güvenilirliği konusunda listenin en üst sıralarında yer almaktadır. Ülkeler enerji dönüşümü süreçlerinde, daha yüksek rüzgâr ve güneş enerjisi dağılımına imkân tanıyacak esnek bir enerji sistemine sahip olmak için kendi stratejilerini geliştirmişlerdir.

4.2 Türkiye’nin Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli

Ülkemizde rüzgâr enerjisi ölçümleri, iklim amaçlı olarak Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğüne (DMİGM) yapılmaktadır. Ancak, ölçüm istasyonlarının genellikle yerleşim bölgelerinin içinde bulunması nedeniyle, gerçek değerler elde edilememektedir. Dünyada rüzgârdan enerji üretimi teknolojilerinin gelişmesine paralel olarak, ülkemizin rüzgâr enerjisi potansiyelini belirlemek amacıyla, **Elektrik Etüt İdaresi** (EİE) tarafından bir çalışma başlatılmış ve 13 değişik gözlem istasyonu kurularak sonuçlar alınmaya başlanmıştır.

Türkiye’de 2020 yılında tüketilen elektrik enerjisinin ortalama %10’u rüzgârdan karşılanmaktadır. Ayrıca, 2027 yılına kadar 16000 MW’lık rüzgâr enerjisi kapasitesinin devreye alınması hedeflenmektedir. Türkiye’nin karadaki rüzgâr potansiyelinin 37000 MW, deniz üstü (offshore) rüzgâr potansiyelinin ise 11000 MW olduğu öngörülmektedir. Türkiye toplamda

DMİGM tarafından 50 metre yükseklikte yapılan rüzgâr hızı ölçümlerine göre, $6,5 \text{ m/s}$ 'nin üzerindeki rüzgâr hızları değerlendirildiğinde Türkiye, kara rüzgâr potansiyeli **131756.40 MW**; rüzgâr hızının $7,0 \text{ m/s}$ 'nin üzerinde olduğu bölgeler dikkate alındığında, kara rüzgâr potansiyeli **48000 MW** olarak belirlenmiştir. Ayrıca, rüzgâr hızının $6,5 \text{ m/s}$ 'nin üzerinde olduğu alanlarda Türkiye deniz rüzgâr potansiyeli **17393.20 MW** olarak tespit edilmiştir. Türkiye'nin en çok rüzgâr alan bölgeleri Marmara, Ege Bölgesi ve sahilleri ile Güney Doğu Anadolu Bölgesidir. Marmara bölgesinde yıllık ortalama rüzgâr hızı $3,29 \text{ m/s}$ ve rüzgâr yoğunluğu 51.91 W/m^2 , aynı değerler sırasıyla Güney Doğu Anadolu Bölgesi için $2,69 \text{ m/s}$ ve 29.33 W/m^2 , Ege Bölgesi için $2,65 \text{ m/s}$ ve 23.47 W/m^2 'dir. Rüzgâr santralleri yoğun olarak **Balıkesir, Manisa, İzmir, Hatay, Osmaniye, Çanakkale** ve **İstanbul** illerinde yer almaktadır.

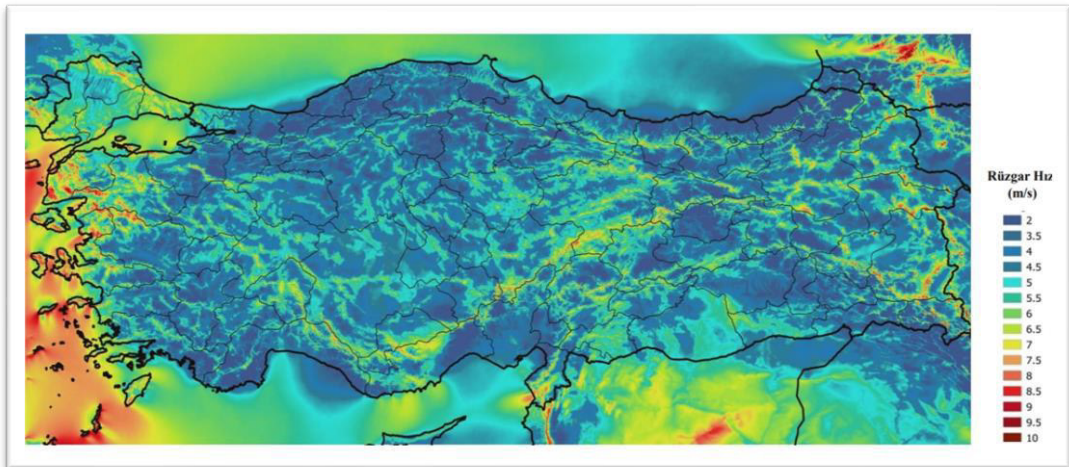
Türkiye'de 2020 yılında tüketilen elektrik enerjisinin ortalama %10'u rüzgârdan karşılanmaktadır. Ayrıca, 2027 yılına kadar 16000 MW'lık rüzgâr enerjisi kapasitesinin devreye alınması hedeflenmektedir. Türkiye'nin karadaki rüzgâr potansiyelinin 37000 MW, deniz üstü (offshore) rüzgâr potansiyelinin ise 11000 MW olduğu öngörülmektedir. Türkiye toplamda 48000 MW'lık rüzgâr enerjisi potansiyeliyle, elektrik ihtiyacının yarısını bu kaynaktan karşılayabilecek potansiyele sahiptir.

4.2.1 Türkiye'de Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli Atlası (REPA) Nedir?

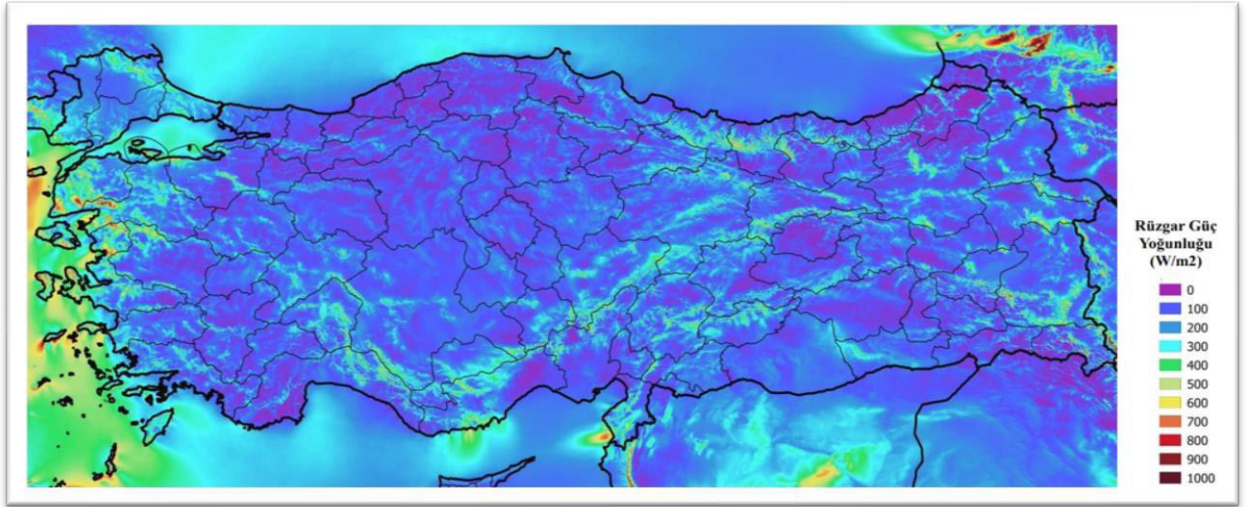
REPA, orta-ölçekli sayısal hava tahmin modeli ve mikro-ölçekli rüzgâr akış modeli kullanılarak üretilen rüzgâr kaynak bilgilerinin verildiği Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası'dır. Bu atlas yardımıyla Türkiye genelinde $200 \text{ m} \times 200 \text{ m}$ çözünürlüğünde;

- 30, 50, 70 ve 100 metre yüksekliklerdeki yıllık, mevsimlik, aylık ve günlük rüzgâr hız ortalamaları,
- 50 ve 100 metre yüksekliklerdeki yıllık, mevsimlik ve aylık rüzgâr güç yoğunlukları,
- Referans bir rüzgâr türbini için 50 metre yükseklikteki yıllık kapasite faktörü,
- 50 metre yükseklikteki yıllık rüzgâr sınıfları,
- 2 ve 50 metre yüksekliklerdeki aylık sıcaklık değerleri,
- Deniz seviyesinde ve 50 metre yüksekliklerdeki aylık basınç değerleri öğrenilebilmektedir.

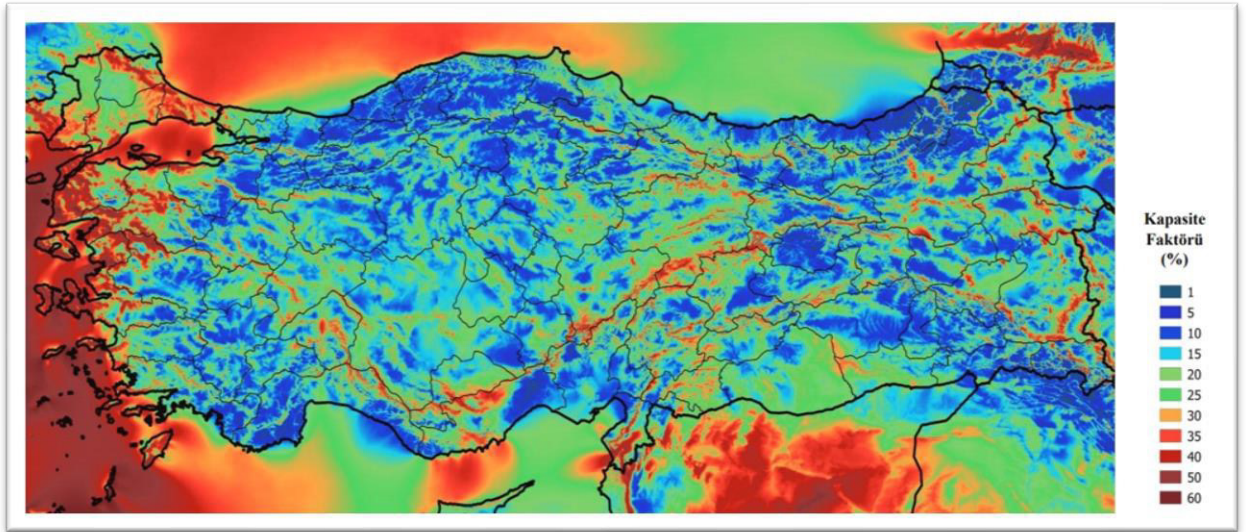
REPA ile denizlerimizde, kıyılarımızda ve yüksek rakımlı bölgelerimizde daha önce ölçemediğimiz yüksek yoğunluklu potansiyeller görünür hale gelmiştir.



Şekil 4.2 Türkiye Geneli 100 Metre Yükseklikteki Ortalama Yıllık Rüzgâr Hızları Dağılımı



Şekil 4.3 Türkiye Geneli 100 Metre Yükseklikteki Ortalama Güç Yoğunluğu Dağılımı



Şekil 4.4 Türkiye Geneli 100 Metre Yükseklikteki Ortalama Kapasite Faktörü Dağılımı
(*Hesaplamalarda 3 MW gücündeki referans rüzgâr türbinine ait teknik değerler kullanılmıştır.)

Rüzgâr kaynak bilgileri, aşağıda belirtilen tematik haritalarla desteklenerek Türkiye geneli, şebeke, coğrafi bölge, il ve seçilecek herhangi bir alan veya nokta bazında sorgulanabilmektedir. Böylece rüzgâr enerji santrali kurulabilecek alanlar kolaylıkla belirlenmekte, ön fizibilite çalışmaları yapılabilmekte, rüzgâr kaynağı arama amacıyla yapılan çalışmalar ortadan kaldırılarak tasarruf sağlanmaktadır.

4.2.1.1 REPA’da Kullanılan Tematik Haritalar

1. Arazi Pürüzlülüğü
2. Topografya ve Yükseklik
3. Deniz Derinlikleri
4. Arazi Eğimi
5. Yerleşim Birimleri
6. Yerleşim Alanları
7. Göller
8. Nehirler
9. Sulak Alanlar
10. Kar Demir Hava Yolları
11. Limanlar
12. Trafo Merkezleri
13. Enerji Nakil Hatları
14. Enerji Santralleri
15. Deprem Fay Zonları
16. Arazi Kullanım Şekli
17. RES Başvurularının Yerleri
18. Ormanlar
19. Çevre Koruma Alanları
20. Kuş Göç Yolları

4.3 Türkiye’de Rüzgârdan Elektrik Üretiminin Gelişimi

Yüksek basınç alanından alçak basınç alanına doğru oluşan hava akımının, diğer bir deyişle rüzgârın kinetik enerjisini önce mekanik enerjiye ardından elektrik enerjisine çeviren sistemlere rüzgâr türbini denir. Ticari olarak işletilen rüzgâr elektrik santrallerindeki (RES) rüzgâr türbinleri genellikle 5-6 m/s (18-21,6km/h) hızda devreye girip, yine genel olarak 25-30 m/s (90-108 km/h) rüzgâr hızında kendini korumaya alır. Daha küçük rüzgâr türbinleri 2 m/s (7,2km/h) rüzgâr hızında da devreye girebilmektedir.

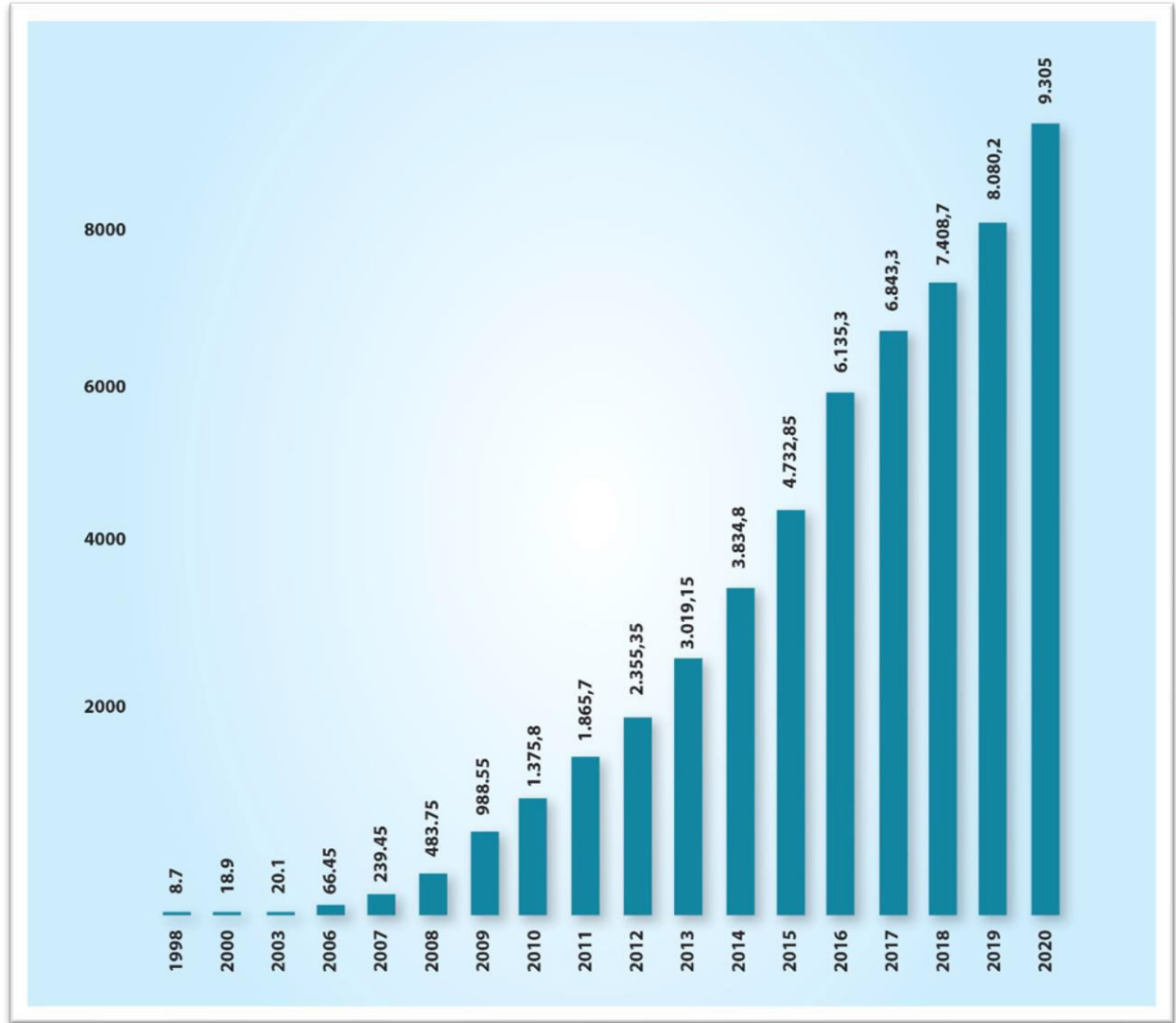
Türkiye’de işletmede bulunan rüzgâr santrallerinde kullanılan rüzgâr türbinleri Almanya, Danimarka, Amerika Birleşik Devletleri, İspanya, Çin, Fransa, Hindistan ve Türkiye gibi farklı menşeilere sahip olup, bu ülkelerde geliştirilmiş Nordex, Enercon, Vestas, GE, Siemens, Gamesa, Sinovel, Alstom, Suzlon, Vira ve Milres gibi markalardır.

Türkiye’de ilk rüzgâr santrali 1998 yılında İzmir’de kurulmuştur. Türkiye’de ilk olarak 1998 yılında başlayan rüzgâr ile elektrik üretimi ilk yılını 6 milyon kWh üretim ile kapatmıştır. Sonraki yıl 21 milyon kWh’e çıkan üretim miktarı %250 artış göstermiştir. Sektörün henüz emeklediği bu yıllarda hızlı büyümeler görülse de 2015 yılını 11,5 milyar kWh üretim ile kapatan sektör, 2014 yılına göre üretimini %38 oranında arttırmayı başarmıştır.

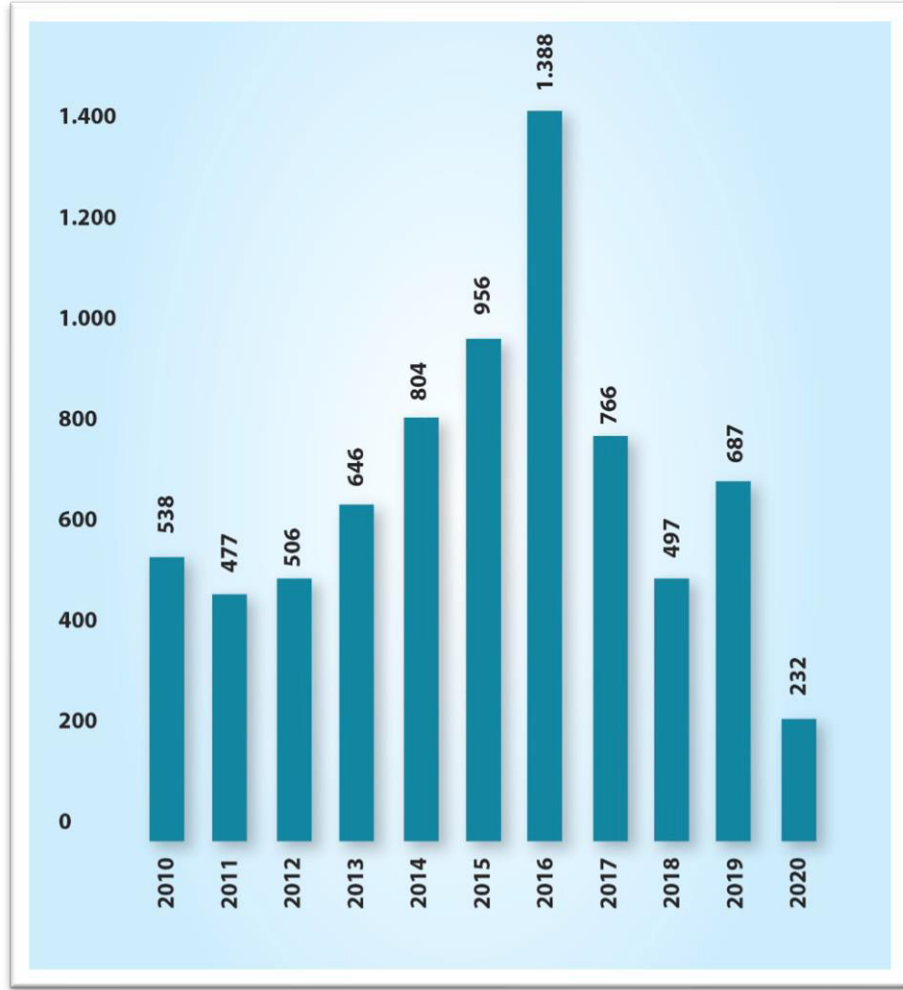
4.4 Türkiye’de Rüzgâr Enerjisinden Elektrik Üretimi

Türkiye’de RES’leri için son on yılda (2010-2020) toplam kurulu kapasite gelişimi **Grafik 4.5**’te verilmiştir. Türkiye’de toplam RES Kurulu kapasitesi 2010 yılında 1375.8MW seviyelerinde iken, 2020 yılında 9305 MW seviyesine ulaşmıştır. Oransal olarak en yüksek kapasite artışı 2015-2016 yıllarında yaşanmıştır.

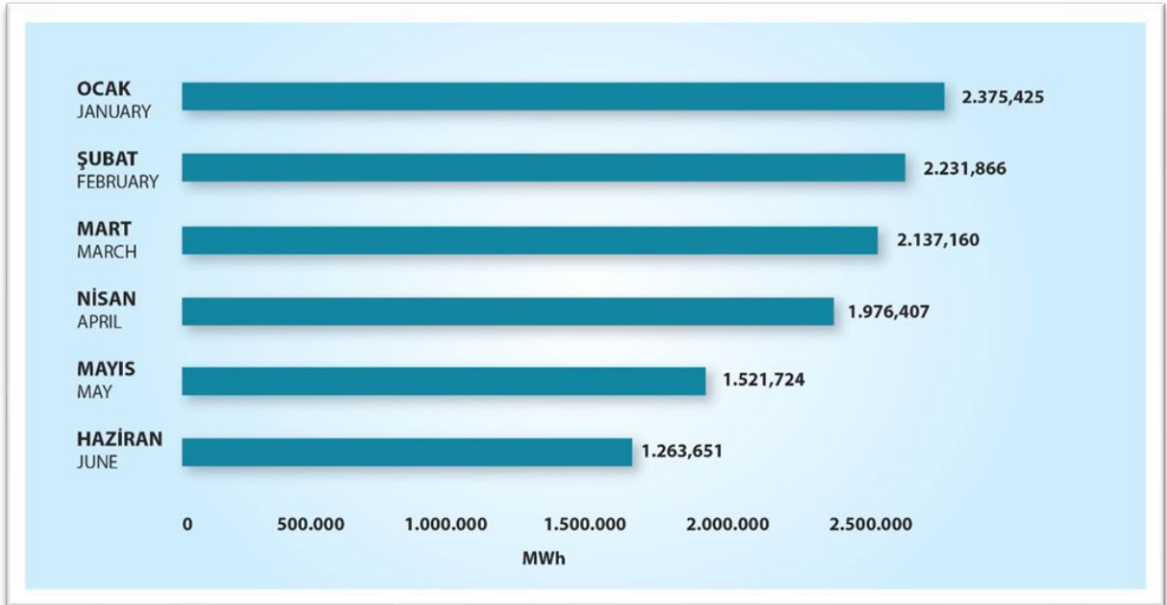
Türkiye’de 2023 yılında RES kurulu gücünün, toplam elektrik kurulu gücünün (100 000 MW) %20’sine karşılık gelecek şekilde 20.000 MW değerine ulaşması hedeflenmektedir. Rüzgâr potansiyeli ve 2023 yılı hedefleri dikkate alındığında, günümüzdeki RES kurulu gücü az olmakla birlikte, son on yıllık süreçte önemli gelişmeler sağlanmıştır. 2014 yılı sonunda 3762 MW olan RES Kurulu gücü, 2015 yılının ilk yarısında 430 MW değerinde bir artışla 4192 MW düzeyine ulaşmıştır. Türkiye’de tüketilen elektriğin %8’lık bir bölümü rüzgâr enerjisinden üretilmektedir. Bu değerin 2023 yılında %20 düzeyine yükseltilmesi hedeflenmektedir.



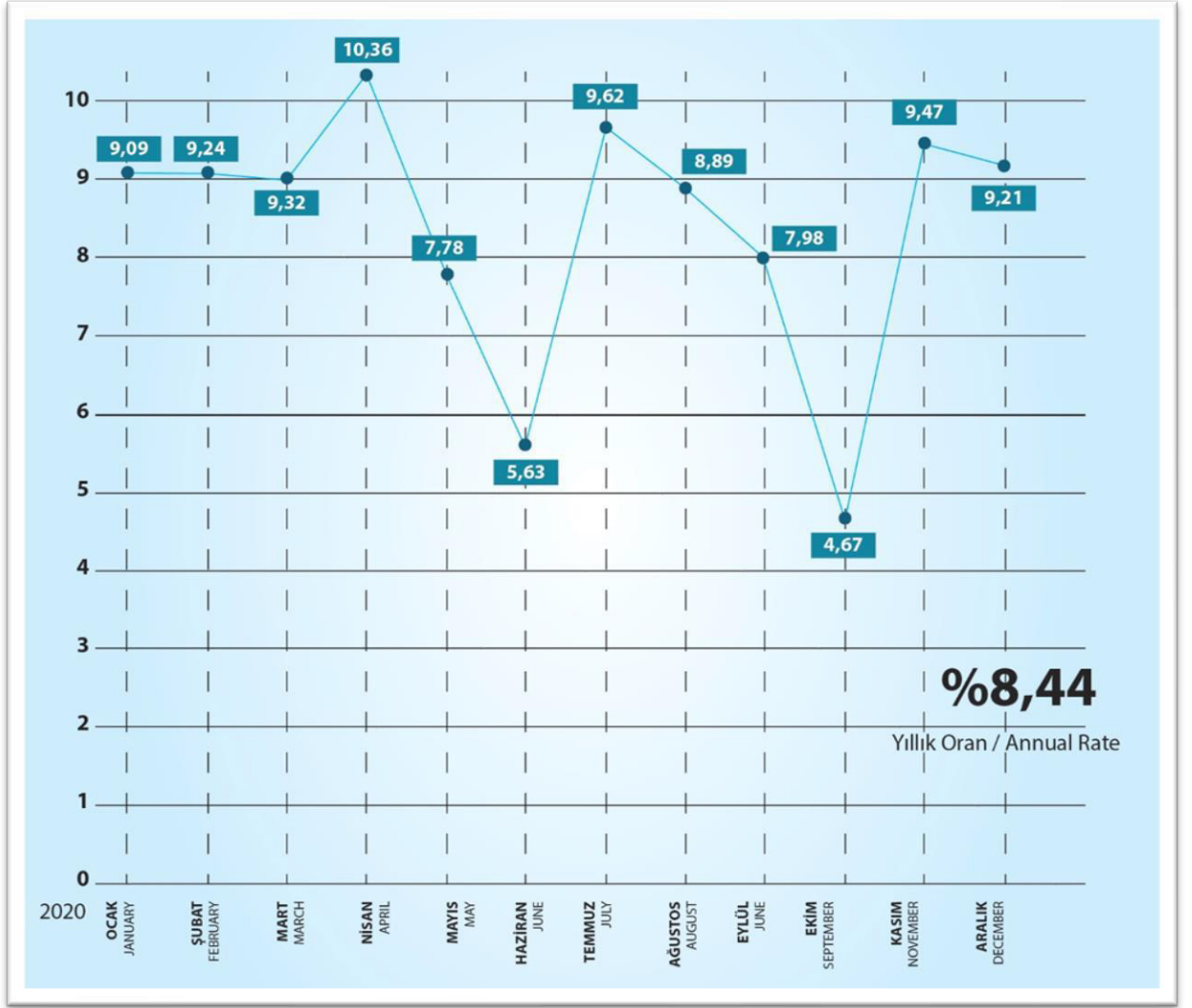
Grafik 4.5 Türkiye’deki Rüzgâr Enerjisi Santralleri için Kümülatif Kurulum



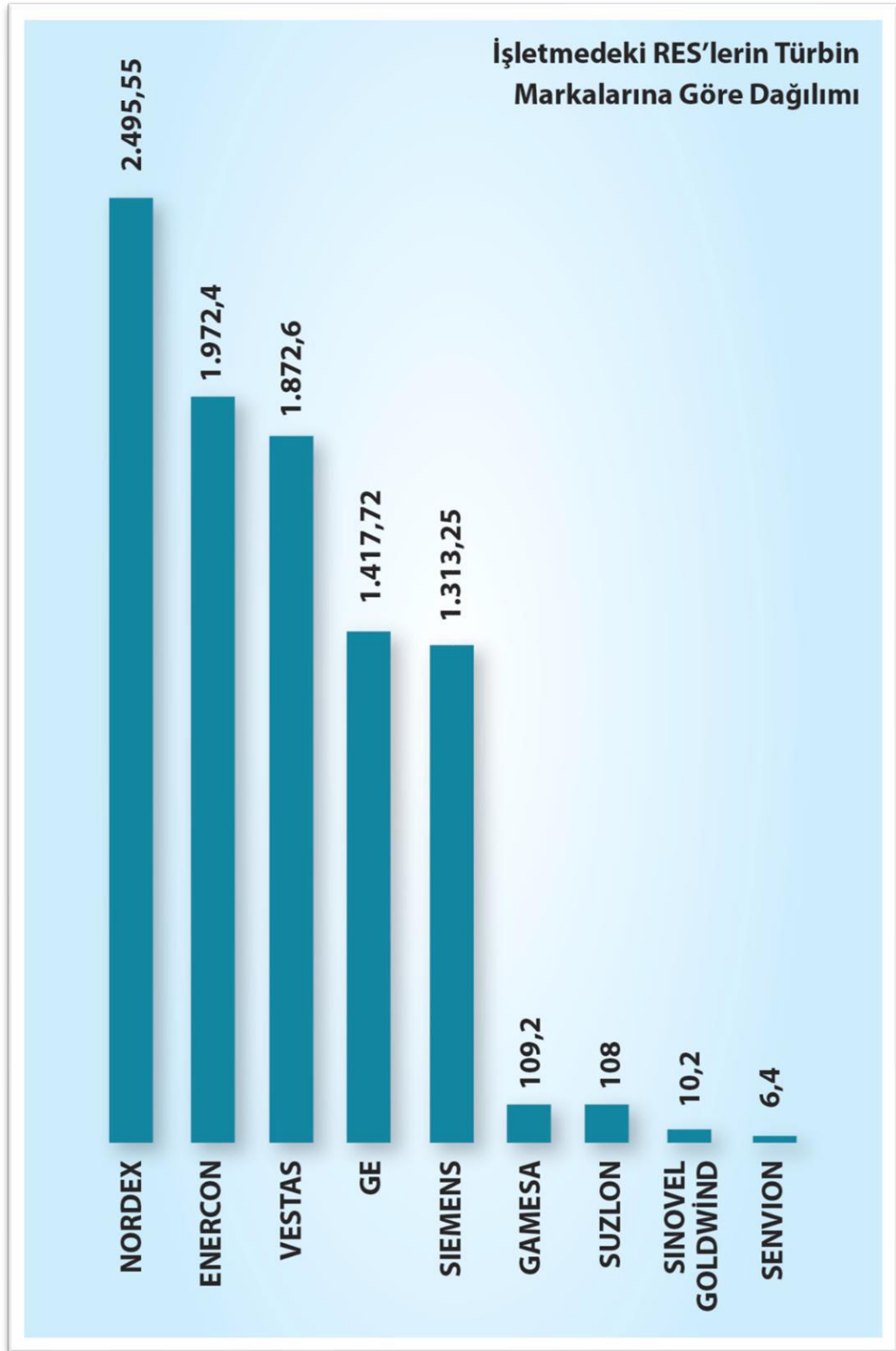
Grafik 4.6 Türkiye’deki Rüzgâr Enerjisi Santralleri için Yıllık Kurulum



Grafik 4.7 Türkiye’de Rüzgâr Enerjisi Santrallerinin Aylık Elektrik Üretimi (2020)



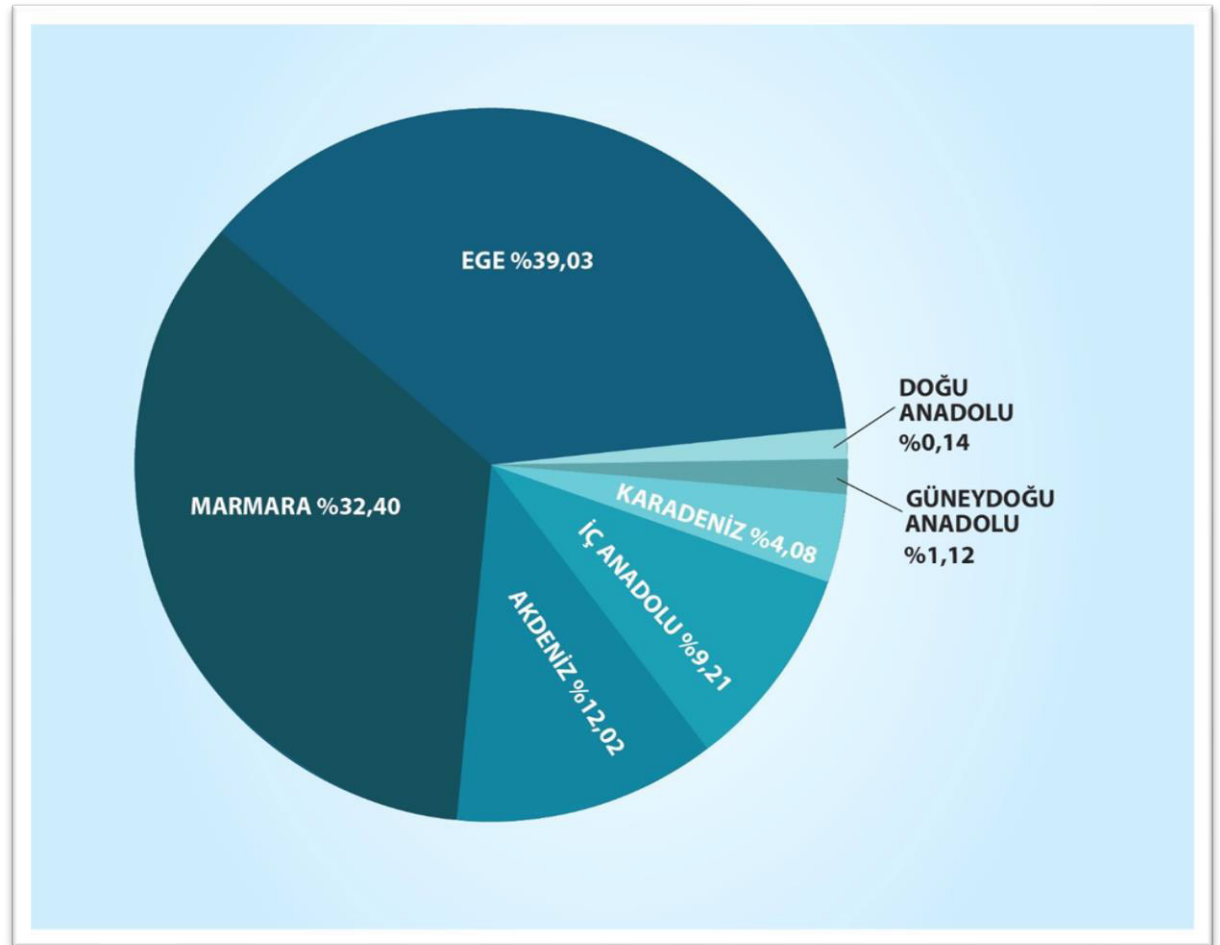
Grafik 4.8 Türkiye’de Rüzgâr Enerjisi Santrallerinin Elektrik Üretimindeki Payı



Grafik 4.9 İşletmedeki RES'lerin Türbin Markalarına Göre Dağılımı (2020)



Grafik 4.10 İşletmedeki RES'lerin Bölgelere Göre Dağılımı (2020)



Grafik 4.11 İşletmedeki RES'lerin İllere Göre Dağılımı (2020)



BÖLÜM-5

RÜZGÂR TÜRBİNLERİ VE BİLEŞENLERİ

BÖLÜM-5

RÜZGÂR TÜRBİNLERİ VE BİLEŞENLERİ

5.1 Rüzgâr Türbinlerinin Sınıflandırılması

Kullanımdaki rüzgâr türbinleri boyut ve tip olarak çeşitlilik göstermektedirler. Türbinler, dönme eksenine, güç kontrol sistemlerine, rotorun dönüş hızına ve kullanım yerine göre sınıflandırılabilirler. 1989 yılından itibaren Almanya’da RT teknolojisi hızla gelişmiştir. Rotor çapı 25 metre, çıkış gücü 150-250 kW olan RT’ler imal edilmiş ve bunu rotor çapı 30-35 metre, çıkış gücü 300 kW’dan büyük türbinler izlemiştir. Nordex firması da rüzgâr türbini üretimine 1987 yılında başlayarak ürün gamını günümüze kadar geliştirmiştir.

- **1987** Dünyanın en büyük seri üretim rüzgâr türbini (250 kW) üretildi.
- **1992** Almanya’da üretim operasyonel faaliyetlerin kurulması.
- **1995** Dünyanın ilk seri üretim megawatt düzeyinde rüzgâr türbininin inşası.
- **1998** Xi ‘an Nordex Rüzgâr Türbini Co. Ltd.’nin kuruluşu. (Çin)
- **1999** 1.000. Nordex rüzgâr türbininin kurulumu.
- **2000** Dünyanın ilk seri üretim 2.500 kW rüzgâr türbininin kurulumu.
- **2001** Endüstriyel rotor kanadı üretiminin başlaması.
- **2003** 2.000. Nordex rüzgâr türbininin kurulumu. İlk N90 / 2300 kW’ın kurulumu.
- **2005** N90 / 2500 kW Yinchuan’da üretim için ortak girişim (S70 / 77) kurulması. (Ningxia)
- **2007** N100 / 2500 kW 3.000’inci Nordex rüzgâr türbininin kurulumu.
- **2009** 1.000.Multi-MW rüzgâr türbininin kurulumu. (Arkansas’ta ABD üretim tesisi)
- **2010** Gamma Üretiminin Sunumu.
- **2011** İlk Gamma Üretiminin N117 / 2400 kW’ın kurulumu.
- **2012** 5.000. Nordex rüzgâr türbininin kurulumu.
- **2013** Delta Generation piyasaya sürüldü. (N100 / 3300 kW, N117 / 3000 kW ve N131 / 3000)
- **2014** En iyi rüzgâr türbini olarak N117/ 2400 kW seçildi.
- **2016** Nordex ve Acciona Windpower şirket birleşimi.
- **2017** 4 MW’lık ürün serisi olan Delta4000 üretiminin tanıtımı.
- **2018** Yüksek rüzgar alanları için N133 /4800 kW üretiminin tanıtımı.
- **2018** En iyi rüzgâr türbini olarak N149/ 4.0-4.5 seçildi.
- **2019** N155 / 5.X, N149 / 5.X ve N163 / 5.X üretiminin tanıtımı.



Generation Alpha
N80/2500



Generation Beta
N90/2500



Generation Gamma
N90/2500
N100/2500
N117/2400



Generation Delta
N100/3300
N117/3000-3600
N131/3000-3900



Delta 4000
N149/4000-4500

N149/5.X AND N163/5.X – THE NEXT STEPS OF EVOLUTION LEAD INTO THE 5 MW+ CLASS



Şekil 5.1 Nordex Türbin Segmentleri

5.1.1 Eksen Farkına Göre Rüzgâr Türbinlerinin Sınıflandırılması

5.1.1.1 Dikey Eksenli Rüzgâr Türbinleri

Bu tür türbinlerde türbin mili dikey eksenlidir ve rüzgârın geliş yönüne diktir. Savonius tipi, Darrieus tipi başlıca türlerdir. Darrieus tipi düşey eksenli rüzgâr türbininde, düşey şekilde yerleştirilmiş iki tane kanat vardır. Kanatlar, yaklaşık olarak türbin mili uzun eksenli olan bir elips oluşturacak biçimde yerleştirilmişlerdir. Kanatların içbükey ve dışbükey yüzeyleri arasındaki çekme kuvveti farkı nedeniyle dönme hareketi oluşur. Yapısı gereği Darrieus tipi rüzgâr türbinlerinde, devir başına iki kere en yüksek tork elde edilir. Rüzgârın tek yönden estiği düşünülürse; türbinin verdiği güç, sinüs şeklinde bir eğri oluşturur. Dikey eksenli rüzgâr türbinleri her istikametlidirler ve değişen rüzgâr yönlerinde dönerler. Böylece rüzgârı her bir yönden kabul ederler. Dönüşün dikey eksenli, sürücünün toprak seviyesine dahi yerleştirilmesine izin vermektedir. Bu tipteki rüzgâr türbinlerinin güç katsayısı 0,15'ten azdır. Bu nedenle güç üretiminde tercih edilmezler.

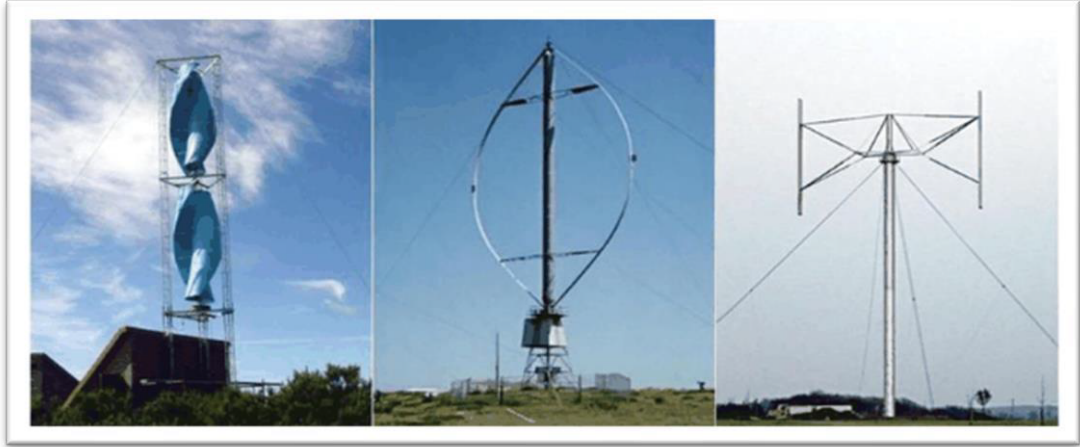
5.1.1.1.1 Savonius Rüzgâr Türbinleri:

Dikey eksenli Savonius rüzgâr türbini ilk olarak 1924 yılında Finli mühendis Sigurd Savonius tarafından icat edilmiş olup 1929 yılında patenti alınmıştır. Yapısının basit olması ve kolay inşa edilmesi tüm ilgileri üzerine çekmesini sağlamıştır. Savonius türbinlerinin başlangıç torkları yüksektir. Bunun sebebi aerodinamik yapıları gereği herhangi bir yönde esen rüzgârı alabilme özelliğinden kaynaklanmaktadır. Verimleri yatay eksenli rüzgâr türbinlerine göre oldukça düşüktür. Savonius rüzgâr türbinlerinin bakımı ve işletmesi oldukça basittir. İki yatay disk arasına yerleştirilmiş ve merkezleri birbirine göre simetrik olarak kaydırılmış, “kanat” adı verilen iki yarım silindirden oluşmaktadır. Belirli bir hızla gelen rüzgârın etkisiyle, çarkı oluşturan silindirin iç kısmında pozitif ve dış kısmında negatif bir momenti olmaktadır.

Pozitif moment, negatif momentten daha büyük olduğundan, dönme hareketi pozitif moment yönünde sağlanır. Diğer DERT'lere göre düşük rüzgâr hızlarında iyi başlangıç karakteristiklerine sahip olması, yapımının kolay ve ucuz olması, rüzgârın yönünden bağımsız olması ve kendi kendine ilk harekete başlaması gibi birçok üstünlüklere sahip olan Savonius RT'lerinin, aerodinamik performansı düşük olduğu için ilk uygulama alanları; havalandırma, su pompalama gibi kısıtlı alanlar olmuştur. Savonius RT'nin birçok üstünlüğü bulunmasına rağmen, aerodinamik performanslarının düşüklüğü nedeniyle kullanılmamaktadır. Son yıllarda yapılan Savonius RT çalışmaları, aerodinamik performansın geliştirilmesi yönünde olmuştur.

Aldoss ve Najjar, (1985) bu çarkın performansı üzerine; "sallanan kanatlı çark" kullanarak deneysel bir çalışma yapmışlardır. Çalışmalarında Savonius RT'nin performansını hem rüzgârın gerisinde hem de rüzgâra doğru, çark kanatlarının bir optimum açı ile geriye doğru salınmasına müsaade ederek geliştirmişlerdir. Reupke ve Probert, (1991) Savonius RT'nin çalışma etkinliğini arttırmak için, türbin kanatlarının kavisli kısımlarının yerine bir sıra menteşelenmiş kanatçıklar yerleştirmiştir.

Kanatçıklar rüzgâra doğru ilerlerken, rüzgâr basıncının etkisinde otomatik olarak açılmış ve daha az akış direnci elde edilmiştir. Kanatçıkların ilk konuma gelirken, tekrar otomatik olarak kapandığını tespit edip, çok düşük uç hız oranlarında, düzeltilmiş parçalı kanatlı çarklardan, klasik Savonius RT'lerine oranla daha yüksek momentler elde edildiğini belirlemişlerdir.



Şekil 5.2 Dikey Rüzgâr Türbinleri

5.1.1.1.2 Darrieus Rüzgâr Türbinleri:

1931 yılında Fransız mühendis George J.M. Darrieus tarafından icat edilmiştir. 1970 ve 1980'lerde Amerika ve Kanada'da Darrieus türbinlerinin kanat tasarımları üzerine geniş çalışmalar yapılmıştır. Kanatları geometrik formlu aerodinamik profile sahip olduğundan yüksek performanslıdır. Kanatlardaki hafif eğim sayesinde kanatlardaki çekme gerilimleri minimuma iner. Yüksek hızlarda çalışabilir ve türbin; 2 veya 3 kanatlı olur. İlk hareket için Savonius RT veya bir tahrik motoru gerekmektedir.

5.1.1.1.3 H-Darrieus Rüzgâr Türbinleri:

Dikey eksenli en önemli RT'lerden biridir. Darrirus RT'nin geliştirilmesiyle meydana gelen daha karmaşık tipte bir türbindir. Darrirus RT'den iki önemli farkla ayrılır. Bunlar:

- Aerodinamik profili düzdür.
- Kanatlara pitch kontrol uygulanır.

H-Darrieus türbinlerinin avantajları şöyle sıralanabilir:

- Jeneratör ve dişli kutusu yere yerleştirildiği için, türbini kule üzerine yerleştirmek gerekmez. Böylece kule masrafı olmaz.
- Türbini rüzgâr yönüne çevirmeye gerek yoktur. Yani dümen sistemine ihtiyaç yoktur. Türbin mili hariç diğer parçaların bakım ve onarımı yoktur.
- Elde edilen güç toprak seviyesinde çıktığından, nakledilmesi daha kolaydır.

H-Darrieus türbinlerinin dezavantajları ise şöyledir:

- Yere yakın oldukları için alt noktalardaki rüzgâr hızları düşüktür.
- Verimi düşüktür.
- Çalışmaya başlaması için bir motor tarafından ilk hareketin verilmesi gerekir.
- İlk hareket motoruna ihtiyacı vardır.
- Ayakta durabilmesi için tellerle yere sabitlenmesi gerekir. Bu da pek pratik değildir.
- Türbin mili yataklarının değişmesi gerektiğinde, makinenin tamamının yere yatırılması gerekir.

5.1.1.2 Yatay Eksenli Rüzgâr Türbinleri

Bu türbinlerde; dönme eksenli rüzgâr yönüne paralel, kanatlar rüzgâr yönüne diktir. Bu türbinlerde rotor kanatların sayısı azaldıkça rotor daha hızlı dönmektedir. Bu türbinlerin verimi yaklaşık %45'tir. YERT genel olarak yerden 20-30 metre yüksekte ve çevredeki engellerden 10 metre yüksekte olacak şekilde yerleştirilmelidir.

Rüzgâr hızının, rotor kanadı uç hızına bölünmesi ile elde edilen orana kanat uç hız oranı (λ) denir. Eğer;

- $\lambda = 1-5$ Çok kanatlı rotor, $\lambda = 6-8$ Üç kanatlı rotor, $\lambda = 9-15$ İki kanatlı rotor ve $\lambda > 15$ Tek kanatlı rotor kullanılır.

YERT, farklı sayıda rotor kanadına sahip olan ve rüzgârı önden alan veya rüzgârı arkadan alan sistemler olarak da çeşitlilik gösterirler. Yatay eksenli türbinlerin çoğu, rüzgârı önden alacak şekilde tasarlanırlar. Rüzgârı arkadan alan rüzgâr türbinlerinin ise, yaygın bir kullanım yeri yoktur. Rüzgârı önden alan türbinlerin iyi tarafı, kulenin oluşturduğu rüzgâr gölgelenmesinden etkilenmemesidir. Kötü tarafı ise, türbinin sürekli rüzgâra bakması için dümen sisteminin yapılmasıdır. Rüzgârı arkadan alan türbinlerde ise; eğer rotor ve gövde uygun şekilde tasarlanmışsa, dümen sistemine gerek yoktur. Bu nedenle daha hafiftirler. Fakat büyük çaplı türbinlerde rüzgârın arkadan gelmesi tercih edilmez. Bunun nedeni ise; serbestçe dönmeye bırakılan türbinin elektrik enerjisini taşıyan kabloları burmasıdır. 1000 A gibi yüksek akımlarla çalışan bu sistemde, akımın mekanik sistemlerle de toplanması sağlıklı değildir. Fakat küçük çaplı türbinlerde kolaylıkla uygulanabilirler. Yatay eksenli türbinlerin bir başka sınıflandırması ise, dönme hızlarına göredir. Yavaş hızlarda çalışan rüzgâr türbinleri ve yüksek hızlarda çalışan rüzgâr

türbinleri adı altında iki gruba ayrılırlar. Burada sınıflandırma, rüzgâr alma yönüne göre yapılacaktır.

5.1.2 Rüzgârı Alış Yönlerine Göre Rüzgâr Türbinlerinin Sınıflandırılması

5.1.2.1 Rüzgârı Arkadan Alan Makineler

Bu makinelerin rotorları kule arkasına konur. Bunların önemli üstünlüğü rüzgâra dönmek için “yaw” mekanizmasına gerek duymayışlarıdır. Eğer **nacelle** ve **rotor** uygun tasarlanırsa, nacelle rüzgârı pasif olarak izler. Daha önemli bir üstünlük kanatların esnek özelliğe sahip olmasıdır. Bu hem ağırlık hem de makinenin güç dinamiği açısından önemli bir üstünlüktür. Böylece bu makinelerin avantajları; önden rüzgârlı makinelere göre daha hafif yapılması sonucu kule yükünün azalmasıdır. Ancak, bu tür türbinlerde meydana gelen güç dalgalanması, türbine önden rüzgârlı makinelerden daha çok zarar verir.

5.1.2.2 Rüzgârı Önden Alan Makineler

Yıllardır yaygın olarak kullanılan bu makinelerde rotor yüzü rüzgâra dönüktür. En önemli üstünlüğü, yukarıda da değindiğimiz gibi kulenin arkasında olacak rüzgâr gölgeleme etkisine çok az maruz kalmasıdır, yani rüzgâr kuleye eğilerek varır. Kule yuvarlak ve düz olsa bile kanadın kuleden her geçişinde türbinin ürettiği güç biraz azalır. Bu nedenle rüzgâr çekilmesinden dolayı kanatların sert yapılması gerekir ve kanatların kuleden biraz uzakta yerleştirilmesi gerekir. Ayrıca, önden rüzgârlı makineler, rotoru rüzgâra karşı döndürmek için yaw mekanizmasına gerek duyarlar.

5.1.3 Tek Kanatlı Rüzgâr Türbinleri:

Tek kanatlı RT’nin yapılmasının sebebi, kanat sayısına göre dönme hızının yüksek olmasıdır. Bu sayede makine kütlesini ve rotorun döndürme momentini azaltmaktır. Ek olarak rotor kanadı, kanat üzerindeki yapısal yükleri azaltacak mekanizma ve kanat mekanizma hareketinin pürüzsüz olabilmesi için, tek menteşe ile sabitleştirilip, 2 karşı ağırlıkla dengelenmelidir. Diğer taraftan tek kanatlı rotorlarda, ilave yüklerden ortaya çıkan aerodinamik balanssızlık ve mekanizma hareketinin kontrol altında tutulması için kanat bağlantı noktaları çok iyi yapılmalıdır. Bir kanatlı RT’nin kanat uç hızı, üç kanatlı RT ile karşılaştırıldığında, iki kat daha yüksektir. Bu da çalışma esnasında aşırı gürültüye sebebiyet vermektedir.

5.1.4 Çift Kanatlı Rüzgâr Türbinleri:

Üç kanatlı türbinlere göre rotor maliyetinin azaltılmak istenmesi bu türbin fikrini doğurmuştur. Birçok ülkede 10 ile 100 metre rotor çaplı ölçülerde RT’ler tasarlanıp, Avrupa ve ABD’de çalışmaya başlamıştır. Bu ticari RT’lerden sadece birkaç tanesi prototip durumundan, seri üretime geçebilmiştir. İki kanatlı rotorun balansı, bir kanatlı rotora göre daha düzgündür. Fakat maalesef iki kanatlı rotorun sebep olduğu dinamik hareketleri önlemek için ilave teknik güç, maliyetin daha fazla artışına sebep olmaktadır. Kanat bağlantı noktalarının titreşimini azaltmak için rotora kadran sistemi ilave edilmiştir. Bu kadran, rotor şaftına dikey ve iki rotor kanadına dik yerleştirilir. Üç kanatlı rotorla karşılaştırıldığında en büyük avantajı; kanat uç hızlarının yüksek olmasıdır. Bu RT’nin gürültü seviyesinin yüksek olması ve düşük rüzgâr hızlarında ($3m/sn$) çalıştırılması dezavantajıdır.

5.1.5 Üç Kanatlı Rüzgâr Türbinleri:

Üç kanatlı modern türbinler, dünyanın her tarafında kullanılmaktadır. Üç kanat kullanımının asıl sebebi, dönme momentinin daha düzgün olmasıdır. Bu türbinde, türbinin yapısı üzerinde depolanan yüklerden dolayı salınım yapan atalet momenti olmadığından, kanat bağlantı göbeğinin içinde titreşimi önleyici pahalı parçalara gerek yoktur. Kanat uç hızı 70 m/s altında olduğundan gürültünün düşüklüğü, sarsıntısız döndükleri için göz estetiğini bozmamaları önemli bir avantaj olup, halk tarafından kabulünü sağlamıştır. Küçük güçlü RT'lerde, üç kanatlı rotor kullanıldığında güç problemleri ortaya çıkar. Bu problemin çözümü için düşük devirde dönen rotorun devir sayısını $1/n$ oranında arttıran dişliler kullanılır ve "cut in" olarak adlandırılan hız değerine ulaşmaya kadar, jeneratör boşa çalıştırılır.

5.1.6 Rüzgâr Hızına Göre Rüzgâr Türbinleri

5.1.6.1 Düşük Hızlarda Çalışan Rüzgâr Türbinleri:

İlk olarak 1870'li yıllarda ABD'de çok kanatlı düşük hızlarda çalışan türbinler üretilmeye başlanmıştır. Günümüzde 12 ile 24 adet arasında değişen kanatlar, rotorun neredeyse tüm yüzeyini kaplar. Yerleştirilen kuyruk kanadı dümen işlevini görür. Genellikle bu tip rüzgâr türbinlerinin çapı 5 ile 8 metre arasında değişir. Bu tipin en büyük örneği ABD'de inşa edilmiş olup, çapı 15 metredir. Yavaş çalışan rüzgâr türbinleri $2-3\text{ m/s}$ arası rüzgâr hızlarında kendiliğinden çalışmaya başlarlar. Bu türbinlerin özellikleri aşağıda maddeler halinde belirtilmiştir:

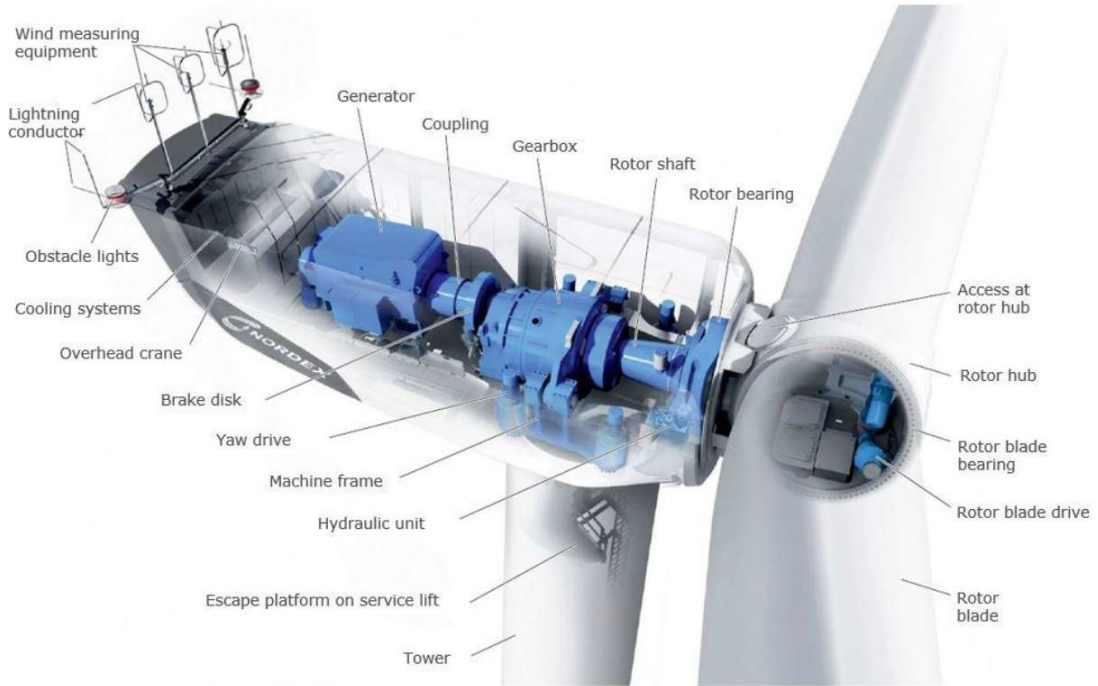
- Genellikle hızları $3-7\text{ m/s}$ arasında değişen rüzgârlarda kullanılırlar.
- Elektrik üretimi için verimleri düşüktür.
- Çap büyüdükçe ağırlık artacağından, bu türbinleri kurmak kolay değildir.
- Bu tipteki türbinler, daha çok su pompalama işi için idealdirler. Genellikle pistonlu pompalarda kullanılırlar.

5.1.6.2 Yüksek Hızlarda Çalışan Rüzgâr Türbinleri:

Yüksek hızlarda çalışan bu tip rüzgâr türbinlerinde kanat sayısı 1 ile 4 adet arasındadır. Düşük hızlarda çalışan çok kanatlı rüzgâr türbinlerinden çok daha fazla hafiftirler. İki kanatlı türbinler, üç kanatlılara göre %2-3 daha az verimlidir. Tek kanatlı türbinler ise, iki kanatlı türbinlerden %6 daha az verimlidirler. Ayrıca tek kanatlı türbinlerde dengeleyici olarak karşı ağırlık kullanılır. Yüksek rüzgâr hızlarında çalışan bu tip türbinlerde kanat sayısı arttıkça verim artar. Ancak 3 kanattan daha fazla sayıda kanat, maliyeti önemli ölçüde arttıracığından tercih edilmez. Bir ve iki kanatlı türbinler daha hızlı döndüklerinden, üç kanatlı türbinlere göre daha fazla gürültü yaparlar. Bütün bunların yanında, üç kanatlı türbinlerin estetik görünüşleri de bu tip türbinlerin daha çok tercih edilmesinde önemli bir etkidir. Söz konusu türbinlerin yavaş hızlarda çalışan rüzgâr türbinlerine göre avantajları şunlardır:

- Düşük kanat sayısı; bu tipteki türbinlerin fiyatını ve ağırlığını önemli ölçüde azaltır.
- Ani rüzgâr patlamalarından kaynaklanan basınç değişimlerinden az etkilenirler.
- Çok yüksek hızlarda çalışan kanat koruyucu sistemleri, bu tip türbinlerde daha ucuzdur.
- Yüksek verimleri nedeniyle günümüzde elektrik üretimi amaçlı kullanılan rüzgâr türbinlerinin büyük çoğunluğu bu tip türbinlerdir.

5.2 Rüzgâr Türbini Bileşenleri



Şekil 5.3 Rüzgâr Türbini Bileşenleri

5.2.1 Kule (Tower)

Sistemin mekanize bölümlerinin tümünü üzerinde bulunduran platform, çelik konstrüksiyondan ve gürültü kirliliğini azaltmak amacıyla ses izolasyonlu olarak imal edilmektedir. Platformun kütlesi üzerindeki aksamlarla birlikte 12-82 ton arasında değişebilmektedir. Platform bir mil vasıtası ile konik veya bilyeli radyal rulmanlarla kuleye, çevresinde dönebilecek şekilde yataklandırılır. Kule yüksekliği rüzgâr hızında etkili bir faktör olduğundan tasarımının hem çevrim sisteminin gücüne hem de mukavemetine göre yapılması gerekmektedir. Kule, sistem büyüklüğüne göre çelik koni boru, çelik kafes, çelik silindir, beton konik boru ya da silindir biçiminde imal edilebilmektedir. Kimi kule tiplerinde hibrit kullanılmaktadır. (Beton ve çelik). Göbek (hub) yüksekliğine bağlı olarak 3 veya 5 bölüme (section) kadar da çıkabilmektedir. (Bottom, mid 1, mid 2, mid 3, top)



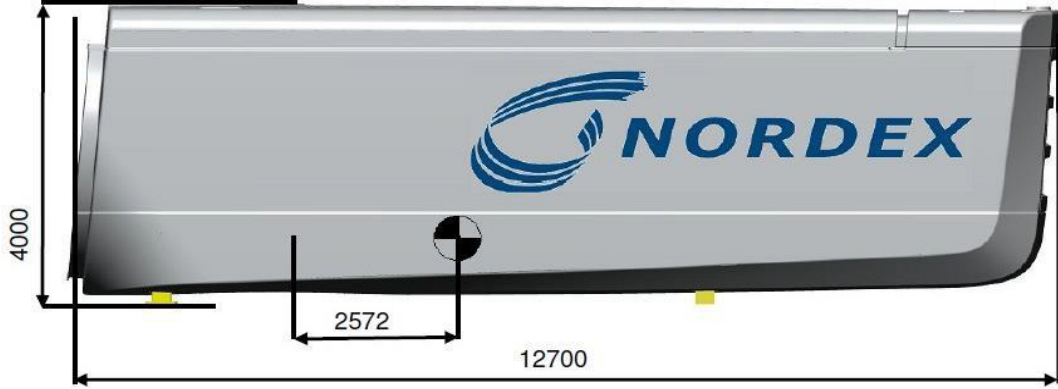
Şekil 5.4 Kule içi



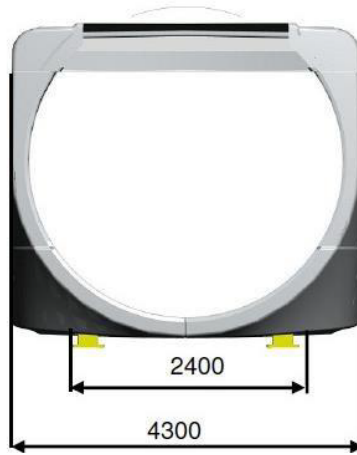
Şekil 5.5 Çelik Kule

5.2.2 Nasel (Nacelle)

Nasel yatay eksenli rüzgâr türbininin gövde kısmını oluşturmaktadır. İçerisinde çeşitli sistem elemanlarını barındıran bu kısım sistemin beyni niteliğindedir. Elektrik üretildiği, düzenlendiği bu kısım aynı zamanda rüzgâr türbini için tüm kontrolünün yapıldığı yerdir.



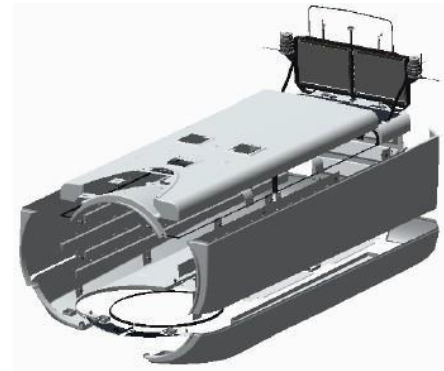
Şekil 5.6 Nacelle Boyutları



Şekil 5.7 Nacelle Ön Görünüş



Şekil 5.8 Nacelle Yan Görünüş-1



Şekil 5.9 Nacelle Yan Görünüş-2

5.2.2.1 Yaw Mekanizması (Yaw Drive)

Kulenin üzerindeki anemometre, yön sensörü, ultrasonik vasıtasıyla gelen rüzgâr yönü ve şiddetine göre türbinin rüzgâr ile yüzleşmesini veya tam tersi şekilde türbinin durması istenen durumlarda rüzgârın kanatları döndüremeyecek duruma gelmesini sağlar. Genellikle nasele monte edilmiş elektrik veya hidrolik motorların kontrolünü içermektedir. Nordex firmasının tüm türbin modellerinde kullanılan yaw sistemleri aşağıdaki gibidir.



Şekil 5.10 Yaw Mekanizması



Şekil 5.11 Yaw Sensörleri

5.2.2.2 Yaw Motorları

Yaw motorları naselin rüzgâr yönüne doğru dönüşünü sağlayan her biri bir sürücü ile kontrol edilen komponentlerdir. Yaw motorları yaw dişli kutuları üzerindedir. Türbinin büyüklüğüne göre 2-3-4 adet "yaw motor" bulunmaktadır. Komutu yaw converter denilen sürücülerden alır ve bilgi alışverişini de yine bu converterlar üzerinden yapar.



Şekil 5.12 Yaw Motorları

5.2.2.3 Dişli Kutusu (Gear Box)

Rüzgâr türbininin en ağır ve en pahalı parçasıdır. Rotor milinin düşük dönme hızını jeneratörün ihtiyaç duyduğu yüksek hıza dönüştürür. Rüzgâr türbinlerinin dişli kutuları genellikle planet dişli sistemi kullanır. Doğrudan sürücülü türbinlerde dişli kutusu yoktur. İçerisinde 500 litre "x-optic gear" yağ bulunur. 2 yılda bir boroskopi yapıp dişliler kontrol edilir. Her yıl filtre değişimi yapılır. (İsteğe göre 2. bir filtre de yerleştirilir.) Türbin boyutuna göre dişli kutusu markası ve boyutu değişir.



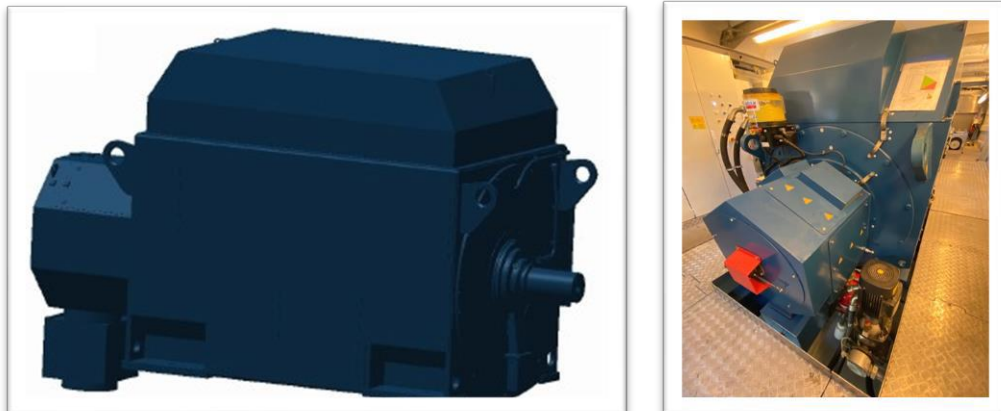
Şekil 5.13 Dişli Kutusu (Gearbox)

5.2.2.4 Jeneratör (Generator)

Rüzgâr türbinlerinde mekanik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürmek için gerekli olan parçadır. Basitçe jeneratörlerin çalışması elektromanyetik alan prensibine dayanmakta olup, bobin üzerinde oluşturulan manyetik alanın, o bobin teli üzerinde akım meydana getirmesi şeklindedir.

Genellikle aşağıdaki üç tip jeneratör Rüzgâr türbinlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır:

- Doğru Akım Jeneratörü
- Senkron Jeneratör (Alternatör)
- Asenkron Jeneratör (İndüksiyon Jeneratör)



Şekil 5.14 Nordex N117/3000 Türbinlerinde Kullanılan Asenkron Jeneratör

5.2.2.4.1 Senkron Jeneratörler (Alternatörler)

Senkron jeneratörler veya alternatörler, mekanik gücü AC elektrik gücüne dönüştürmek için kullanılan senkron makinelerdir. Bir senkron generatörde, rotor sargısına DC akım uygulanır. Bu akım bir rotor manyetik alanı oluşturur. Sonra generatörün rotoru, bir hareket kaynağı ile döndürülür. Böylece makinada içinde dönen bir manyetik alan üretilmiş olur. Bu dönen manyetik alan generatörün stator sargılarında üç fazlı gerilimler indükler. Genelde makinada sargıları tanımlamak için iki terim kullanılır. Bunlar; alan sargıları ve endüvi sargılarıdır. Genel olarak “alan sargıları” terimi makinada ana manyetik alanı üreten sargılar için ve “endüvi sargıları” terimi de ana gerilimin endüklendiği sargılar için kullanılır. Senkron makinalarda alan sargıları rotor üzerinde bulunduğundan, bu sargılara rotor sargısı da denir. Benzer şekilde endüvi sargıları stator sargıları olarak da isimlendirilir.

5.2.2.4.2 Asenkron (İndüksiyon) Jeneratörler

Asenkron jeneratörün statoru üç faz grubundan birçok sarıma yataklık yapar. Bu üç grup sargı, fiziksel olarak stator etrafına yayılı halde olur. Bu sargılar üzerindeki akıştan ötürü rotor etrafında dönen bir manyetik alan oluşur ve bu manyetik alan, asenkron makinenin en önemli çalışma özelliğini meydana getirir. Rotor akımı ile stator akışı arasındaki etkileşim, bir hareketlenmeye neden olur. Eğer rotoru bir rüzgâr türbinine bağlayıp senkron hızdan daha yüksek bir hızda döndürürsek, rotorda indüklenen akımın yönü, motor çalışma yönünün tersinde olur. Bu durumda makine jeneratör olarak çalışmaya başlar. Türbinin mekanik gücünü elektrik enerjisine çevirir ve stator uçlarına bağlı yükü besler. Eğer makine şebekeye paralel olarak çalışıyorsa, şebekeye güç temin edecektir. İndüksiyon jeneratörler Rüzgâr türbinlerinde bütün dünyada yaygın bir şekilde kullanılmaktadır.

5.2.2.5 Jeneratör Soğutma (Generator Cooling)

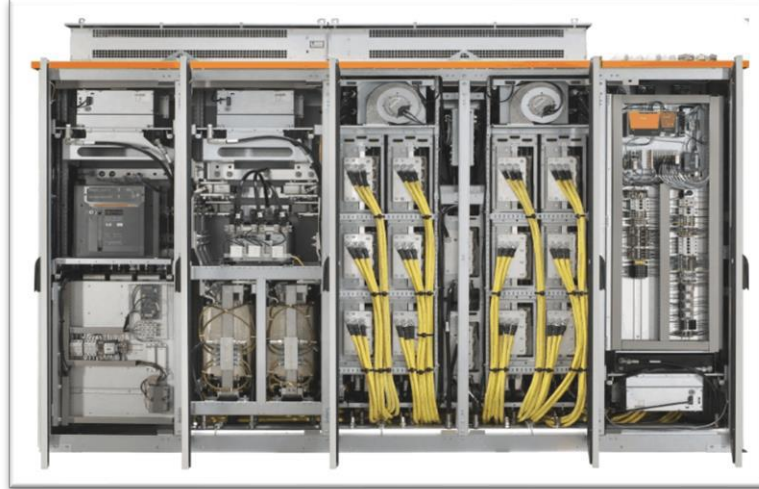
Jeneratörler sahanın iklimsel şartlarına göre antifriz ve su karışımı vasıtasıyla soğutulur. Türbinin dışarısında bulunan radyatör sayesinde bu karışımın soğutma işlemi gerçekleştirilir.



Şekil 5.15 Radyatör

5.2.2.6 Konvertör (Converter)

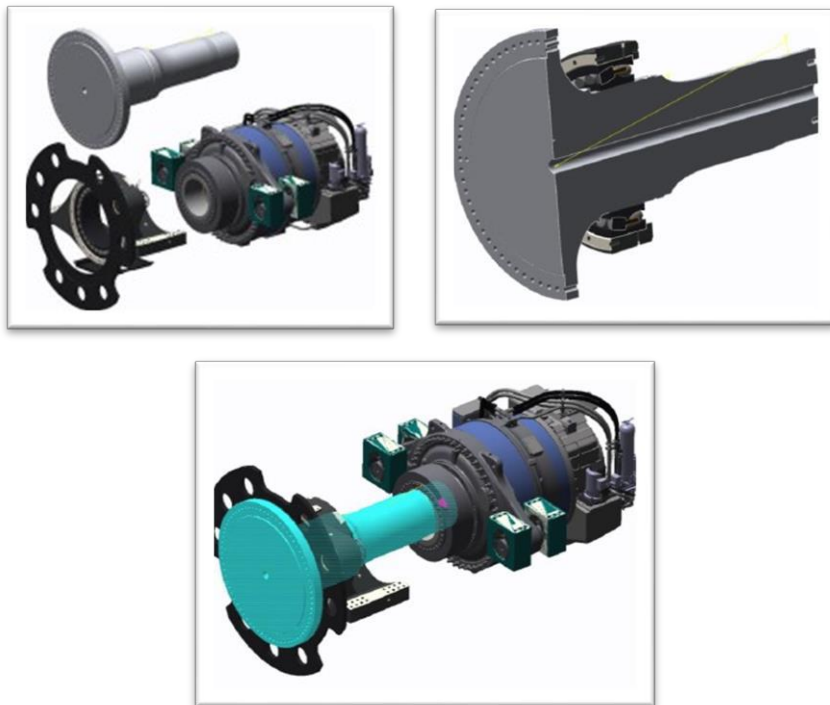
Düşük seviyeli DC gerilimlerini, yeterli akımı da sağlayacak şekilde istenilen seviyede DC veya AC gerilimlere dönüştüren cihazlara "converter" denir. Converter elektrik enerjisinin kontrolünü sağlayan ve herhangi bir akım şeklindeki enerjiyi başka akım şekline çeviren ayardır. Güç elektroniğı devrelerinden olan konvertörler herhangi bir DC kaynaktan aldığı gerilimi işleyerek, sabit ya da değışken genlik ve frekanslı AC gerilimi elde etmek için kullanılan elektronik devrelerdir.



Şekil 5.16 Konvertör

5.2.2.7 Rotor Şaftı (Rotor Shaft)

Rotor mili, rotor dönüşünü ve torkunu dişli kutusuna iletir. Rotor milinin içi boştur. Kablolar şaftın içerisinde geçer. (Slip Ring)



Şekil 5.17 Rotor Şaftı Görünümleri

5.2.2.8 Rotor Rulmanları



Şekil 5.18 Rotor Rulmanları

5.2.2.9 Coupling

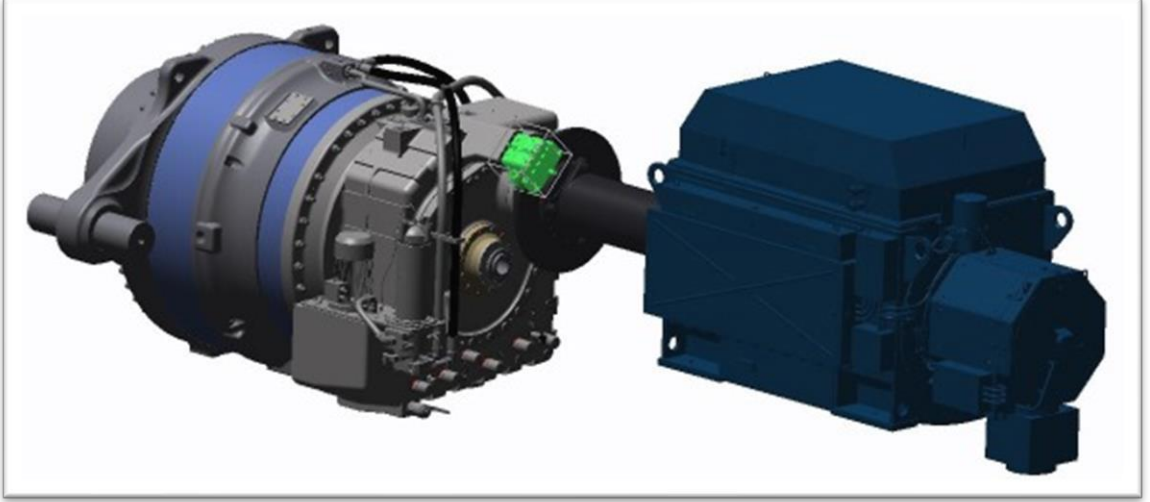
Dişli kutusu ve jeneratör arasındaki bağlantı ekipmanıdır.



Şekil 5.19 Coupling

5.2.2.10 Fren Sistemi

Rüzgâr türbinlerinin devir sayılarının sabit tutulması gerektiğinde veya jeneratörün aşırı ısınması, şebekeden ani kopma gibi istenmeyen durumlarda ve bakım, tamirat gerektiren durumlarda türbinin durdurulması gerekebilir. Bunların yanında fırtına gibi yüksek rüzgâr hızlarının olduğu durumlarda rüzgâra karşı kanadın küçük bir yüzeyini göstermek veya acilen türbini tamamen durdurmak gerekebilir. Bu tip durumlarda kullanılmak üzere aerodinamik fren ve mekanik fren sistemleri geliştirilmiştir. Aerodinamik fren sistemleri kanat ucunun eksenleri etrafında belli bir açıda dönmesi mantığı ile çalışmaktadır. Mekanik fren sistemi rüzgâr türbininin ikincil acil emniyet sistemi olup; aerodinamik fren sisteminin yedeği gibi kullanılmaktadır. Mekanik fren, dişli kutusunun jeneratöre bağlanan yüksek hızlı şaftına sabitlenmiştir.



Şekil 5.20 Fren Sistemi

5.2.3 Hub

Hub rüzgâr türbin kanatlarının birleştiği ortak noktadır. İçerisinde kanat dişlileri yağlama hattı, pitch dişli kutusu ve motorları ve central box denilen bilgilerin ve enerjinin dağıtıldığı toplanma noktasını barındırır. Yaklaşık 27 ton ağırlığındadır. Rotorlock yapılarak sabitlenir ve bu sayede içerisinde çalışma yapılır. Maksimum çalışma rüzgârı 12 *m/s* dir. 12 *m/s* üzerindeki hızlarda kanada düşen yük miktarı artacağından dolayı “**rotorlock**” kaldırılıp kanatların serbest salınımında durması sağlanır.



Şekil 5.21 Hub Elemanları

5.2.3.1 Rotorlock

Rotor kilitleri rüzgâr türbini endüstrisinde kullanılır ve tipik olarak türbinin ana rotor şaftına monte edilen güvenlik elemanıdır.

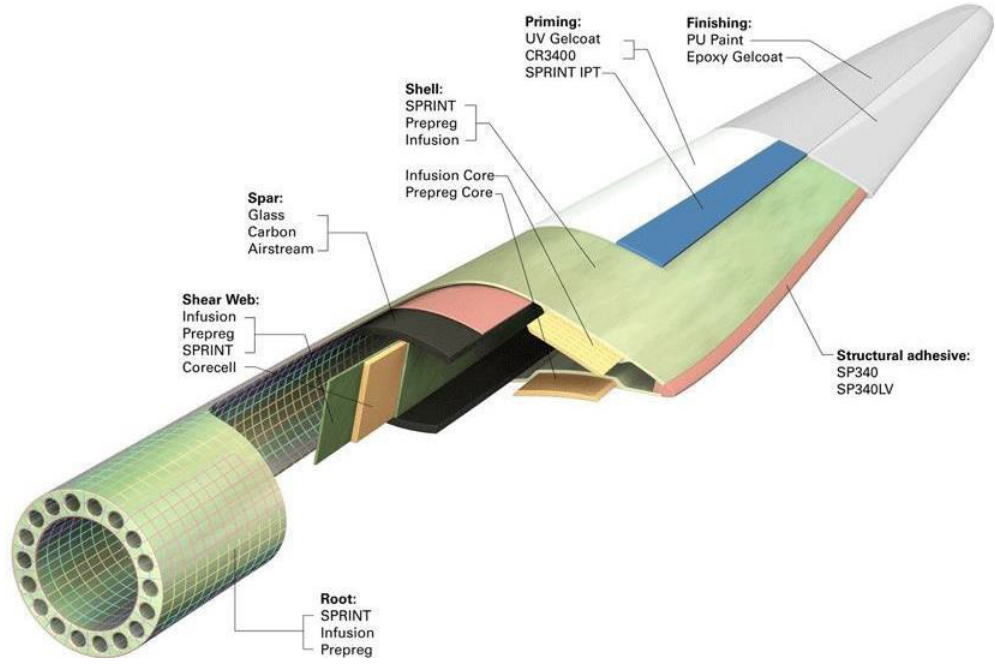
Bakım çalışmalarında, örneğin; kanat, göbek veya güç aktarma sistemindeki çalışmalar öncesi; istenmeyen dönmeye karşı rotor kilidi aracılığıyla rotor kilitlenir. Bu sistem; hidrolik, elektrikli, veya mekanik olarak rotor diskine doğru uzatılan bir kilitleme mekanizmasından oluşur.



Şekil 5.22 Rotorlock Mekanizması

5.2.4 Kanatlar (Blades)

Kanatlar rüzgârı yakalar ve onun gücünü rotora aktarır. Rotor, gücü şaft vasıtasıyla dişli kutusuna, oradan da jeneratöre gönderen en dış birimdir. Bunlar rüzgâr türbininin yüksekliği, rüzgâr türbin kanadının süpürme alanı ve aerodinamik yapısı, hava yoğunluğu ve rüzgâr hızı gibi faktörlerdir. Bu faktörlerin en önemlilerinden biri de rüzgâr türbin kanadının aerodinamik yapısıdır. Rüzgâr türbin kanadının aerodinamik yapısının önemi rüzgârın barındırdığı kinetik enerjinin maksimum %59'unun yararlı enerjiye dönüştürülebiliyor olmasından kaynaklanmaktadır. Rüzgâr türbininin sınıfına göre uzunluğu değişir. Kanat malzemesi olarak genellikle **GRP-Glass Reinforced Plastic**, ağaç, haddelenmiş ağaç, karbon fiberiyle kuvvetlendirilmiş plastik **CFRP-Carbon Fibre Reinforced Plastic**, çelik ve alüminyum kullanılmaktadır. 25 metre ila 72,5 metre aralığında boyları vardır. (Türkiye için) Kendi etrafında 360 derece dönebilir. İçerisinde yıldırım koruma hattı mevcuttur. Rüzgârın şiddetine göre 0-90 derece arasında uygun olan derecede anlık açısal değişimler yapar.



Şekil 5.23 Kanat Yapısı

	NR50	NR58.5	NR65.5
Wind Turbine Type	N100	N117	N131
Length	48,8 m	57,3 m	64,4 m
Weight	11.150 kg	10.500 kg	14.350 kg
Max. Blade Chord	3.700 mm	3.496 mm	3.938 mm
Marked Surface	7,823 m^2	10,715 m^2	13,636 m^2
Screw Diameter	2.300 mm	2.300 mm	2.800 mm
Materials	GRP, Balsa Wood, Fillers	GRP, CRP, Balsa Wood, Fillers	GRP, CRP, Balsa Wood, Fillers

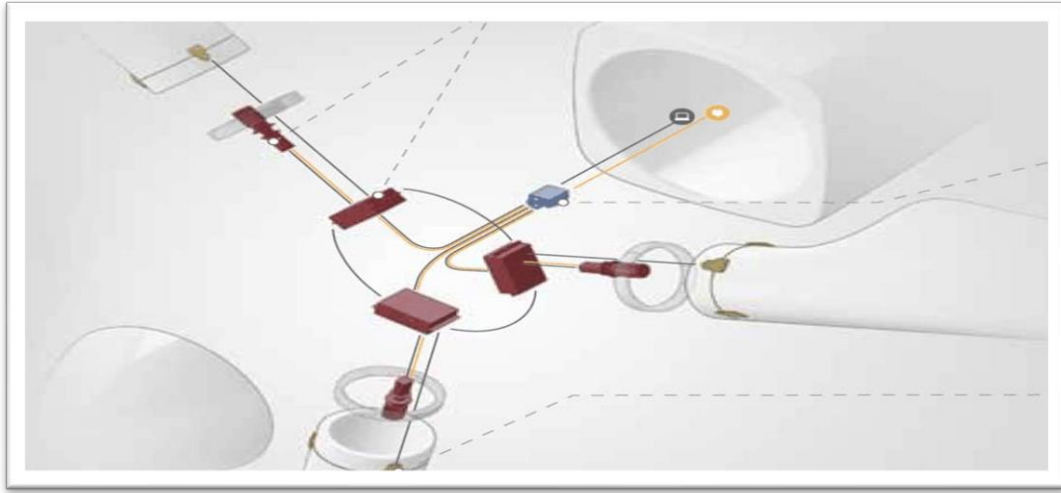
Tablo 5.1 Türbin Tipine Göre Değişen Kanat Teknik Bilgileri



Şekil 5.24 N117 Rüzgâr Türbini Kanadı

5.2.5 Kanat Yönlendirme (Pitch Control)

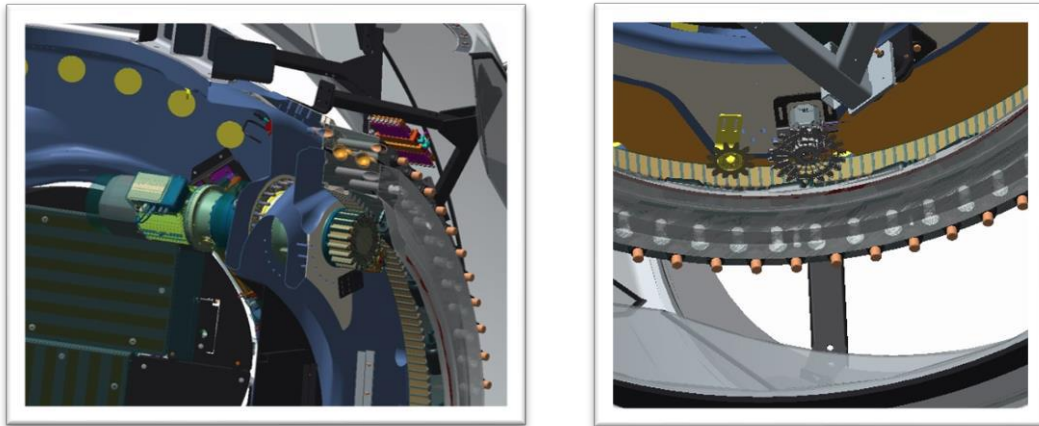
Pitch kontrollü türbinlerde kanatlar, göbeğe sabit bir açı ile sabitlenmiş değildirler. Kanat, pitch kontrol mekanizması sayesinde rüzgâr hızına göre eksen etrafında döndürülebilmektedir. Bu türbinler, nominal hız üzerinde sabit güç üretimi sayesinde daha kaliteli bir güç çıkışı sağlamaktadırlar. Bu sistem ile bütün hızlarda kullanılarak elde edilen enerjinin artırılması sağlanabilir ya da sistemde aşınmayı azaltmak için sadece nominal hızın üzerinde güç kontrolü için kullanılabilir. Pitch kontrollü türbinlerden elde edilecek performans artışı temel olarak kullanılan pitch mekanizmalarının hızına ve hassasiyetine bağlıdır. Kanat yönlendirme türbinde **PLC (Programmable Logic Controller)** tarafından yapılır. Kanatlar rüzgârın şiddetine göre 0-90 derece arası çalıştırılır.



Şekil 5.25 Pitch Control

5.2.6 Kanatların Açılarının Ayarlanması ve Kontrolü

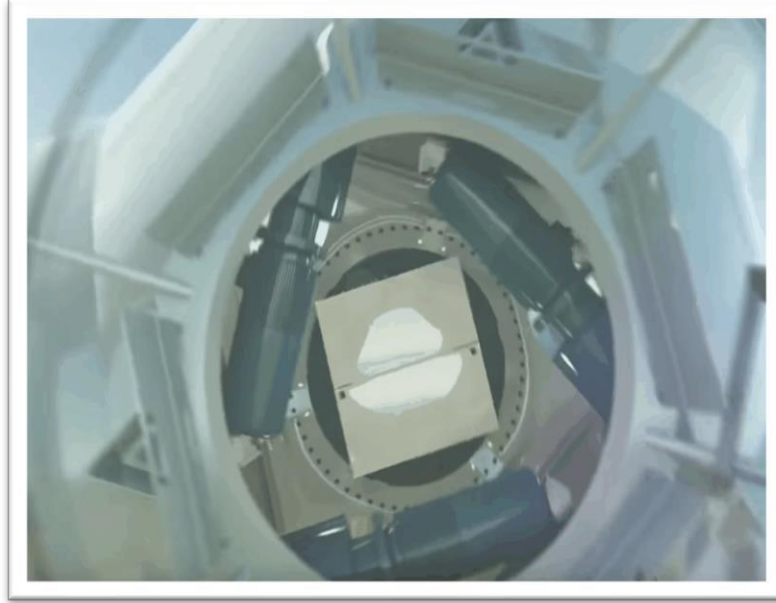
Her bir kanadı kontrol eden kanat sürücü (**Pitch Master**) ve kanadın açısı değişimini sağlayan motor vardır. Bu motorların her biri bir kanat dişli kutusu üzerindedir. Kanatlara bilgi pitch master üzerinden gelir ve kanat aldığı komuta göre pitch derecesini ve testini yapar. Pitch masterlar **profinet** haberleşme sistemi üzerinden bilgi akışı verişini gerçekleştirir.



Şekil 5.26 Pitch Motorları

5.2.7 Pitch Motorları

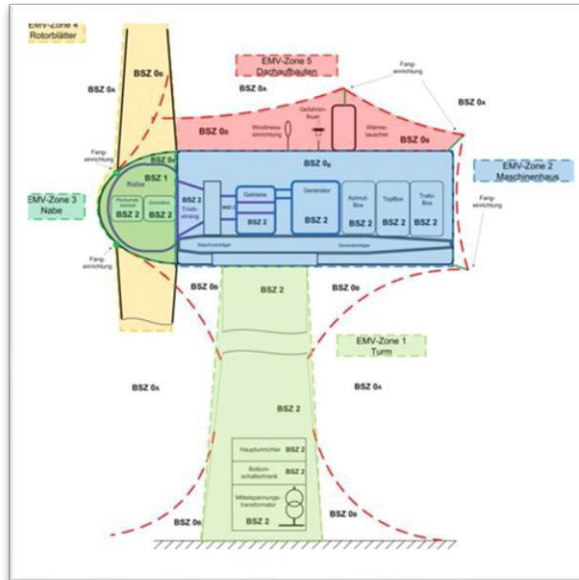
Her türbinde 3 adet pitch motor bulunur. Bu motorlar kanadın 0-90 derece arası gidiş gelişini sağlar, komutları her bir kanatta bulunan pitch musterlardan alır.



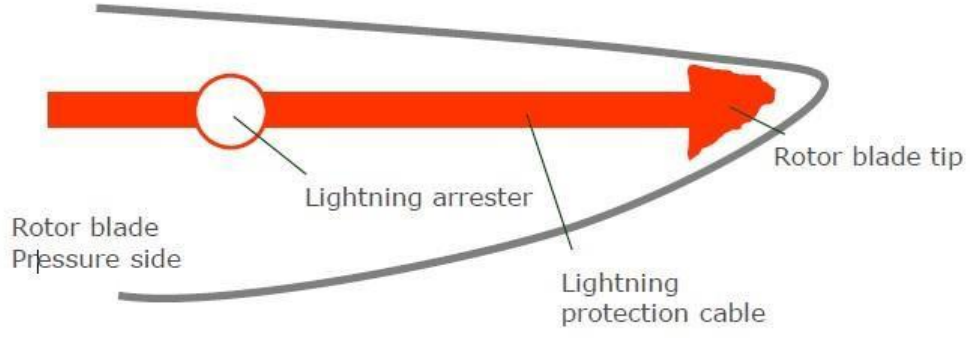
Şekil 5.27 Pitch Motorları

5.2.8 Yıldırım Koruması – Rotor Kanadı (Lightning protection - rotor blade)

Tüm paratonerler IEC 62305-3 gerekliliklerini karşılamalıdır. Paratonerler, bir rüzgar türbinine yıldırım çarpmasının kontrollü olarak boşaltılmasını sağlamak için kullanılır. Rüzgar türbinindeki paratonerler öncelikle rotor kanadı, göbek ve motor bölümü alanlarında bulunur.



Şekil 5.28 Paratoner Sistemi



Şekil 5.29 Kanat Reseptörü



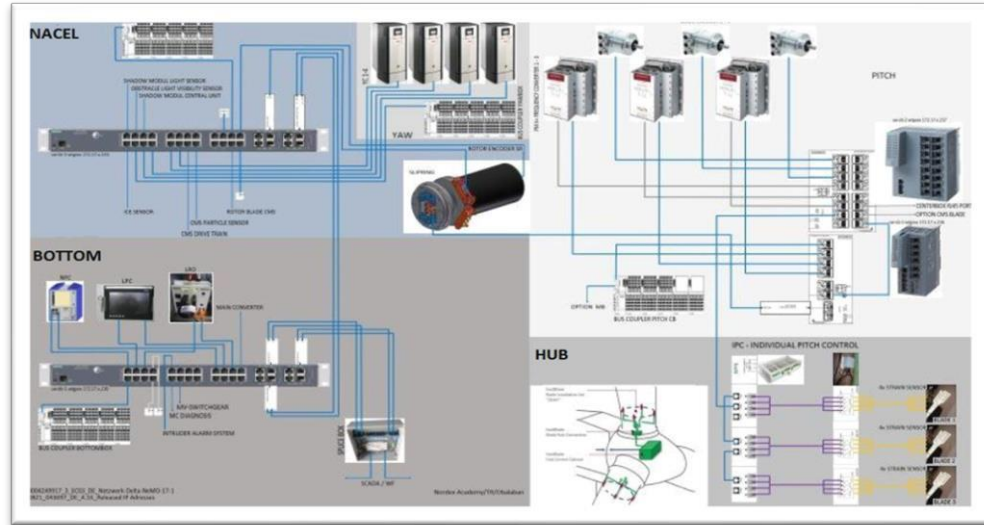
Şekil 5.30 Kanat Yıldırım Testi



Şekil 5.31 Rüzgâr Türbini Yıldırım Düşüş Anı

5.2.9 Haberleşme

Türbinde fiber ve ethernet haberleşmesi mevcuttur. Bu haberleşme analog/input modüllerle desteklenir. **"bottom"**, **"nacelle"** ve **"hub"** arası haberleşme mevcuttur. Her bir bilgi en son Bottom'a gelir. Bottom'dan da SCADA'ya ve Ana server'a aktarılır. Anlık tüm değerler kaydedilir.



Şekil 5.32 Haberleşme Prosedürü

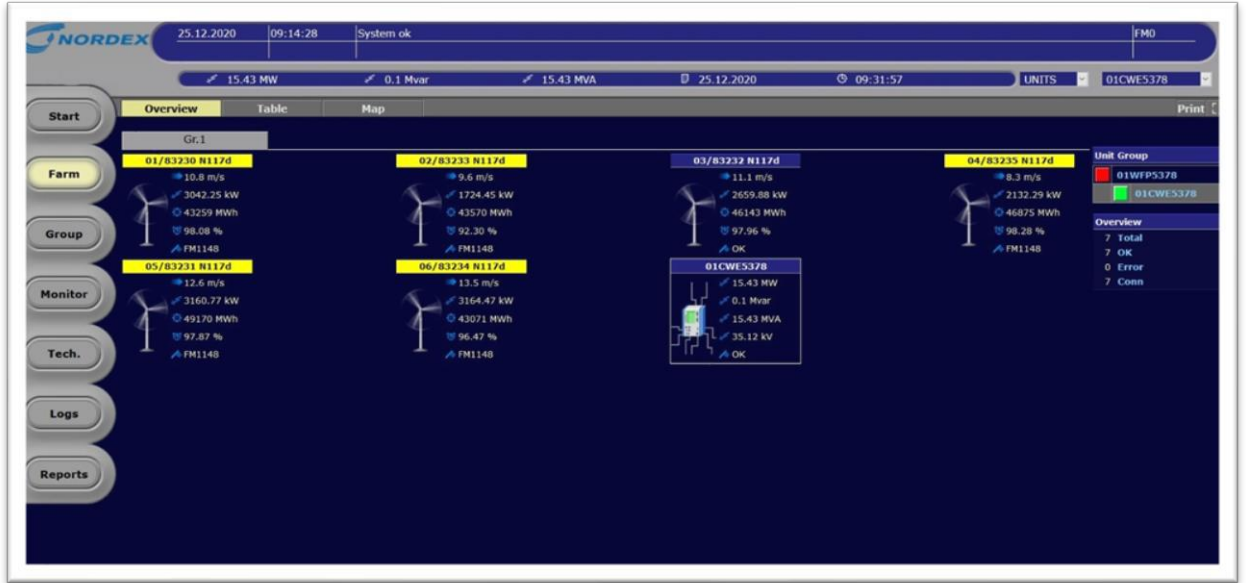
5.2.10 Rüzgâr Türbini Elektronik Kontrol Sistemi (SCADA)

Her türbin firmasının kendine özel hazırlatığı bir SCADA sistemi vardır. SCADA sistemi türbin içerisindeki her modüle, sensörlere, ana compenantlara, warning ve arızalara erişim sağlar. SCADA sisteminde Access Levellar mevcuttur. Access level yukarıda bahsedilen kısımlara erişim iznini belirler. SCADA, Supervisory Control and Data Acquisition kelimelerinin ilk harflerinden oluşmuştur. Türkçeye Denetimli Kontrol ve Veri Toplama Sistemi olarak çevrilir. SCADA sistemleri, belirli bir alanda toplanmış küçük bir sistem ile geniş bir coğrafi alana yayılmış iletim hatlarının, borulu taşıma sistemlerinin (petrol, su) veya bir fabrika ya da işletmede çalışan rüzgar türbinlerinin, gözlenmesini, durumları hakkında bilgi edinilmesini ve kontrol edilmesini sağlar.Saha cihaz ve noktalarından elde edilen gerçek zamanlı arızaların tespiti, arızanın işletmenin hangi bölgesinde olduğunun ve önem derecesi belirlenerek filtrelenebilmesi ve öncelik seviyesinin tespiti, arızanın giderilmesi ile ilgili yapılan çalışmaların operatör veya bakımcı tarafından not olarak belirtilebilmesi, arıza ve arıza ihbarlarının tarihsel özetinin ekrandan ve yazıcıdan alınabilmesi ve sabit disk veya sunucuya kaydedilebilmesi arıza ihbar işlemlerini yerine getiren bir kontrol ünitesinden beklenen özelliklerdir.

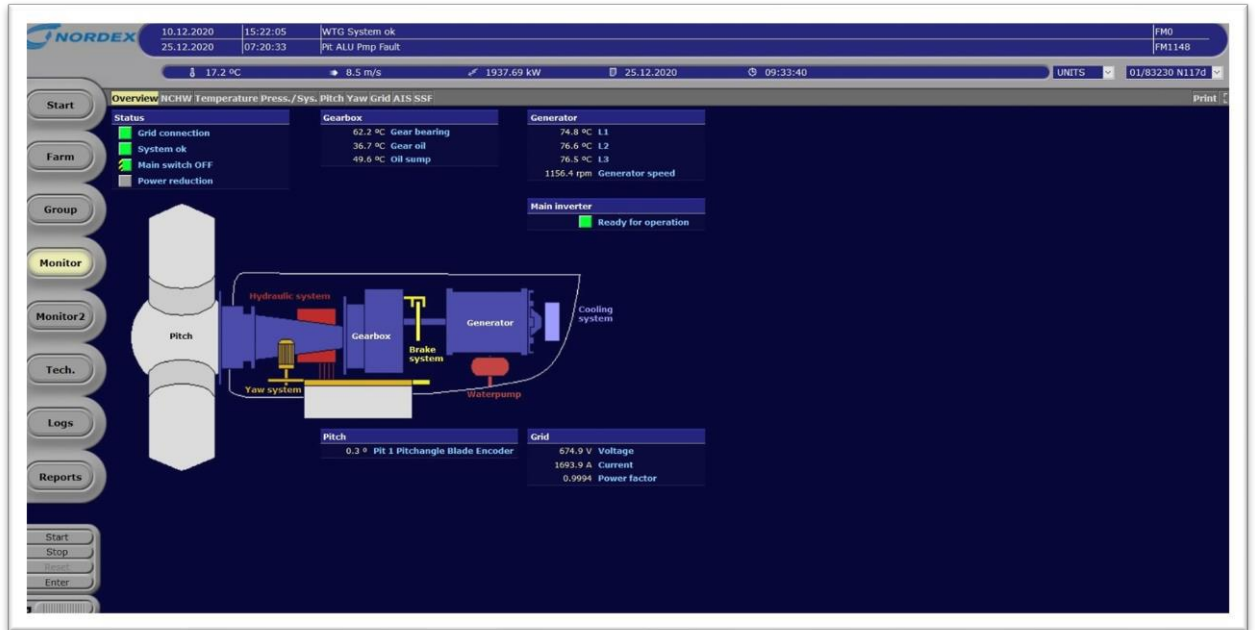
5.2.10.1 SCADA Sisteminin İşlevleri

SCADA sisteminin fonksiyonları 4 grupta toplanmaktadır. Bunlar:

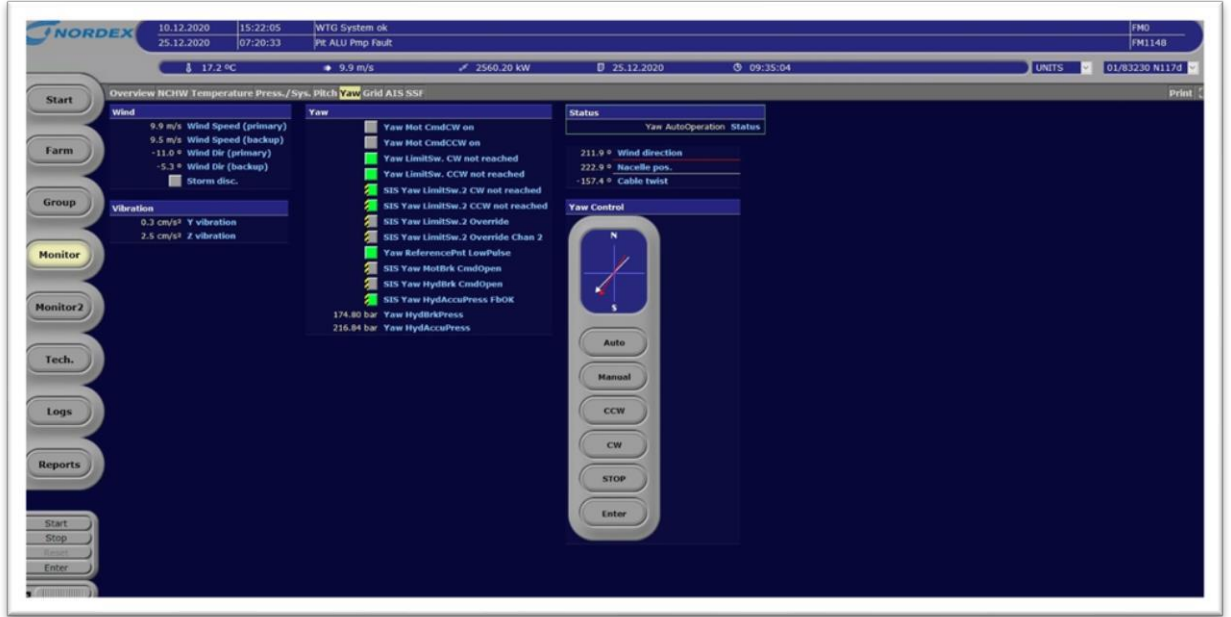
1. İzleme İşlevleri
2. Kontrol İşlevleri
3. Veri Toplama
4. Verilerin Kaydı ve Saklanması



Şekil 5.33 Devreye Giriş ve Çıkış Rüzgâr Hızları (İşletme Aralığı)



Şekil 5.34 Jeneratör Çıkışının Şebekeye Verilmesi



Şekil 5.35 Naselin Oryantasyonu (Rüzgâr Yönüne Göre)



Şekil 5.36 Kanat Pitch Açısının Düzenlenmesi

5.3 NORDEX Türbinlerinde Kullanılan Opsiyonel Ekipmanlar

5.3.1 Buz Uyarı Sistemi (Ice Warning System)

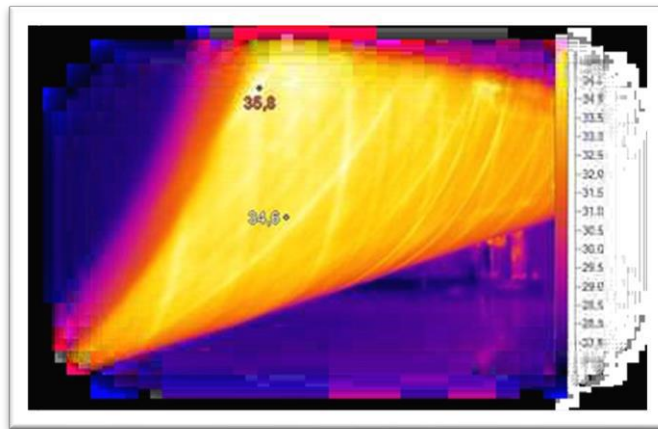
- ❖ Buz uyarı sistemi, buz oluşumuna ilişkin hava koşullarını izler.
- ❖ Kontrol ünitesi rüzgâr türbinini durdurur ve türbin idle konumuna alınır. (Rölanti)
- ❖ Sistem sayesinde uçan buz bloklarından kaynaklanan tehlikeli durumların önlenmesi sağlanır.

5.3.2 Rotor Kanadı Buzlanmayı Önleme Sistemi (Rotor Blade Anti Icing System)

- ❖ Nordex rüzgâr türbinleri, rotor kanatları için buzlanmayı önleyici bir sistemle donatılabilir.
- ❖ Bu sistem, rotor kanatlarının ön tarafında buz birikmesini önler. Sistem sayesinde rüzgâr türbininin optimum çalışması sağlanmış olur.
- ❖ Rotor kanatları için buzlanmayı önleme sistemi, rotor kanatlarındaki ısıtma elemanlarından oluşur.



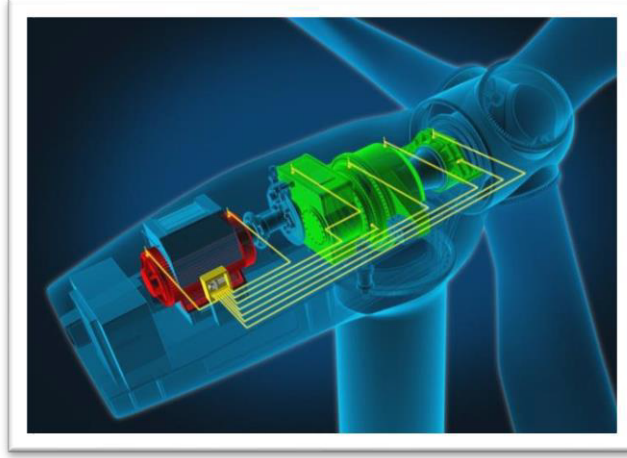
Şekil 5.37 Termal Kamera ile İzlenmiş Kanat Şekil 5.38 Buz Uyarı Sistemi Ekipmanları



Şekil 5.39 Termal Kamera Görüntüsü

5.3.3 Durum İzleme Sistemi (Condition Monitoring System)

CMS, rüzgar türbinlerinde bulunan önleyici bakım ekipmanıdır. Durum izleme sistemi ana komponentler üzerinde monte edilen sensörlerin sürekli olarak vibrasyon ölçümü yaparak uzaktan izleme sistemi kurulması sağlar. Bu sistem, aşınmanın rüzgâr türbininin mekanik parçaları üzerindeki etkilerinin hızlı bir şekilde belirlenmesine ve gerekli bakım ve servis faaliyetlerinin tanımlanıp planlanma-sına olanak tanır. Uygunsuzluk durumunda, CMS uyarı veya alarmlar üretir ve bunlar daha sonra Nordex durum izlemeye iletilir.



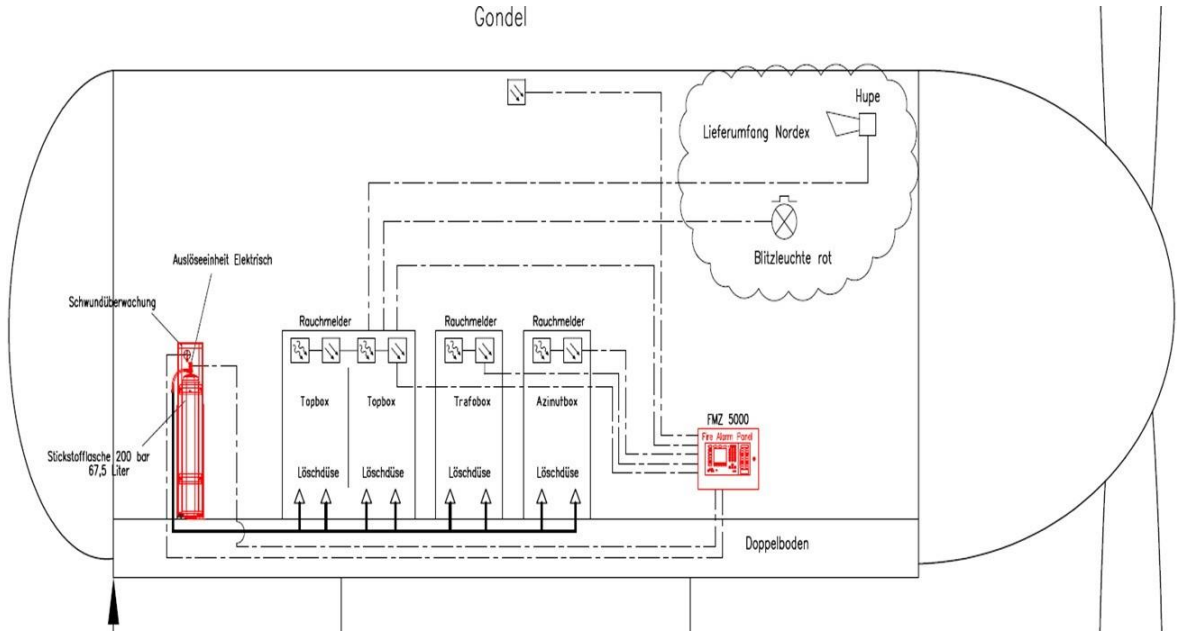
Şekil 5.40 Durum İzleme Sistemi

5.3.4 Yangın Alarmı ve Yangın Söndürme Sistemleri (Fire Alarm and Fire Extinguishing Systems)

- Motor bölümü ve şalter kabinleri içinde duman algılama.
- Gazlı söndürme maddesi kullanarak söndürme işlevi. (Anahtar dolapları, jeneratör kontakt halkası kutusu, tüm makine dairesi değil)



Şekil 5.41 Yangın Söndürme Sistemleri



Şekil 5.42 Yangın Söndürme Sistemleri



Şekil 5.43 Nasel için Yangın Söndürme Sistemi

5.3.5 Tehlike veya Engel Işığı (Hazard or Obstacle Light)

- Rüzgâr türbinine bağlı olarak, farklı tehlike veya engel ışıklarına ihtiyaç vardır.
- Özel tasarımları sistem tarafından belirlenir ve önemli ölçüde değişebilir.
- Rüzgâr türbininin münferit bileşenleri için özel bir renk şeması da gerekli olabilir.



Şekil 5.44 Gece İkaz Lambası (Kırmızı)



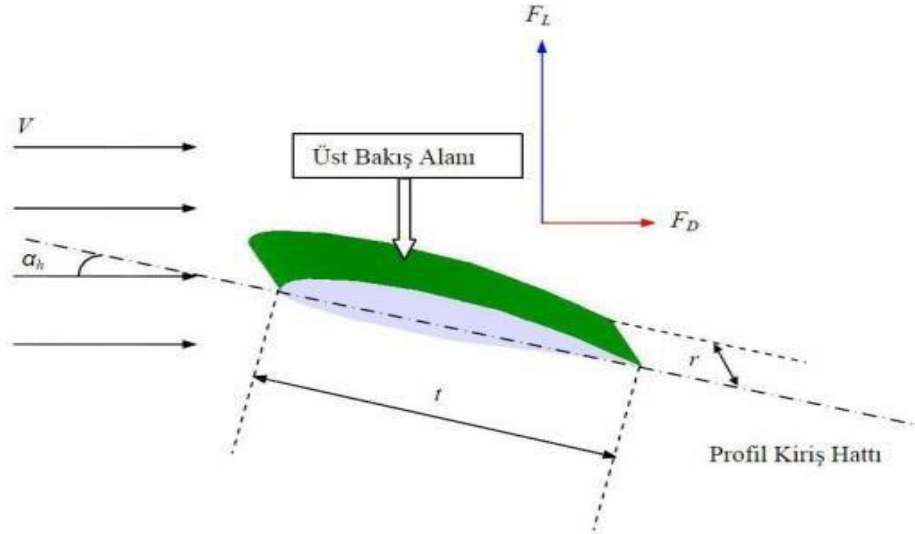
Şekil 5.45 Gündüz İkaz Lambası (Beyaz)

5.4 Rüzgâr Türbini Aerodinamiği

Rüzgâr türbininin kanatlarının şekil ve boyutları rüzgârdan enerjiyi verimli olarak almak için gereken aerodinamik performans ile kanat üzerindeki kuvvetlere dayanması için gerekli mukavemet tarafından belirlenir. Yatay-eksenli rüzgâr türbininin aerodinamiği basit değildir. Kanatlardaki hava akışı türbinden uzaktaki hava akışıyla aynı değildir. Enerjinin havadan alınma şeklinin doğası gereği hava türbin tarafından sapıtılmasına neden olur. Ayrıca rotor yüzeyindeki rüzgâr türbininin aerodinamiği diğer aerodinamik alanlarda nadiren görülen olgular sergiler. Modern rüzgâr türbinlerinin nasıl çalıştığını anlamak için kanat profili ve bu kanat profili üzerine etkiyen iki önemli aerodinamik kuvvet iyi bilinmelidir. Bunlar sürüklenme (**drag**) ve kaldırma (**lift**) kuvvetleridir.

5.4.1 Sürüklenme Kuvveti (Drag Force) ve Kaldırma Kuvveti (Lift Force)

Modern rüzgâr türbinlerinin kanat kesitleri, akış esnasında kanat üzerinde meydana gelen yüklerden optimum gücün elde edilmesi amacıyla geliştirilmiş olan özel profillerden (airfoil) seçilmektedir. Bu özel profillerin geliştirilmesinde amaç, meydana gelen kaldırma kuvvetinin iyileştirilmesidir. En genel haliyle, profiller, bir kiriş hattı üzerinde ve altında tanımlanmış 2 adet özel eğrinin birleşiminden oluşur. Üst eğrinin, alt eğriye göre daha kambur bir forma sahip olması, her iki tarafta farklı akışkan hızları oluşturur. Bu yüzden bir basınç farkı meydana gelir ve yüksek basınç tarafından alçak basınç yönüne doğru bir kaldırma kuvveti doğar. Bir serbest akım içerisinde yer alan, sahip olduğu kiriş hattı ile akışkan hızı arasındaki hücum açısı α olan örnek bir profil ve üzerine gelen kuvvetler ise Şekil 5. 46 'da görülmektedir. Akış sebebiyle meydana gelecek olan sürüklenme kuvveti (F_D), her zaman için akış yönüne paraleldir. Oluşan diğer kuvvet, kaldırma kuvveti ise (F_L), akışa ve sürüklenme kuvvetine dik yöndedir. Türbini döndüren kuvvet, bu iki kuvvetin bileşkesidir.

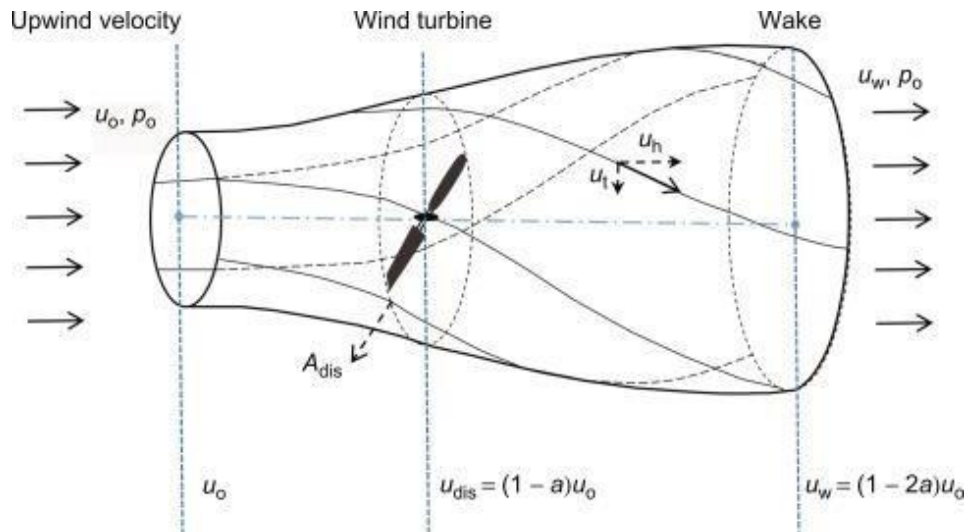


Şekil 5.46 Bir Profil Üzerine Gelen Kuvvetler

5.4.2 İdeal Disk Teorisi ve Betz Limiti

Rüzgârdan enerji elde etmek için kurulacak türbinin boyutları aerodinamik yapı ile doğrudan ilişkilidir. Sistem ne kadar ideal olursa olsun rüzgârdan elde edilecek enerjinin bir üst limiti vardır. Betz tarafından 1919–1926 yılında belirlenen bu limite “Betz Limiti” denir. Betz söz konusu teoriyi hesaplarken hareketli diskin önünde, üzerinde ve gerisindeki hava akımları için enerjinin korunumu kanunlarını kullanmıştır. Betz’in ideal disk teorisine göre;

Diskten geçen havanın akış hızı, disk alanının her noktasında eşit olmasına rağmen basınç ani olarak düşer. Bu basınç farkından dolayı diskin hareket enerjisi artmış olur. Betz teoremine göre hesaplama yapılırken, akışın sürekli, homojen ve sıkıştırılmaz olduğu, disk üzerindeki basınç değişiminin disk üzerindeki her noktada aynı olduğu, sonsuz sayıda kanat olduğu ve diskin önünde ve arkasında türbülans olmadığı kabullenilmektedir. İdeal disk teorisinin analizi, kontrol hacmi alınarak yapılır. Burada kontrol hacminin sınırları Şekil 5.47’de gösterildiği gibi akım tüpünün sınırları ve akım tüpünün iki ucu dur.



Şekil 5.47 Diskten geçen havanın akış hızı

5.5 Rüzgâr Türbini Güç Üretimi

Rüzgâr türbinleri rüzgârın akış hızından dolayı sahip olduğu kinetik enerjiyi kanatları vasıtasıyla mekanik enerjiye çevirir. Bir rüzgâr türbinin çalışma prensibi basitçe bu şekilde ifade edilebilir. Rüzgâr türbinin kanatlarına çarpan rüzgârın hızı ve kanatların arkasından çıkış yapan rüzgârın hızı arasında bir fark bulunmaktadır. Bu fark, türbin kanatlarının sahip olduğu aerodinamik yapı sayesinde rüzgârın sahip olduğu kinetik enerjinin bir miktarının mekanik enerjiye çevrildiğini ve rotorda dönme hareketinin oluştuğunu ifade eder. Rüzgâr türbinleri rüzgârın kinetik enerjisinin tamamını fiziksel olarak kullanamamaktadır. Rüzgâr türbinlerinin rüzgâr akışının sahip olduğu kinetik enerjinin en fazla %59,3'ünü kullanabileceği bilinmektedir. Bu sınır literatürde “Betz Limiti” olarak bilinmektedir.

Bir rüzgâr türbininin teorik olarak üretebileceği güç miktarı aşağıdaki formülde verilmiştir.

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

Burada P üretilen gücün Watt cinsinden miktarını, ρ kg/m^3 cinsinden hava yoğunluğunu, η mekanik – elektrik katsayısını, C_p Betz Limitini, V türbin kanatlarına ulaşan rüzgârın m/s cinsinden hızını ve A kanatların süpürme alanını veya bir başka deyişle rotor çapını m^2 cinsinden ifade etmektedir. Formül vasıtasıyla bir rüzgâr türbinin üretebileceği gücün hesabı teorik olarak yapılabilir.

5.5.1 Güç Eğrisi (Power Curve)

Rüzgâr türbinleri üreticisine, tasarıma, boyutlarına, çeşitli yapısal ve parametrik farklılıklara bağlı olarak farklı güçler üretebilirler. Üretilen güce bağlı olarak her türbin modelinin kendine ait bir güç eğrisi bulunmaktadır. Güç eğrisi aracılığıyla bir rüzgâr türbininin hangi rüzgâr hızında kaç birim çıkış gücü üretme kapasitesinin bulunduğu görülebilir. Rüzgâr hızı ve üretilen güç arasında lineer (doğrusal) bir bağıntı bulunmaması sebebiyle güç eğrilerini okuyabilmek büyük bir önem arz etmektedir. Güç eğrileri üzerinde hava yoğunluğunun da (air density) etkisi olduğu bilinmelidir. Farklı iki sahaya yerleştirilmiş aynı marka ve modele ait bir rüzgâr türbini hava yoğunluğuna bağlı olarak farklı çıkış güçleri üretebilmektedir. Hava yoğunluğunun artışıının üretilen güç üzerinde pozitif bir etkisi olduğu bilinmelidir. Güç eğrileri incelenirken dikkat edilmesi gereken bazı teknik terimler bulunmaktadır. Bunlardan başlıcaları;

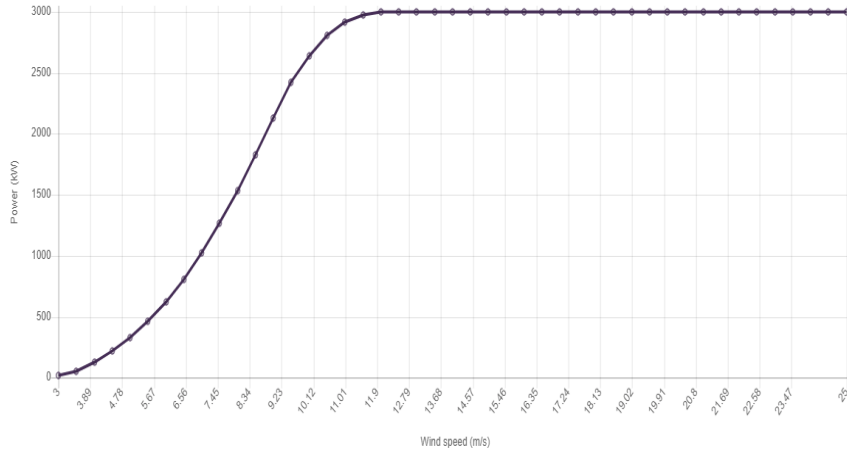
Devreye Giriş Rüzgâr Hızı (Cut-In Wind Speed): Rüzgâr türbininin güç üretmeye başlayacağı rüzgâr hızıdır. Cut-In Wind Speed hızına ulaşan türbinler rüzgârın anlık hızına bağlı olarak güç üretmeye başlarlar.

Devreden Çıkış Rüzgâr Hızı (Cut-Out Wind Speed): Rüzgâr türbininin devreden çıkarak güç üretmeyi sonlandırdığı rüzgâr hızıdır.

Anma Gücü (Rated Power): Rüzgâr türbinin üretebileceği maksimum güce ulaştığı nokta olarak tanımlanmaktadır.

Anma Rüzgâr Hızı (Rated Wind Speed): Rüzgâr türbinin üretebileceği maksimum güce erişebileceği rüzgâr hızıdır.

Şekil 5.48’de bir rüzgâr türbinine ait güç eğrisi verilmiştir. Şekil vasıtasıyla rüzgâr türbinin devreye giriş rüzgâr hızı, anma gücü ve anma rüzgâr hızı ve devreden çıkış rüzgâr hızı görülebilir.



Şekil 5.48 Güç Eğrisi (Power Curve)

Aynı hava yoğunluğuna göre ortak bir mukayese yapılması doğru olur. Genelde bu değer 1.225 kg/m³ seçilir.

Nordex N117 3,0 MW		Vestas V112 3,0 MW		Enercon E92 2,3 MW	
Hava Yoğunluğu	1,175kg/m ³	Hava Yoğunluğu	1,175kg/m ³	Hava Yoğunluğu	1,225 kg/m ³
Rüzgâr Hızı (m/s)	Güç (kW)	Rüzgâr Hızı (m/s)	Güç (kW)	Rüzgâr Hızı (m/s)	Güç (kW)
1	0	1	0	1	0
2	0	2	0	2	3.6
3	14	3	23	3	29.9
4	122	4	125	4	98.2
5	318	5	287	5	208.3
6	597	6	529	6	384.3
7	976	7	867	7	637
8	1469	8	1317	8	975.8
9	2038	9	1874	9	1403.6
10	2569	10	2476	10	1817.8
11	2874	11	2928	11	2088.7
12	2993	12	3056	12	2237
13	3000	13	3074	13	2300
14	3000	14	3075	14	2350
15	3000	15	3075	15	2350
16	3000	16	3075	16	2350
17	3000	17	3075	17	2350
18	3000	18	3075	18	2350
19	3000	19	3075	19	2350
20	3000	20	3075	20	2350
21	3000	21	3075	21	2350
22	3000	22	3075	22	2350
23	3000	23	3075	23	2350
24	3000	24	3075	24	2350
25	3000	25	3075	25	2350

Tablo 5.2 Farklı Türbinlere Ait Güç Eğrisi

5.6 Rüzgâr Türbinlerinin Kurulum ve Bakım Süreçlerindeki Risklerin Tespiti

Rüzgâr enerjisi sektöründeki iş sağlığı ve güvenliğine ilişkin riskler genel olarak diğer sektörlerdeki risklerden farklı olmamakla birlikte; diğer sektörlerde çok sık karşılaşılmayan aşırı hava koşullarında çalışma, ulaşılması zor sahalarda çalışma ve yerleşim alanlarına uzak alanlarda çalışma gibi bu sektöre özel birtakım riskleri barındırmaktadır.

The Caithness Wind Farm Information Forum (**CWIF**) tarafından; rüzgâr türbinleri ile ilişkili olarak dünya genelinde resmi olarak bildirilen veya resmi bildirimini olmayan ancak basın kayıtlarından elde edilen iş kazaları kayıt altına alınmış ve gerçekleşen bu kazalar sebeplerine göre incelenerek ayrıntılı istatistikler oluşturulmuştur.

CWIF tarafından hazırlanan 2014 yılı sonu verileri dikkate alındığında; 1970 yılından itibaren rüzgâr enerjisi sektörü ile ilgili olarak dünya genelinde 1665 adet iş kazası gerçekleşmiş olup bu kazaların yaklaşık %50'si son beş yıl içerisinde yaşanmıştır. Rüzgâr türbinleri ile ilişkili olarak dünya genelinde gerçekleşmiş iş kazalarının yıllara göre değişimi **Tablo 5.3**'te gösterilmektedir.

YILLAR	GERÇEKLEŞEN İŞ KAZASI SAYISI
1970'li ve 1980'li yıllar	10
1990-1999	98
2000	30
2001	17
2002	70
2003	66
2004	59
2005	71
2006	82
2007	124
2008	131
2009	131
2010	119
2011	166
2012	166
2013	165
2014	157
TOPLAM	1665

Tablo 5.3 Yıllara Göre Gerçekleşen İş Kazaları

Yaşanan iş kazalarının sonuçları göz önüne alındığında, 2014 yılı sonu itibariyle 2000 yılından itibaren gerçekleşen 1554 adet iş kazasının 88 adedi ölümlü iş kazası olup bu kazalar neticesinde 160 kişi hayatını kaybetmiştir. Dünya genelinde geçtiğimiz on yıl içerisinde rüzgâr enerjisi sektörü ile ilgili olarak gerçekleşen iş kazalarının yıllara göre değişimi **Tablo 5.4**'te ifade edilmektedir. Tablodaki değerlere bakıldığında, kayıt altına alınan en çok ölümlü iş kazası 2011 ve 2012 yıllarında gerçekleşmiş olup bu iki yılda rüzgâr enerjisi sektöründe toplam 30 adet ölümlü iş kazası yaşanmıştır.

Yıllar	00	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14
Kaza Sayısı	3	0	1	4	4	4	5	5	11	8	7	15	15	4	2

Tablo 5.4 Sene Bazında Yaşanan Kaza Sayıları

5.6.1 Rüzgâr Türbinlerinin Kurulum ve Bakım Süreçlerinde İş Kazası ve Meslek Hastalığına Neden Olan Risk Etmenleri

Rüzgâr türbinlerinin kurulum ve bakım süreçlerinde yürütülen faaliyetlere yönelik iş kazasına ve meslek hastalığına sebep olabilecek riskler üç ana başlık içerisinde ele alınmaktadır. Bu süreçler; türbin parçalarının inşaat sahasına ulaştırılması süreci, kurulum süreci ve bakım süreci olarak belirlenmiştir.

5.6.1.1 Türbin Parçalarının İnşaat Sahasına Ulaştırılmasıyla İlgili İSG Riskleri

Rüzgâr türbinlerini oluşturan yapı elemanları inşaat sahasına taşınırken genellikle parçalar halinde taşınmaktadır. Ancak bu parçaların boyutlarının ve ağırlıklarının alışılmış yüklere göre çok fazla olması yük taşınması sırasındaki standart risklerin artmasına sebep olmaktadır. Örneğin:

- Türbin kanatlarının oldukça kırılğan olması ve uzunluğunun 50 metreden fazla olabilmesi,
- Kule parçalarının büyük ve ağır olması,

gibi sebeplerden dolayı yük taşınması sırasında oluşabilecek standart riskler, rüzgâr enerjisi sektöründe daha fazla ön plana çıkmakta ve daha büyük bir önem arz etmektedir.

5.6.1.2 Rüzgâr Türbini Parçalarının İnşaat Sahasına Ulaştırılması Sırasında Oluşabilecek Riskler ve Olası Sebepleri

RİSK	RİSKİN OLUŞMA SEBEBİ
Yük Taşıyan Aracın Devrilmesi	Taşınan yüklerin çok ağır olması sebebiyle taşıma sırasında yükün pozisyonunda bir kayma olması, aracın dengesinin bozulmasına ve devrilmesine sebep olmaktadır.
Yükün Devrilmesi	Yükün araca konulması veya boşaltılması sırasında bağlantıların doğru yapılmaması yükün devrilmesine sebep olmaktadır.
Taşınan Yükün Kayması	Taşınan yük ile kamyonun baş kısmı arasında boşluk olması durumunda frenleme anında yükün öne doğru kayması sürücüyü ya da yoldaki diğer araçlara zarar vermektedir.
Trafikteki Diğer Araçlarla Çarpışma	Türbin sahalarına ulaşım sırasında genellikle dar yollar kullanılmak zorunda kalındığından araçların uzunlukları ve genişlikleri göz önüne alındığında bu durum yoldaki diğer araçlarla çarpışmaya sebep olmaktadır.
Yoldan Kaynaklı Problemler	Yolculuk sırasında kullanılacak rota üzerindeki tüneller ve köprüler üzerindeki azami yük limitlerine dikkat edilmemesi sebebiyle kaza oluşmaktadır.
Uzun Süreler Boyunca Araç Kullanılması	Mola verilmeden uzun süreli araç kullanımı neticesinde kazalar oluşmaktadır.
Sürücü Kaynaklı Trafik Kazaları	Sürücünün standart trafik kuralları dışında türbin malzemelerinin taşınması sırasındaki sevkiyat standartlarına uyulmaması sebebiyle kazalar gerçekleşmektedir.

Tablo 5.5 Risk ve Risk Sebepleri

5.6.1.3 Rüzgâr Türbinlerinin Kurulumu ile İlgili İSG Riskleri

Kurulum süreci, rüzgâr türbinlerinin yaşam döngüsü içerisindeki en zor ve en tehlikeli operasyonları içeren süreç olarak görünmektedir. Çok büyük ve ağır parçaların kaldırılması, bu parçaların montajı, yüksekte çalışma, dar ve kapalı alanlarda çalışma gibi iş kazasına sebep olabilecek birçok operasyon kurulum süreci içerisinde yapılmaktadır.

Bununla birlikte, rüzgâr türbinlerinin maksimum verimde çalışabilmesi için rüzgâr hızının fazla olduğu yüksek yerlerde kurulması gerekliliği zorlu hava koşullarında çalışma riskini de beraberinde getirmektedir. Örneğin; montaj işlemleri sırasında çok ağır ve büyük parçaların yaklaşık 100 metre yüksekliğe çıkarılarak montaj süresi boyunca sabitlenmesi rüzgâr koşulları göz önünde bulundurulduğunda çalışanlar için ciddi bir tehlike oluşturmaktadır.



Şekil 5.49 Kanat Kurulumu

Rüzgâr türbinlerinin kurulum aşamalarında iş kazasına sebep olabilecek başlıca riskler aşağıdaki şekildedir:

- Kaldırma işlemleri sırasında yük veya nesnelerin düşmesi
- Yüksekte çalışma
- Hareket eden parçaların çarpması
- Elektrik işleri
- Yangın
- Elle taşıma işleri
- Ergonomik olmayan koşullarda çalışma
- Dar ve kapalı alanlarda çalışma
- Tehlikeli maddelerle çalışılması
- Çevresel faktörler
- İş baskısı
- Gürültü
- Acil durum tahliyesi
- Yol ve zemin koşulları

Rüzgâr türbinlerinin kurulumu sırasında; çalışan işçi sayısının en fazla olduğu, en tehlikeli ve en hassas çalışmalar montaj çalışmalarıdır. Türbin parçalarının oldukça ağır ve büyük parçalar olması sebebiyle bu parçaların kaldırılması ve montajı beraberinde birçok iş kazası riskini de getirmektedir.

Örneğin, çalışanların türbin kanatlarının montajı sırasında gerekli bağlantıları yapmak için uzun süreler boyunca parçaların altında çalışmak zorunda kalması sebebiyle; parça düşmesi, yükün hareket etmesi sonucu çalışana çarpması gibi ölümcül kazalar yaşanabilmektedir.

5.6.1.4 Rüzgâr Türbinlerinin Bakım Faaliyetleri ile İlgili İSG Riskleri

Rüzgâr türbinlerinin kurulumunun tamamlanıp faaliyete başlamasının ardından her bir türbin için yıllık ortalama 40 saatlik bakım faaliyeti yürütülmektedir. Kurulum sürecinden farklı olarak bakım faaliyetlerindeki çalışan sayısının az olmasına karşın işletmelerdeki türbin sayısının fazla olması, bakım faaliyetlerinde görev alan bir çalışanın bazı günlerde günde ortalama 2 kez nasele çıkmasını gerektirmektedir. Bakım faaliyetleri sırasında iş kazasına veya meslek hastalığına sebep olabilecek başlıca genel riskler **Tablo 5.6.**'da gösterilmektedir.

RİSK	RİSK TANIMI
Hava Koşulları	Yılın her mevsimi devam eden bakım faaliyetlerinde aşırı sıcak ve soğuk hava koşulları özellikle yüksekte çalışılması sırasında iş kazalarına yol açabilir.
Arazi Koşulları	Türbin sahalarına ulaşım için kullanılan yolların engebeli olması ve yol-daki bozukluklar veya buzlanma gibi sebepler iş kazasına sebep olabilir.
Yüksekte Çalışma	Nacelle veya Rotor bölümünde yürütülecek bir faaliyet sırasında yüksekte çalışılması düşme riskine yol açmaktadır.
Dar ve Kapalı Alanlarda Çalışma	Türbin içinde yürütülen faaliyetlerin tümünde çalışılan alanların çok dar ve kapalı olması havalandırma problemini ve acil durumlarda tahliye işleminin zor olmasına neden olmaktadır.
Hareket Eden Parçalar	Makine dairesinde yürütülen faaliyetler sırasında özellikle dişli kutusunun koruyucularının aktif olmaması veya çalışır durumdayken dişlilere müdahale edilmesi uzuv sıkışmasına neden olabilir.
Yıldırım Çarpması	Şarjlı hava koşullarında çalışılması sırasında yıldırım çarpması sonucunda yangın ve patlama yaşanabilir.
Yangın	Bakım faaliyetleri sırasında elektrik aksamından ya da diğer mekanik aksamlardaki bir arıza sebebiyle yangın çıkabilir.
Elektrik Çarpması	Elektriksel aksamla ilgili olarak yapılan çalışmalar sırasında kısa devre veya aşırı yükleme sebebiyle elektrik çarpması riski bulunmaktadır.
Ergonomik Olmayan Koşullar	Özellikle makine bölümünde veya hub kısmında yürütülen faaliyetler sırasında çalışma ortamının dar olması sebebiyle uygun olmayan postürlerde uzun süreli çalışmaya bağlı olarak bel ağrısı gibi sorunlar yaşanabilir.
Buzlanma	Özellikle kış aylarında türbin üzerindeki veya kanatlardaki buz sarkıtları 2 metreye kadar ulaşabilmekte ve 100 metreye kadar savrulabilmektedir.
Acil Durumlardaki Tahliye Zorluğu	Yangın veya yıldırım çarpması gibi acil bir durumda özellikle kule üzerinde çalışan kişilerin kule içerisinden çıkış yapamaması durumunda kule dışından aşağı inmesi gerekmektedir.
Dikkatsiz Davranışlar	Çalışanların yorgunluk veya diğer etkenler sebebiyle dikkatsiz davranması sebebiyle iş kazaları gerçekleşebilir.

Tablo 5.6 Risk ve Risk Tanımları

Rüzgâr türbinlerinin bakım işlemleri esnasındaki **Tablo 5.6**'da belirtilen risklere bakıldığında; bazı risklerin birçok sektörde ortak olduğu görülmektedir. Ancak rüzgâr türbinlerinin bakım faaliyetleri sırasında diğer birçok sektörden farklı olarak, çok sert hava koşullarında çalışılması gerektiğinden; yüksekte çalışma gibi risklerin bu sektörde iş kazasına sebebiyet verme ihtimali yükselmektedir. Özellikle kış aylarında, çalışanlar ciddi bir buzlanma ve soğuk tehlikesi ile karşı karşıya kalmaktadır. Bu sebeple, yapılan bakım çalışmaları sırasında buzlanmadan dolayı yüksekte düşme ya da soğuk ortamda uzun süreli çalışmaya bağlı olarak dikkat kaybına bağlı iş kazaları ve çalışanın hastalanması gibi durumlar oluşabilmektedir. Bunun yanında, hava koşullarının olumsuz etkileri türbin sahalarının bulunduğu arazi koşullarının getirdiği olumsuzluklar birleşince, çalışanların türbin sahasına ulaşımı için kullanılan yollar ciddi bir tehlike oluşturmaktadır. Rüzgar sektörü tehlikeli işler sınıfında olduğu için, rüzgâr türbininde çalışanlara düzenli eğitimler aldırarak gerekmektedir. İş sağlığı ve güvenliği, yüksekte çalışma ve kurtarma, ilkyardım eğitimleri gibi eğitimlerin her yıl yenilenmesi yapılmaktadır. Bu sektörde çalışanların kalifiyeli ve teknik anlamda donanımlı olabilmeleri için yaklaşık 1 yıl gibi süren yoğun eğitim programları uygulanmaktadır.



BÖLÜM-6

RÜZGÂR ENERJİ SANTRALİ PROJE İMALAT AŞAMALARI

BÖLÜM-6

RÜZGÂR ENERJİ SANTRALİ PROJE İMALAT AŞAMALARI

6.1 Alt Yüklenici Seçimi

İnşaat, Elektrik, Makine dosyalarının onayından sonraki süreçte dosya muhteviyatında santral için kullanılacak ekipman ve parçalar ile ilgili teknik şartnameler düzenlenir. (İşin tarifi ve yapımı hakkında). Dosya içeriği ilgili bu işi yapabilecek potansiyelde olan şirketlere teklif mektubu şeklinde gönderilir ve belirlenen süreler zarfında tekliflerin gönderilmesi talep edilir. Gelen teklifler şirket ve danışman şirket tarafından incelenerek değerlendirmeye alınır ve en düşük fiyat teklifi verme esasına göre seçim yapılır. Yapılan seçim sonrasında alt yüklenici firma ile sözleşme yapılır ve iş karşılığı için firmadan işin %10 'u karşılığında teminat mektubu istenir. Gerekli yazışma ve sözleşmeler yapıldıktan sonra sahada yer teslim tutanağı hazırlanarak saha, firmaya projeler ile teslim edilir.

6.2 Rüzgâr Elektrik Santrallerinde İnşaat

6.2.1 Saha Mobilizasyonu

Şantiye kurmak için inşaat işi yapan firmanın yer seçimidir. Genellikle şantiye merkez olacak şekilde konumlandırma yapılır. Gelen alet ekipman ve kablolar stok alanına konur. Prefabrik konteynırlar içerisinde muhasebe sevkiyat toplantı odası, şantiye şefi harita kısmı ve mühendislik kısımları bulundurulur.



Şekil 6.1 Alt Yüklenici Saha Mobilizasyonu

6.2.2 Yol Çalışmaları

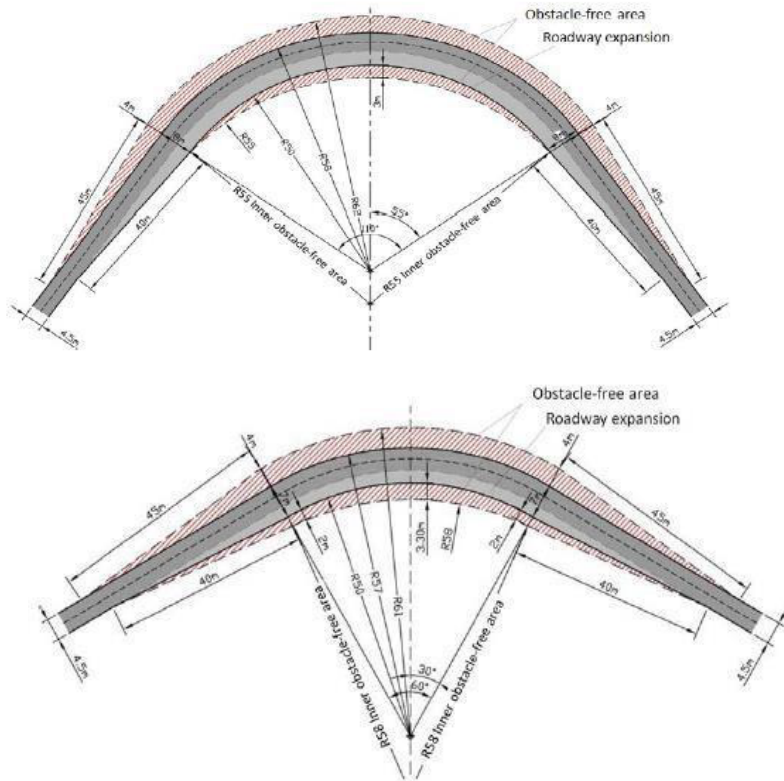
6.2.2.1 Rüzgâr Türbinleri Arasındaki Servis Yolları

Rüzgâr türbinleri arasındaki servis yolları da bir RT'den diğer RT'ye gidebilmek için yani santral içi kullanılan bir yoldur. Servis yolunun yapılabilmesi için RES'teki türbinlerin yerleşim planının bilinmesi gerekir.



Şekil 6.2 Saha İçerisinde Yapılan Yol Çalışmaları

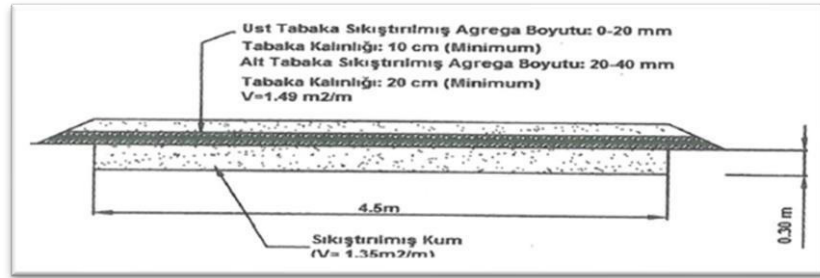
Servis yolları üretici firmanın istediği doğrultuda türbinlerin taşıma tasarımı ve açılarına göre imalatı yapılır. Yapılan imalatlar haritacı öncülüğünde hazırlanan planlar doğrultusunda yapılır.



Şekil 6.3 Açılarına Göre Yol Konumlandırması

6.2.2.2 Ulaşım Yolları

Rüzgâr Enerji Projesi kapsamında yapılacak iç ulaşım yolları türbinler ile trafo merkezi arasındaki yolların otoyol ve karayolu ile bağlantısını kurmaya yarayan yollardır. Bazı projelerde mevcut yollar genişletilmek suretiyle kullanılabilir. **Access road** olarak da bilinir ve en yakın karayoluna santrali bağlayan yoldur. Ulaşım yolu 6 metre genişliğinde olur ve alt ve üst tabakadan oluşur.



Şekil 6.4 Ulaşım Yolu Yapımı

Ulaşım yolunun düzeltilmesinden önce güzergâh belirlemesi yapılır. Dikkat edilmesi gereken hususlar aşağıda belirtilmiştir:

- Ulaşım Yolu Üzerinde Köprü
- Dayanım Kapasiteleri
- Keskin Dönüşler
- Alternatif Yolların Belirlenmesi

6.2.3 Türbin Temelleri

Rüzgâr türbini temelleri, üst yapı yüklerini zemine güvenle aktarması gereken özel yapılardır. Türbin temelleri standart bir yapı temeli olmayıp, kulenin hizmet ömrü (yaklaşık 25 yıl) boyunca milyonlarca defa dış zorlamalara ve yorulma etkilerine maruz kalacak özel bir temeldir. Temelin maruz kaldığı yüklerin dinamik karakteristikte olması, yüksek moment / düşey yük oranı (**eksantrisite**) ve yaklaşık 25 yıl boyunca temelden beklenen üst düzey yorulma dayanımının sağlanması, bu yapıyı standart temel yapılarından ayırmaktadır. Temel tasarımı ve uygulamasında yapılacak hatalar, işletme aşamasında giderilmesi oldukça maliyetli yapısal çatlak ve dayanım yetersizliklerine neden olacak, daha ileri durumlarda göçme düzeyinde stabilite kaybı (kayma-devrilme) ile karşılaşılacaktır.

En sık kullanılan karasal rüzgâr türbini temel tipleri, yüzeysel plak, grup kazıklı, kaya ankrajlı ve tekil kazıklı temel sistemleridir. Temeller, donatı çeliği ve yüksek dayanımlı betonla oluşturulmaktadır.

- Öncelikle belirlenen yerde kazı işlemi yapılır.
- Step – Up (yükseltici) trafo ile RT arasındaki kabloların içinden geçeceği boruların montajı yapılır ve ilk beton dökülür.
- Beton kuruduktan sonra demir işlerine başlanır.
- Kule temel parçası (**anchor**) montajı yapılır ve temelin üzerine oturtularak beton dökülür. 28 gün beklenir.



Şekil 6.9 Rüzgâr Türbini Taban Ankrajı



Şekil 6.10 Rüzgâr Türbini Temeli Demir İşlemleri



Şekil 6.11 Rüzgâr Türbini Temel Betonunun Dökümü

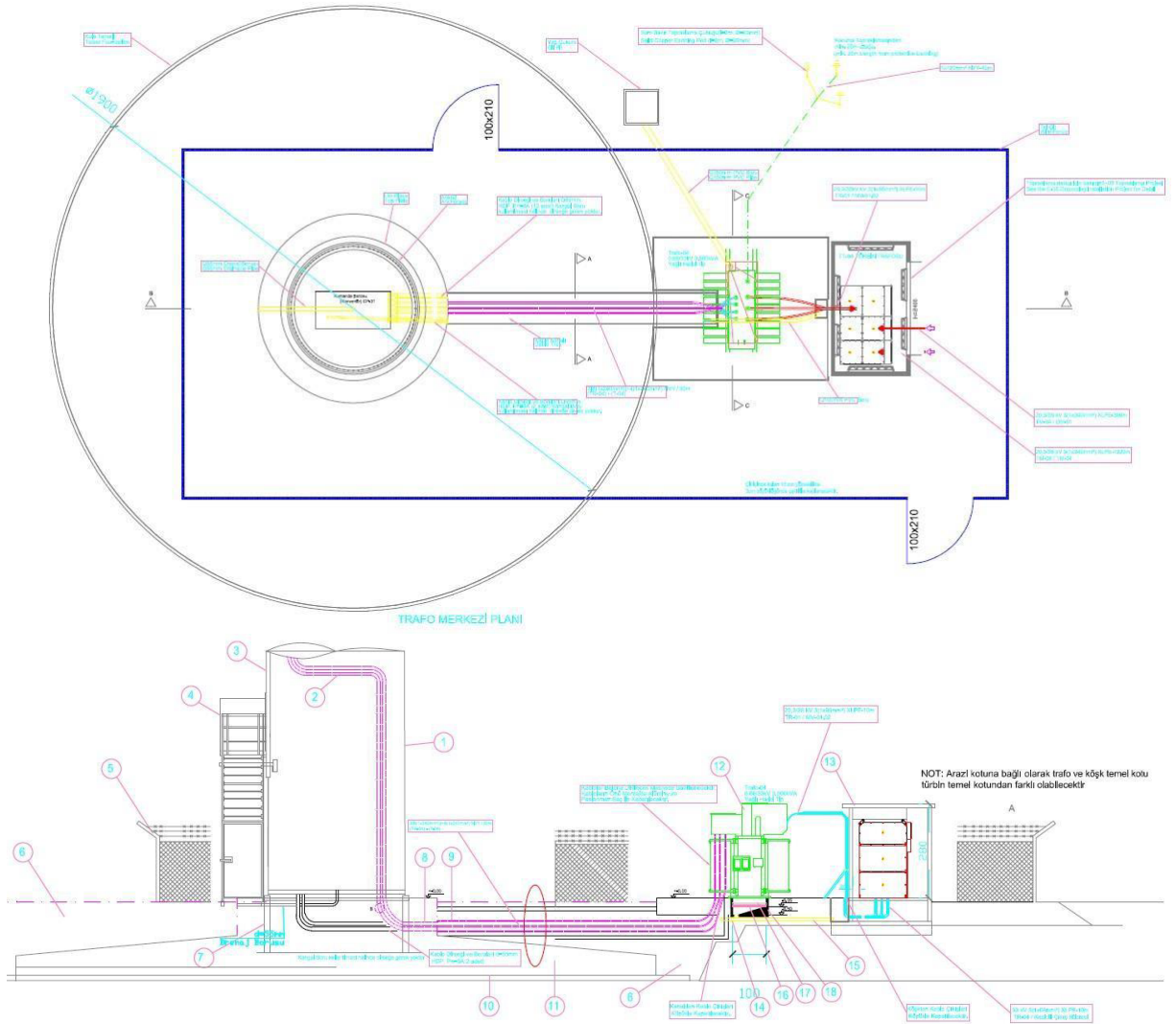


Şekil 6.12 Beton Dökümü Tamamlanmış Türbin Temeli

6.2.4 Trafo Temelleri

Rüzgâr Türbinlerinin konvertırdan çıkan AC 660-690 V gerilimi orta gerilime çevirmek için kullanılan trafoların bağlandığı noktadır. Trafolar türbinlere 5-15 metre uzakta olur. Rüzgâr Türbini kurulu gücüne göre değişiklik gösterir. Türbinden trafoya kablolar yer altından getirilir. Temeli için de beton dökülür.





Şekil 6.13 Trafo Temel Yapımı

6.2.5 Şalt Sahası

Şalt Sahası elektrik üretim, iletim ve dağıtımının yapıldığı tesislerdir.

6.2.5.1 Kontrol Binası (Şalt Binası)

Şalt binası rüzgâr türbinlerinden gelen verilerin incelendiği ayrıca kesici, akü odası, teknisyen odası vb. aktivitelerin incelendiği bir binadır. Bu bina içerisinde RES'in güvenliğinden sorumlu güvenlik görevlileri, elektrik teknisyenleri ve santral müdürü de bulunmaktadır.

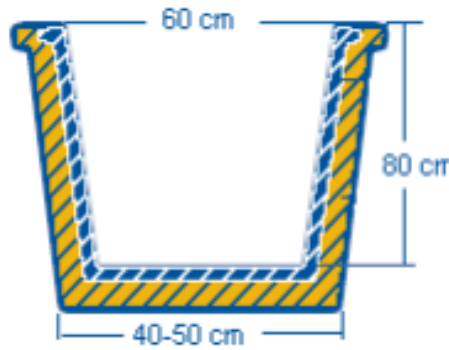




Şekil 6.14 Şalt ve Kontrol Binası İnşası

6.2.6 Kablo Kanalı Kazısı

Kablo kanalı, tespit edilen kablo yolu boyunca uygun araç gereçlerle açılır. Kanalın kazılacağı yerin sert veya toprak zemin olmasına göre kullanılan araç gereçler değişmektedir. Kanalın derinliği en az 80 cm olmalıdır. Bu derinlik zorunlu durumlarda özel koruyucu önlemler alınarak 20 cm dolaylarında azaltılabilir. Kablo kanalının dip genişliği 40-50 cm, üst genişliği 60 cm olmalıdır. Bir kanal içine birden fazla kablo dönecekse kablolar arasında 20-25 cm kadar genişlik payı ilave edilir. Aslında kanal ebatı işletme gerilimlerine, kablo sayısı ve kablo çaplarına ve bunların korunması için kullanılan tuğla vb. ebatına göre değişir.



Şekil 6.15 Kablo Kanalı Ölçüleri

Yer altı kabloları doğrudan doğruya açılan kanal içine döşenmez. Doğrudan toprağa döşenen kablonun ömrü kısa olur. Çünkü toprak içinde birçok çakıl ve taş vardır. Kanalların tabanı sağlam zeminli ve taşsız olmalıdır. Kablo, açılan kanala 10 cm kalınlığında dökülen elenmiş kum üzerine döşenir.

Kablo kumun üstüne sağa sola kıvrımlar yaptırılarak yatırılır. Döşenmiş kablo üzerine tekrar 10 cm kalınlığında elenmiş kum dökülür. Kum tabakası kablonun soğumasını sağlar. Kablo döşenirken burulma, diz verme, sıyrılma veya aşırı gerilme gibi durumların oluşmamasına özen gösterilir, kablo yerde sürünmez. Kablonun üzerindeki kumun üzerine ve aynı kanala yan yana döşenen **AG** ve **OG** kabloları arasına tüm kablo boyunca dolu tuğla veya en az 6 cm kalınlıkta beton plaka, plastik vb. malzemelerden yapılmış koruyucu elemanlar yerleştirilmelidir. Böylece çukuru açan işçilerin kazma darbelerinden kablo korunmalı ve orada kablo bulunduğu önceden anlaşılmalıdır. Bu koruyucunun yaklaşık 30 cm üzerine ise en az 10 cm genişliğinde polietilenden yapılmış uyarı şeridi konulmalıdır. **AG** ve **OG** kablolarının üst üste döşenmesinde ise **OG** kablosu altta, **AG** kablosu da üstte kalacak şekilde döşenir, aralarına enine tuğla döşenir.



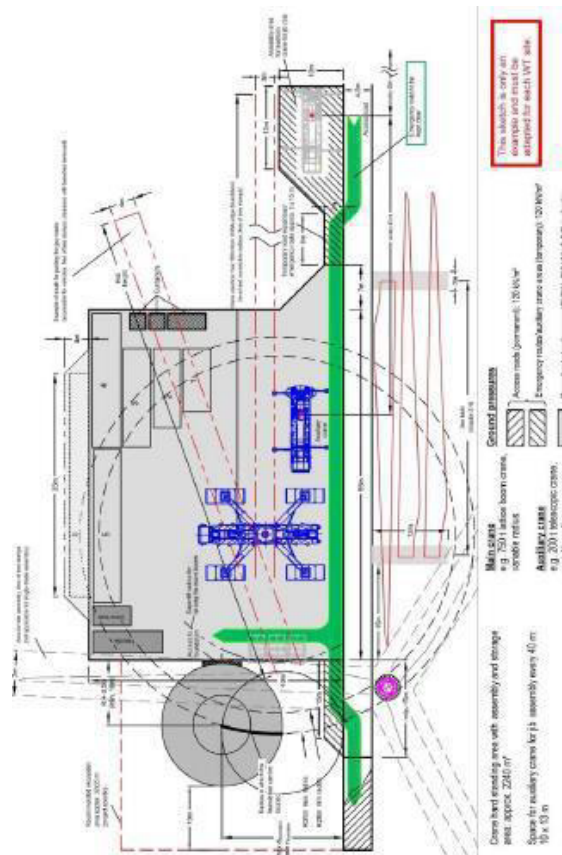
Şekil 6.16 Kablo Kanalı Yapımı

6.2.7 Vinç Çalışma Sahasının Yapılması

Türbin montajı için kullanılacak vincin çalışabilmesi için vinç sahası gerekmektedir. Boyutları yaklaşık 30 metre x 50 metre civarındır. Kullanılacak vincin özelliğine göre zemin sağlamlaştırılır ve hazırlanır.



Şekil 6.17 Vinç Çalışma Sahasının Yapımı

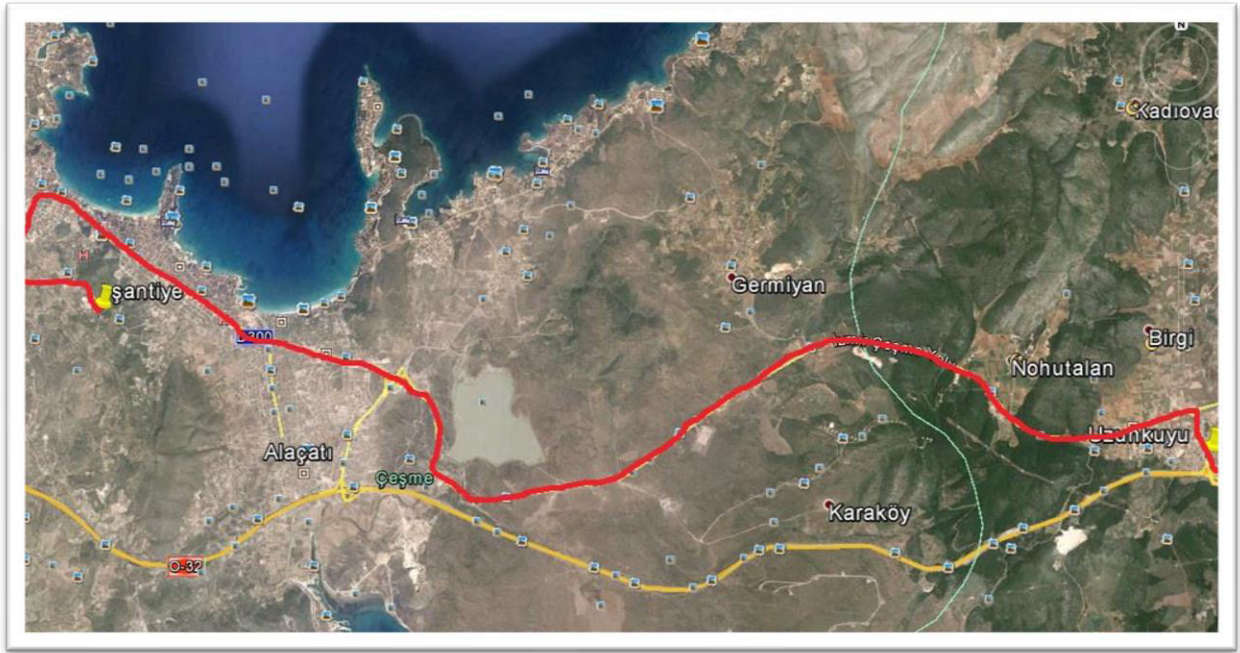


Şekil 6.18 Platform Yerleşim Planı

6.3 Rüzgâr Elektrik Santrallerinde Nakliye ve Türbin Montajı

RES proje uygulama safhasında kritik işlerden birisi de nakliyedir. Proje sahası seçilirken nakliye düşünölmelidir. Nakliye konusunda proje başlamadan önce birkaç alternatif yol güzergâhı belirlenmelidir. Bu amaçla nakliye işini üstlenen firma ile proje mühendisleri konuyu araştırmalı ve güzergâhı bulmalıdır. Bulunan güzergâh rüzgâr türbin üreticisiyle paylaşılmalı ve nakliye zamanı planlaması yapılmalıdır. Yollar bulunurken veya yeni yollar hazırlanırken türbin firmasının önceden vermiş olduğu bilgiler dâhilinde yol güzergâhı hazırlanır. Türbinler sahaya gelmeden önce keşif ve deneme amaçlı boş araçla gümrükten-sahaya ulaşmaya çalışılır ve yol üzerindeki engeller tespit edilip çözümleri bulunur. Mümkün olduğunca var olan yollar kullanılmaya çalışılır. Böylece giderler azaltılmış ve doğal alanlar korunulmuş olur. Türbinlerin ulaştırılması genelde türbin firmasıyla yapılır ya da bu işi yapan deneyimli firmalar bu işi yapar. Nakliye, zaman planlaması, montaj ve devreye alma açısından son derece önemlidir. Nakliyede gecikmelerin yaşanması bir sonraki adımı engelleyeceği için projenin yavaşlamasına RES'in devreye alma süresinde de gecikmelere neden olacaktır. Nakliyenin çok önce yapılmasında teçhizatın sahada kalmasına sebep olacağından nakliye sırasıyla ve düzenli olarak temel kafes, kule, nasel, göbek (hub), kanatlar, step-up trafo, şalt sahası elektromekanik malzemeler taşınmalıdır.

6.3.1 Dummy Test – Nakliye (Türbinlerin Sahaya Ulaşımı)



Şekil 6.19 RES Projesinin Nakliye Güzergâhı Zeytinler Otoban Girişi ve Sahaya Ulaşım Planı

➤ KM 0 + 000 Başlangıç Noktası Zeytinler Otoban Giriş Noktasıdır.



Şekil 6.20 Ulaşım Rotası Üzerinde Bulunan Bir Konum I



Şekil 6.21 Güzergâh Üzerinde Bulunan Sivri Bir Dönüş

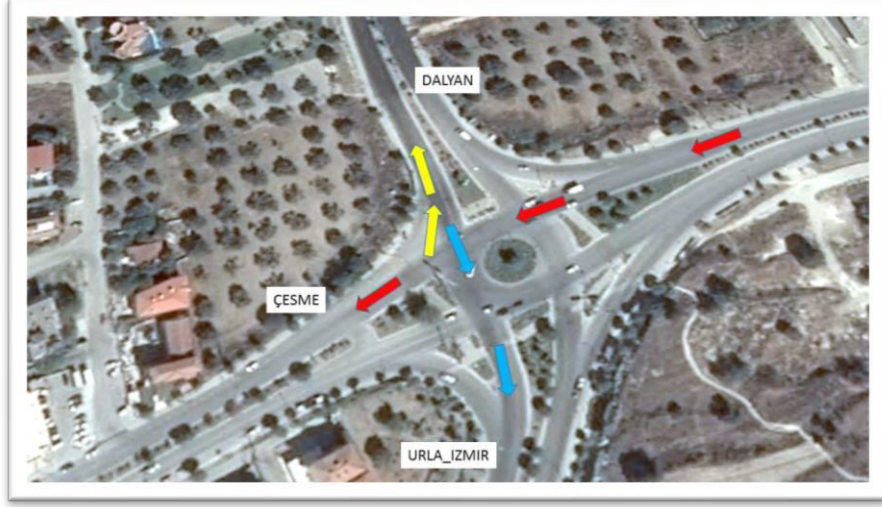
- KM 0 + 500 Sarı İşaretli alan ışık direğine kadar kaldırılmalıdır. Kırmızı İşaretli gösterilen yol sinyali kaldırılmalıdır.



Şekil 6.22 Ulaşım Rotası Üzerinde Bulunan Bir Konum II



Şekil 6.23 Kaldırılması İstenen İşaretçiler



Şekil 6.24 Şehir Merkezine Gelindiğinde Yapılacak Olan Manevra Planı

- Şehir içerisinde karşılaşılan zorluklar kanat açısı dönüş manevrasını kurtarmadığı için trafiğe ters yönden giriş yapılacaktır. (Gerekli İzinler Alınarak)



Şekil 6.25 Ulaşım Rotası Üzerinde Bulunan Bir Konum III



Şekil 6.26 Ters Giriş Yapılan Nokta

- Giriş sonrasında yol güzergâhında karşılaşılan problem ise direk kaldırılması işlemidir. Ayrıca sarı işaretli alanların genişletilmesi talep edilmiştir.



Şekil 6.27 Ulaşım Rotası Üzerinde Bulunan Bir Konum IV

➤ Sarı işaretli alanların doldurulması talep edilmiştir.



Şekil 6.28 Ulaşım Rotası Üzerinde Bulunan Bir Konum V



Şekil 6.29 Saha İçinde Kalan Yolların Eğimleri Tekrar Gözden Geçirildi.

Yapılan yol güzergâh çalışmaları neticesinde sahaya ulaşım yollarında tespit edilen aksaklıklar Dummy test sonucunda ortaya çıkmıştır. Dummy test sahaya ekipmanların gelmeden yol güzergâhında çıkabilecek aksaklıkların tespitini de gösterir.





Şekil 6.30 Dummy Test



Şekil 6.31 Temel Kafes





Şekil 6.32 Kule Nakliyesi



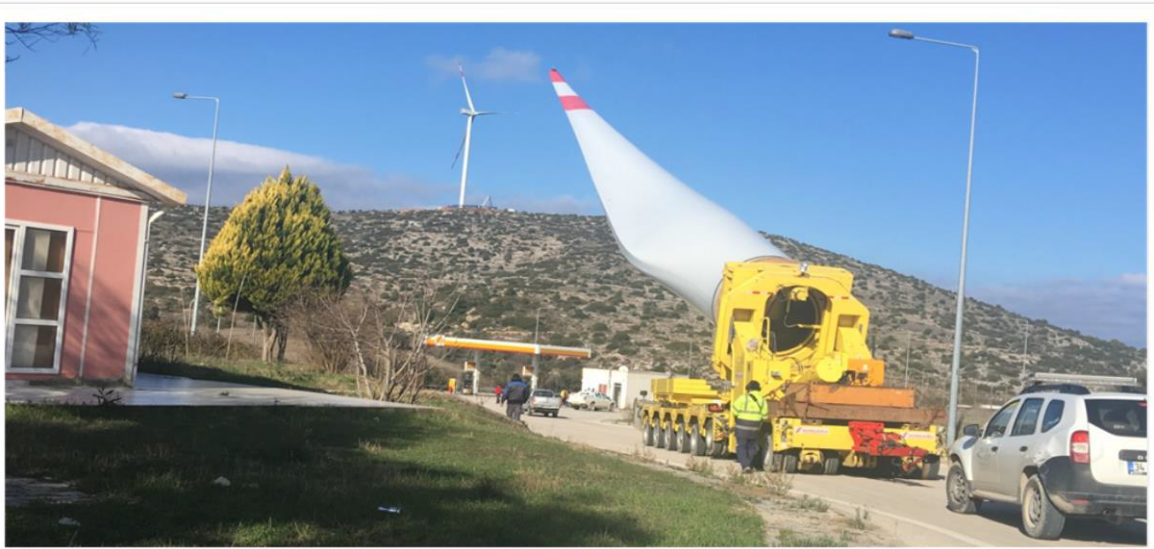
Şekil 6.33 Nacelle Nakliyesi



Şekil 6.34 Drive Train Nakliyesi



Şekil 6.35 Hub Nakliyesi



Şekil 6.36 Kanat Nakliyesi



Şekil 6.37 Step-Up Trafoların Nakliyesi

6.3.2 Türbin Montajı

RES projesi kapsamında yapılan montaj işleri, toplam yatırım tutarı içerisinde büyük bir maliyet tutmamasına karşın; mühendislik olarak çok önemlidir. Kule, göbek, kanat, Step-Up (yükseltici) trafo köşkü ve şalt sahası montajları yapılmaktadır. RT montajından önce, RT üreticisinin proje ekibi sahayı görmek isteyecektir. Eğer montaj başka bir taşeron firma tarafından yapılacaksa yine aynı durum geçerlidir. Saha ile ilgili ciddi bir etüt yapmak gerekmektedir. Bu etütler arasında sahanın topografik yapısı, yolların durumu, hava koşulları en önemlilerdendir. Kulenin montajı, rüzgâr hızının 8 m/s 'den yüksek olduğu hızlarda yapılmaz. Nasel ve kanat montajı ise, 15 m/s hızlara kadar yapılabilir. Montaj için sadece yetkili ve işinin ehli kimselerle çalışmak gerekir.

6.3.2.1 Kule Montajı

Rüzgâr enerji projelerinde hazırlanan türbin temellerinden sonra ilk kule montajları yapılmaktadır. Kule montajı tamamlandıktan sonra Nacel, hub ve yıldız kurulumu ile devam etmektedir. Kule montajlarını rüzgâr türbini üreticisi yapmaktadır. Günümüz koşullarında alt yükleniciler de bu işlemleri yapmaktadır. Kurulum bir ana bir mobil vinç tarafından yapılmaktadır.



Şekil 6.38 Kule Montajı

- 1- Base/Bottom tamamlandığında converter vinç yardımı ile base'in içine konur. Bu aşama çok önemlidir çünkü atlanırsa bir daha converter'ı türbinin içine koyulamaz.
- 2- Kapı güneybatı'ya kabloların ise kuzeye bakması zorunludur. Bu işleme kuzey sıfırlama ayarı denir ve ısınmayı önler.
- 3- Merdivenler sıfıra sıfır hizalanır bu da monte esnasında cıvata ve somunların üzerine yük binmesini ve kulenin ömrünün azalmasını önler.
- 4- En sonda Nacelle Top Tower'ın üzerine yerleştirilir.

6.3.2.2 Nasel Montajı

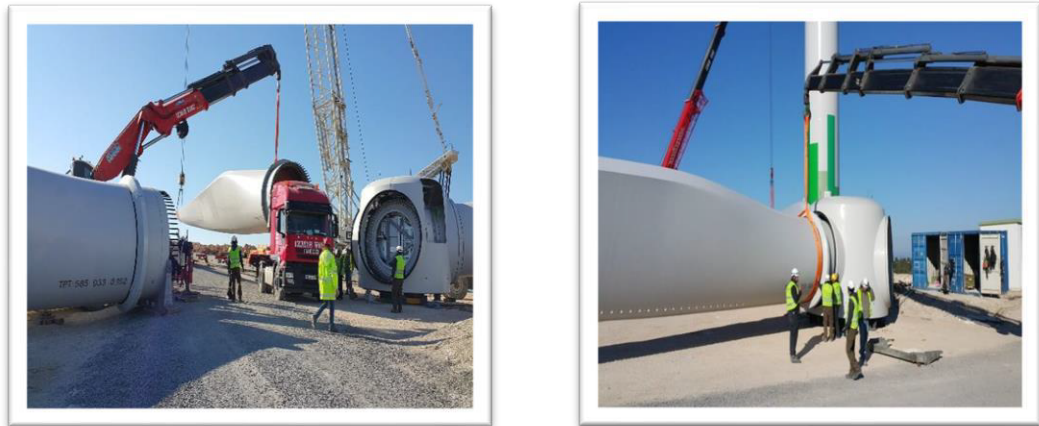
İçerisinde jeneratör, dişli kutusu, yataklar, kontrol panoları, yaw sistemi gibi ağır teçhizatları barındırır. Nasel montajı yapılırken en az iki halatla bağlanarak yüksekteki rüzgâr hızına karşı yerdeki montaj ekibi tarafından tutulur. Bir nevi denge işlemi yerine getirir.



Şekil 6.39 Nasel Montajı

6.3.2.3 Hub ve Yıldız Montajı

Göbek (Hub) montajı yani kanatların nasel ile bağlantısını sağlayan parçadır. Hub montajı için 2 yol vardır. İlk yol, önce hub montajlanır daha sonra kanatlar tek tek göbeğe bağlanır. Diğer yol ise kanatlar yerde hub ile montajlanıp pervane şeklinde nasele bağlanır.



Şekil 6.40 HUB ve Yıldız Montajı



Şekil 6.41 Yıldız Montajı Gerçekleştirilen Bir Rüzgâr Türbini

6.3.2.4 Step-Up Trafoların Montajı

Step-Up trafoların montajı kabloların kule kısmından bağlantıları yapılarak, naselden kule tabanına kadar TR ana bağlantıları yapılmış olur. Hidrolik pres yapılarak kablolar sağlamlaştırılır. Nihai kontrol açısından bütün vidaların tork kontrolü yapılır ve gevşek somun ve/veya vidalar sıkıştırılır. Paslanmaya karşı bütün flanş, vida ve somunlar boyanır. Ayrıca montaj sırasında hasar gören vida, somun ve teçhizatlar onarılır.



Şekil 6.42 Trafo Montajı

6.4 Enerji Nakil Hattı (ENH)

6.4.1 Enerji Nakil Hatları Etüt Çalışması

Elektrik iletim hattının anlamını tanım olarak vermek gerekirse; elektrik santralinde kontrollü ve planlı olarak elde edilmiş elektrik enerjisinin, santrallerden dağıtım hatlarına iletilmesini sağlayan hatlardır. Hava hatlarının projesine, teknik şartnamelere ve ilgili yönetmeliklere uygun olup olmadığı denetlenmelidir. Bunun için direklerin onaylanmış projelerdeki tiplere uygun olup olmadığı, yerlerine dikilip dikilmediği, temelleri, kaynakları, civataları, korkuluk ve ölüm levhalarının bulunup bulunmadığı, boyları ve köşebentlerinin boyutları, numaralanmış olup olmadığı denetlenir. Direk açıklıkları ve yükseklikleri, iletkenlerin türleri, kesitleri, sargıları (**sehimleri**) ve en alttaki iletkenin yere en yakın uzaklığı, iletkenler arasındaki açıklık, iletkenlerin yapılara ve diğer engellere yatay ve düşey uzaklıkları, atlamalarda yapılan güvenlik tesisatının montaj şekli, izolatörlerin çatlak veya kırık olup olmadıkları, izolatör demirine, izolatör demirinin traverse, iletkenlerin izolatörlere ve birbirine bağlantı durumları, sigorta, parafodur, topraklama düzeni ve atlama (camper) bağlantılarının uygun kesitte olup olmadığı ve yapılış şekli, topraklama, çubuk, levha ve iletkenlerinin boyutları ve gömülme derinlikleri ile bütün tesisin can ve mal güvenliği bakımından durumu incelenir, topraklama direnci ölçülür, gerektiğinde hattın gerilim düşümü ölçülür. Ayrıca gerekli görülen diğer inceleme, muayene ve boyut denetimleri yapılır.

Yeraltı hatlarının projesine, teknik şartnamelere ve ilgili yönetmeliklere uygun olup olmadığı denetlenmelidir. Yeraltı kablolarının tesis şekli, derinliği, ek yerlerinin ve kablo başlıklarının durumu, diğer kablo, su, doğal gaz, havagazı, kanalizasyon ve benzeri tesislerle kesişme noktalarında alınan güvenlik önlemleri incelenmeli hatlardaki gerilim düşümü ölçülerek denetlenmeli ve gerekli inceleme, muayene ve denetimleri yapılmalıdır. Elektrik hattının güvenli bir şekilde yapımı ve elektriğin minimum kayıplarla iletilmesi çok önemlidir. Elektrik iletim hatları yüksek ve düşük gerilim olmak üzere ikiye ayrılır. Bağlantı yönünden irdelenirse;

- Yüksek gerilim hatları genellikle **TEİAŞ**
- Düşük gerilim hatları ise **TEDAŞ** tarafından kontrol edilmektedir.



Şekil 6.43 Enerji Nakil Hattı Direklerinin Yerleştirilmesi



Şekil 6.44 Enerji Nakil Hattı Direklerinin Beton Dökülerek Sabitlenmesi



Şekil 6.45 ENH Direği Montajı

6.4.2 Enerji Nakil Hattı Kabulü

6.4.2.1 Kabul Kurulunun Oluşturulması ve Kabul İşlemleri

07.05.1995 tarih ve 22280 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan Elektrik Tesisleri Kabul Yönetmeliği’nin 7. Maddesine göre Kurul Başkanı (TEDAŞ personeli bir Mühendis) ve üyelerden (tesis sahibi/vekili, enerji sağlayan kuruluştan en az bir elektrik mühendisi, yükleniciler adına katılacak branş mühendisleri (kendisi veya vekili) ve gerek duyulması halinde ilave üye/üyeler) oluşan Kabul Kurulu ilgililere yazılı olarak bildirilir. Kabul Kurulu atanma tarihinden itibaren iş gücü yönetimi dikkate alınarak sahada gerekli inceleme yapılır, kabul tutanakları tanzim edilerek imzalanır veya gerekçeleri belirtilmek suretiyle kabul kurulu tarafından iade edilerek görevlendirmeyi yapan ilgili birime üst yazı ile bildirilir. Onaylı proje ile yürürlükteki ilgili mevzuatlara göre tesis yerinde incelenir. Proje ile tesis arasında farklılık (projenin esasına ilişkin olmayan bazı ayrıntı niteliğindeki değişiklikler hariç) olmaması halinde ve tesis yürürlükteki ilgili mevzuatlara göre yapılmış ise 07.05.1995 tarih 22280 sayılı Kabul Yönetmeliği ekinde bulunan kabul tutanakları en az beş nüsha tanzim edilerek imzalanır.

Kabul tutanakları hazırlanıp imzaları tamamlanmadan ilgili mülki idareye verilecek yazı kurul başkanı tarafından imzalanmalıdır. Kurul başkanı tarafından imzaları tamamlanan kabul tutanakları onaylanmak üzere görevlendirmeyi yapan ilgili birime üst yazı ile ulaştırılır. Tesisin yürürlükteki ilgili mevzuatlara aykırı yapılmış olması, can ve mal emniyetini sağlamaması ya da eksik ve özrürlü işlerin ihale/sözleşme fiyatları ile hesaplanacak tutarı ihale bedelinin %5’ini geçmesi durumunda kabul reddedilir ve üst yazı ile görevlendirmeyi yapan ilgili birime bildirilir.

6.5 Rüzgâr Enerji Santrali Geçici Kabulü

Rüzgâr Enerji Santralinde geçici kabulünün yapılması için tesisin tamamının onaylı projede belirtildiği gibi yüklenici tarafından şartnamedeki şartlara uyularak yapıldığı control edildikten sonra başlar. Geçici kabul, kabul kurulunun önceden belirtilen tarihte tesis yerinde ilk toplantı- sının yapılması ile başlar. Proje sorumlusu santral genelinde yapılan tüm imalat ve izin çalış- malarını bir sunu halinde kabul heyetine sunar. Kabul heyeti gerekli gördüğü inceleme, mua- yene ve deneyleri yaptırır. Kurul, son durumdaki onaylı projeye göre yapılmış olan tesis ve inşaatın sözleşme ve ekleri gereğince yüklenicinin yaptığı işler (bina, su yolları, kanallar, bent- ler ve benzeri ile sanayi ürünleri, makineler, aletler ve tesisatın miktarı, boyutu ve tesis şekli ve çalışması) ve sağlanan gereçleri; gerektiğinde idarenin yaptığı işler ve verdiği gereçleri ve tesis sahibini ilgilendiren hususları inceler. Önceden yapılmış olan muayene ve deneylere ilişkin ra- porları gözden geçirir. Geçici kabul kurulunu istemesi durumunda, yüklenici geçici kabulü ya- pılacak tesisata ilişkin bütün yazılı kağıtlar ile makineler, aletler ve malzemelerin orjinal fatu- ralarını, fabrikada yapılan deneylerin tutanaklarını, işletme ve bakım talimatları ile teknik bel- geleri ve bu işe ilişkin bütün öbür yazılı belgeleri önceden hazırlamak ve geçici kabul işlemleri sırasında bu belgeleri ve gerekli bilgileri geçici kabul kuruluna vermek zorundadır. Muayene ve deneylerde kullanılacak işçi, araç ve gereçlerin yeterliliği araştırılır, eksik ise yükleniciye tamamlatılır. Tüm incelemeler tamamlandığında kurul heyeti kurulur ve tutanaklar imza altına alınarak tesis işletmeye geçirilir. (İlgili Valiliğe işletmeye açılmıştır yazıları yazılır.)

Geçici Kabul Yapılırken Dikkat Edilen Hususlar ve Yapılması Gereken Testler Listesi

GEÇİCİ KABUL İŞLEMLERİ			İLETİM-DAĞITIM SİS- TEMİNDEN BAĞLI SANTRALLER			
			HES	RES	JES	BES
A) Kabul Çalışmaları	1	Lisans sahibi firmanın temsilcileri tarafından tesisin (projeksiyon cihazı ile) detaylı sunumu	T	T	T	T
	2	Tesisin genel tanıtımı amacıyla saha gezisi	T	T	T	T
	3	Kabulde yapılacak işlerin tespiti toplantısı	T	T	T	T
	4	Kabul Heyet Başkanı tarafından heyet üyelerinin görev dağılımlarının belirlenmesi	T	T	T	T
	5	Saha test çalışmalarının başlatılması	T	T	T	T
	6	Kabul tutanağının hazırlanması	T	T	T	T
	7	Tesisin fotoğraflanması ⁽¹⁸⁾	T	T	T	T
	8	Tutanak ve eklerinin taratılmaları ve "pdf" formatına dönüştürülmeleri ⁽¹⁸⁾	T	T	T	T
B) Santralin ilgili Mevzuata Uygunluğunun Kontrolü	1	Onaylı projelerine	T	T	T	T
	2	Elektrik Tesisleri Kabul Yönetmeliği'ne	T	T	T	T
	3	Elektrik Piyasası Şebeke Yönetmeliği'ne	T	T	T	T
	4	Sistem Bağlantı Anlaşması'na	T	T	T	T
	5	Sistem Kullanım Anlaşması'na	T	T	T	T
	6	Kompanzasyon Tebliği'ne	T	T	T	T
	7	Elektrik Tesislerinde Topraklamalar Yönetmeliği'ne	T	T	T	T
	8	Elektrik Kuvvetli Akım Tesisleri Yönetmeliği'ne	T	T	T	T
	9	Elektrik İç Tesisleri Yönetmeliği'ne	T	T	T	T
	10	Binaların Yangından Korunması Hakkında Yönetmeliği'ne	T	T	T	T
	11	Yıldırımdan Korunma Yönetmeliği'ne	T	T	T	T
	12	Beton ve Çelik Yönetmeliği'ne	T	T	T	T
	13	Elektrik Dağıtım Şebekeleri Enerji Kabloları Montaj (Uygulama) Usul ve Esasları'na (Yayın tarihi)	T	T	T	T
C) Saha Testleri	1	Şebeke ile paralel girme	T	T	T	T
	2	Saha koşullarında tam yüke çıkma	T	T	T	T
	3	Saha koşullarında maksimum yükte çalışma: Verim-performans testi (1 saat) ⁽¹⁹⁾	T	T	T	T
	4	Reaktif enerji (cos φ) testi (1'er saat çalışma) ⁽²⁰⁾	T	T	T	T

	5	Saha koşullarında maksimum yükte yük atma (ünite bazında jeneratör kesicisi açılarak)	T	T	T	T
	6	Tüm üniteler saha koşullarında maksimum yük-teyken şebeke kesicisi açılması ile yük atma ⁽¹⁾	T	T	T	T
	7	Şebeke kesicisi açılarak santral imdat yüklerinin beslenip beslenmediğinin gözlenmesi (21)	T	T	T	T
	8	Enerji üretimine esas ana teçhizatın (türbin, jeneratör, trafo, hücre(röle), kazan) koruma testleri ⁽¹⁰⁾	T	T	T	T
	9	Ada modu testi ⁽²⁾				
D) Tutanak Ekleri	1	Proje onay yazıları	T	T	T	T
	2	Lisans	T	T	T	T
	3	ÇED Belgesi	T	T	T	T
	4	Yapı Ruhsatına ilişkin belgeler (13)	T	T	T	T
	5	Sistem Kullanım Anlaşması	T	T	T	T
	6	Geçici Kabul görevlendirme yazıları	T	T	T	T
	7	İtfaiye Raporu	T	T	T	T
	8	Tesis sahibi ile Ana Yüklenici(ler) arasında imzalanın tesisin kabule hazır olduğuna ilişkin tutanak ve imza sirküleri ⁽¹⁷⁾	T	T	T	T
	9	Teknik Etkileşim Analizi (TEA) yazısı ve YEGM'ye sunulan TEA Taahhütnamesi		T		
	10	Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü (SHGM) Görüş Yazısı		T		
	11	Devlet Hava Meydanları İşletmesi Görüş Yazısı (SHGM tarafından talep edilmesi halinde)		T		
	12	Genel Kurmay Başkanlığı Uygunluk Yazısı ⁽³⁾	T	T	T	T
	13	EPDK Taşınmaz Malların Kullanımına İlişkin Yazı ⁽⁵⁾	T	T	T	T
	14	ElH Geçici Kabul Tutanağı	İ	İ	İ	İ
	15	Şalt Sahası / TM Geçici Kabul Tutanağı	İ	İ	İ	İ
	16	ENH Geçici Kabul Tutanağı	D	D	D	D
	17	DM Geçici Kabul Tutanağı (TEDAŞ-EDAŞ)	D	D	D	D
	18	TM Otoprodüktör Geçici Kabul Tutanağı	D	D	D	D
	19	DM Otoprodüktör Geçici Kabul Tutanağı	D	D	D	D
	20	Su Yapıları Geçici Kabul Tutanağı	T			
	21	Doğalgaz Bağlantı Hattı Gaz Açma Tutanağı				

	22	Topraklama ölçümünün IEEE-80 2000 ve Topraklamalar Yönetmeliği'ne göre denetlenmesi toprak geçiş direnci ile adım ve dokunma gerilimlerinin "Selvaz Metodu" ile yapılması	T	T	T	T
	23	Kot Ölçüm Raporu	T			
	24	Koordinat Ölçüm Raporu ⁽¹¹⁾	T	T	T	
	25	Vibrasyon Ölçüm Raporu	T		T	
	26	Röle Testlerinin Akım-Gerilim Kaynaklı Test Cihazı ile yapılması ve raporlanması	T	T	T	T
	27	Vuruntu Ölçüm Ekran Çıktısı (23)				T
	28	Kazan Besi Suyu Analiz Raporu				
	29	Yakıt Analiz Raporu				
	30	Reenjeksiyon Suyu Sıcaklık Ölçüm Raporu			T	
	30	Reenjeksiyon Suyu Sıcaklık Ölçüm Raporu			T	
E) Kabul Heyeti'ne İbrahim Edilecek Tutanak Dışı Belgeler	1	Taranmış Onaylı projeler	T	T	T	T
	2	Sözleşme ve teknik şartname	T	T	T	T
	3	İlgili standartları kapsamında;				
		a) Akredite kuruluşlardan alınan uygunluk belgeleri (sertifikalar)	T	T	T	T
		b) Sertifikası olmayan ekipmanlar için fabrika ve/veya tip test raporları	T	T	T	T
	4	İlgili standartları kapsamında yapılan saha testlerine ilişkin raporlar	T	T	T	T
	5	Kaynak test raporları (basınçlı hatlar, basınçlı kaplar)	T		T	T
	6	Beton ve çelik test raporları	T	T	T	T
	7	Şebeke Yönetmeliği kriteri test raporları	T	T	T	T
	8	Arz Güvenliği Kalitesi Yönetmeliği kriteri test raporları	T	T	T	T
	9	Sayaç Tebliği kriteri test raporları	T			
	10	Röle test raporları	T			
	11	Yüksek gerilim işletme personeli EKAT belgeleri	T			
	12	Şebeke Uyumluluk Raporu		T		
	13	Sistem Bağlantı Anlaşması	T	T	T	T
	14	Su Kullanım Hakkı Anlaşması	T			
	15	Jeotermal Kaynak Kullanım Anlaşması			T	
	16	Belediye ile yapılan Deponi Atık Sahası Sözleşmesi ⁽⁴⁾				T
	17	MTA'dan ya da İl Özel İdaresi'nden alınana arama ve kuyu açma izinleri			T	

	18	Onaylı İmar Planı	T	T	T	T
	19	Yer Teslim Tutanağı (Orman, İl Özel İdare, vb.)	T	T	T	T
	20	İlgili İdare ile Şirket arasında jeotermal alana ilişkin imzalanan sözleşme			T	
	21	Yakıt Sözleşmesi				
F) Kabul Sonrasında Lisans Sahibi Firma Tarafından Temin Edilecek Belgeler	1	TS EN ISO 9001: Kalite Yönetim Sistemi Belgeleri ⁽¹²⁾	T	T	T	T
	2	TS EN ISO 14001: Çevre Yönetim Sistemi Belgeleri ⁽¹²⁾	T	T	T	T
	3	TS EN ISO 18001 (OHSAS): İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemi Belgeleri ⁽¹²⁾	T	T	T	T
	4	Yapı Ruhsatı ⁽¹³⁾	T	T	T	T
	5	Yapı Kullanma İzin Belgesi ⁽¹⁴⁾	T	T	T	T
	6	(Gayri Sıhhi Müessese) İş Yeri Açma ve Çalışma Ruhsatı	T	T	T	T
	7	Kamulaştırma Sonuç Yazısı ⁽¹⁵⁾	T	T	T	T
	8	Elektromekanik Teçhizat Teknik Şartnamesi kapsamındaki Ekipman Saha Test Raporları ⁽¹⁶⁾	T	T	T	T
	9	Kamu Kurumlarından Mutabakat Yazıları ⁽¹⁾	T	T	T	T

6.5.1 Tesisin Ticari İşletmeye Açılması

Tesisin tümünün veya kısmi kabulü yapılan bölümlerin teknik ve idari bakımından ticari işletmeye açılmasında sakınca görülmemesi durumunda, kabul kurulunun kararı kurul başkancınca uygun bir yazı ile mahallin en büyük mülki amirine bildirilir. Bu bildirim üzerine tesis geçici olarak ticari işletmeye açılabilir. Geçici işletme durumu, geçici kabul tutanakları onaylanıncaya kadar devam eder. Onay işlemi bir ay içinde sonuçlandırılmalıdır. Onaydan sonra tesis sürekli olarak işletilebilir. Tutanaklar onaylanmaz ve kabul reddedilirse geçici ticari işletmeye son verilir.

Kesin kabul, geçici kabul tutanağında yazılı olan eksik ve özürlerin giderilip giderilmediğinin belirlenmesi amacı için yapılır. Kesin kabul zamanı geldiğinde, yüklenicinin yazılı başvurusu üzerine tesis sahibi tesisatın genel durumunu gözden geçirir. Geçici kabulde saptanmış olan eksik ve özürlü işlerin tamamlanmış ve düzeltilmiş olması durumunda kesin kabul işlemlerinin yapılması için durumu işveren veya yetkili kuruluşa bildirir. İşveren veya yetkili kuruluş kesin kabul kurulunu belirler. Kurulun oluşturulması ve yapacağı görevler geçici kabule ilişkin hükümlere göre yapılır. Kesin kabul kurulu gerekli gördüğü muayene, ölçme ve deneylerin yapılmasını sağlayarak tesisin kesin kabule uygun olup olmadığını saptar. Kesin kabulün yapılabilmesi için eksilecek bedeller dışında hiçbir eksiğin bulunmaması gerekir. Ancak onarılması veya düzeltilmesi gereken az fakat önemli eksikler varsa tamamlatma bedelleri saptanır, bunların tamamlanmasından sonra tutanakların onaylanması koşulu ile kabul yapılabilir.

6.5.2 Kesin Kabul Tutanaklarının Düzenlenmesi

Kesin kabul için yapılan inceleme, muayene ve deneyler sonunda kurul tesisi kabule uygun bulursa kesin kabul yapılır ve ekli örneklerle göre yeterli sayıda kabul tutanağı düzenlenir. Kesin kabul tutanaklarının bu örneklerle uygun olması zorunludur.



BÖLÜM-7
TÜRBİN BAKIMI

BÖLÜM-7

TÜRBİN BAKIMI

Rüzgâr santrallerinde düşük maliyetli ve sürdürülebilir işletme ve bakım için öncelikle santralin tasarım aşamasında doğru kriterlere göre tasarlanmış olması gerekmektedir. Bunun ötesinde işletme ve bakım personelinin yetkinliği de önemli bir faktördür. İşletme bakım kontratlarının her türlü önleyici ve düzenli bakım aktivitelerini kapsayacak şekilde yapılması, garanti edilen emre amadelik seviyelerinin altında kalınması durumunda da zararın tanzimi önemli olmaktadır. Ülkemizde rüzgâr santralleri işletme ve bakım konularında uzman yetişmiş eleman sayısını artırmak için bu konuda eğitim veren meslek liseleri ve meslek yüksek okullarına ilgili bölümler açılmalı ve sektörün nitelikli eleman açığı böylece giderilmelidir.

7.1 Türbin Bakımı

Rüzgâr türbinlerinin işletme & bakım periyodları ve içerikleri rüzgâr türbin teknolojisine ve türbin tipine bağlı olarak farklılık göstermektedir. Genel olarak rüzgâr türbinlerine yıllık olarak toplam 4 bakım kapsamı yapılmaktadır.

Ayrıca 4 ya da 5 yılda bir kapsamlı mekanik bakımlarda yapılmaktadır. Yıllık periyodlar ile yapılan bakımlar şu şekilde genellenebilir:

- Görsel Kontrol
- Yağlama Bakımı
- Elektrik Bakımı
- Mekanik Bakım

Yıllık bakımların süreleri türbin tipine göre değişmekle beraber 1 MW türbinler için 30-50 saat, 2-3 MW türbinler için 60-100 saat olarak değişmektedir. Rüzgâr türbini işletme ve bakım hizmetleri genel olarak türbin tedarikçisi firmalar tarafından verilse de işletme bakım yapan harici firmalar hatta rüzgâr santrali sahibi firmalar kendi işletme ve bakım ekiplerini de kurarak bu hizmetleri verebilirler. Rüzgâr santralleri işletme ve bakım kontratları yapılırken bazı noktalara dikkat edilmelidir. Bu noktalar ve dikkat edilmesi gerekli unsurlar şu şekilde sıralanabilir:

Tanımlamalar: Emre amadelik, kontrat başlangıç tarihi, garanti periyodu, kontrat fiyatı, mücbir sebepler, kontrat süresi, arıza, saha, raporlama gibi tanımlamalar detaylı olarak kontratın tanımlamalar bölümünde işlenmelidir.

Yatırımcı Yükümlülükleri: İşletme bakım kontratında yüklenicinin sorumlu olduğu işleri yapabilmesi için gerekli olan yatırımcı yükümlülüklerinin detaylı olarak tarif edilmesi gerekmektedir.

Yüklenici Yükümlülükleri: Yüklenicinin işletme bakım anlaşması dahilinde yapmakla yükümlü olduğu iş kapsamlarının tarif edildiği bölümdür.

Kontrat Süresi: Kontratın süresi ve uzatma opsiyonlarının detaylandırıldığı kısımdır.

Garanti Süreleri: Eğer garanti türbin tedarik anlaşması ile verilmemiş ise işletme bakım anlaşmasında bu kısım altında garanti koşulları detaylı olarak belirtilmelidir.

Arızalı Ürünler: Türbinde oluşacak arızalar ve yıpranmalar sonucu oluşacak arızalı ürünlerin değişim ve yenileme koşulları bu bölümde detaylandırılır. Performans garantileri (Güç eğrisi, gürültü emisyonu, emre amadelik, güç kalitesi), rüzgâr türbininin garanti edilen güç eğrisi, ses emisyonu ve şebeke ile uyumlu çalışması koşulları bu bölümde anlatılır.)

Fiyat ve Ödeme: Sağlanacak olan servis kapsamının fiyatı ve ödeme koşulları ayrıca yapılacak ek işlerin fiyatlandırılmaları yine bu kısımda belirtilmelidir.

Mücbir Sebepler: Verilecek olan servisin hangi koşullar altında verilemeyeceği bu kısımda detaylandırılmıştır.

Kontrat İptali: Kontratın iptali ya da askıya alınması ile ilgili detayları içerir.

Üretici firmanın tavsiyesi ve prosedürüne uygun olarak belirli aralıklarla tekrarlanan bakım çalışmalarının tamamı **“Periyodik Bakım”** adı altında toplanabilir. Bu çalışmalar yağlama, sistem testleri ve kontroller, değişmesi gereken ekipmanlar ve temizlik konularını kapsar.

Sistem Testleri: Hidrolik sistem, pitch bağlantıları, rotor- kanat kontrol mekanizmaları ve elektriksel testleri kapsar. Sistemin kontrolünü sağlayan bu ekipmanlarda yapılacak kontrolleri içerir.

7.2 Periyodik Bakım Tipleri

Bir RT'nin münferit türbin bileşenleri, farklı zaman dilimlerinde ve farklı kapsamda periyodik bakıma tâbi tutulmalıdır rüzgâr türbinleri için üç ayrı bakım tipi bulunmaktadır:

Type 1	Type 3	Type 4
Türbin devreye alındıktan sonra 500h – 1500h çalışma saati arasında yapılması gereken bakımdır.	Type 1 bakımı sonrası her yıl düzenli olarak yapılan ve türbindeki komponentlerin genel olarak kontrolünü içeren bakım kapsamıdır.	Her beş yılda bir yapılan bakımdır. Type 3 bakımını kapsamakla beraber ilave maddeler içerir.
Tüm bileşenlerin tamamının görsel ve tork kontrolleri yapılır.	Bakım dökümanında belirtilmiş olan oranlarda komponentlerin tork kontrolü.	Pitch sistemi güvenlik ekipmanı “batarya” değişimi.
	Hizalama işlemi (kanat / jeneratör/rüzgâr ölçüm sistemi vb.)	Pitch gear / yaw gear yağ oil değişimi.
	Otomatik yağlama ünitelerinin kontrolü ve yağ numune alımı.	
	Topraklama direnci ölçümü (2 yılda 1) / RCD Kaçak Akım Koruma Testi	
Türbin Güvenlik Fonksinel Testi		

Tablo 7.1 Bakım Tablosu

7.3 Bakım Çalışmalarına Hazırlık

Her bir bakım görevine başlamak için aşağıdaki çalışma adımları tamamlanmalıdır.

- RT'nin güvenlik durumunu "**Türbinde Çalışan Var**" olarak ayarlayın.
- RT'nin dış bölgesini dikkat çekici durumlar açısından gözle kontrol edin. RT'ye girin ve çalışma modu şalterini "**Lokale Bedienung**" (Yerel kumanda) konumuna getirin. (Nordex Türbinlerde)
- Scada görselleştirme ünitesi üzerinden RT'nin hata protokolünü inceleyin ve dikkati çeken durumları kontrol edin.
- RT bir asansöre sahipse, sistemi kullanırken acil durum lambası kule ayağından yanınıza alınmalıdır.
- İple iniş donanımının servis aracından RT'ye götürüldüğüne emin olun.
Bilgi: Makine dairesinde ikiden fazla insanın bulunması öngörülmüşse, ikinci bir iple iniş donanımı beraberinde götürülmelidir.
- RT bir titreşim sönümlleme sistemi ile donatılmışsa bu sistem devreye alınmalıdır.

Aşağıda bakım periyotlarında izlenen ve kontrol edilen ekipmanlar verilmektedir. Yapılan işlemler zaman ve bakım tipine göre değişkenlik arz etmektedir.

- 1-Rotor Kanatlarının Bakımı
- 2- Rotor Hub Muhafazasının Bakımı
- 3-Rotor Hub'ın Bakımı
- 4-Pitch Sisteminde Periyodik Bakım
- 5-Rotor Yatağında ve Makine Taşıyıcısında Periyodik Bakım
- 6-Dişli Kutusunda Periyodik Bakım
- 7-Rotor Freninde Periyodik Bakım
- 8-Slipring'in Bakımı
- 9-Jeneratörde, Jeneratör Taşıyıcısında ve Kavramada Periyodik Bakım
- 10-Jeneratör Soğutucusunda Periyodik Bakım
- 11-Hidrolik Sisteminde Periyodik Bakım
- 12-Kabin Vinçlerinde Periyodik Bakım
- 13-Makine Dairesindeki Periyodik Bakım
- 14-Nasel Üzerindeki Donanımların Bakım Çalışmaları
- 15-Makine Dairesindeki Elektrik Pano Dolaplarında Periyodik Bakım
- 16-Yaw Sisteminde Periyodik Bakım
- 17-Güvenlik Ekipmanların Fonksiyonel Test Çalışması
- 18-Kule İçi Periyodik Bakım
- 19-Bottombox'ta Bakım
- 20-Converter Soğutucusunda Periyodik Bakım
- 21-Opsiyonel Parçaların Bakımı
- 22-Sistemin Temizlenmesi
- 23-Bakım Çalışmalarının Tamamlanması

7.4 Temizlik

Çalışan sistemde zamanla toz, yağ birikimleri olması normaldir. Bu kirliliği mümkün olduğunca azaltacak önlemler alınmalıdır. Türbine çıkıldığı zaman temizliğe azami önem gösterilmelidir. Bu sayede ileride sorun çıkarabilecek durumların tespiti (yağ kaçakları, vb.) kolaylaşır.

7.5 ENH Bakımı

Şebekeye enerji ileten enerji nakil hatlarının düzenli bakım ve kontrollerinin yapılması, verimlilik ve güvenlik açısından şarttır. Enerji Nakil Hatlarında 6 aylık periyotlarda bakım yapılması idealdir. Bakım esnasında kablo başlıkları hareketli olan aksamlar, parafadurlar, izalatörler, Topraklama kabloları direk işaretçileri kontrol edilmelidir.

7.6 Transformatörler

Enerji iletiminde aktif rol oynayan transformatörlerin mevcut ekipmanlarının bakım ve kontrollerinin düzenli ve titiz bir şekilde yaptırılması gerekmektedir. (Kesici bakımları, trafo yağı değişimi vb.)

7.7 Yollar

Rüzgâr santrali dâhilinde bulunan; rüzgâr türbinlerine ulaşımı sağlayan santral içi ve santral dışı yolların kontrolü ve problem dâhilinde onarımı verimli bir işletme açısından oldukça gereklidir.

7.8 Aydınlatma

Güvenlik açısından santral sahasında bulunan aydınlatma elemanları (yol aydınlatmaları, trafo aydınlatmaları vb.) düzenli olarak kontrol edilmeli ve karşılaşılan aksaklıklar.

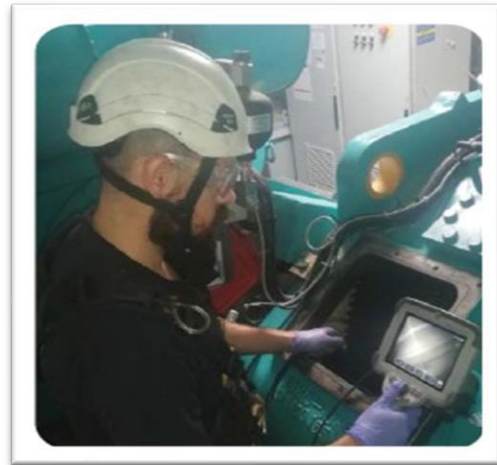
7.9 Drenaj Kanalları

Yağışlı havalarda oluşabilecek su yükünün düzenli bir şekilde tesisten uzaklaştırılması gerekir. Beraberinde bu su yükünün yeraltı enerji nakil kablolarına zarar vermesini önlemek amacıyla mevcuttaki drenaj kanalları senenin uygun zamanlarında kontrollerden geçirilmelidir.

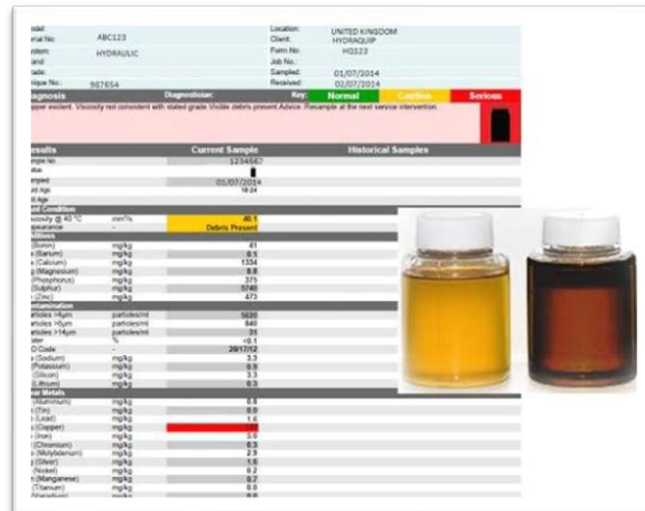
7.10 Dişli Kutusu Borescope İncelemeleri



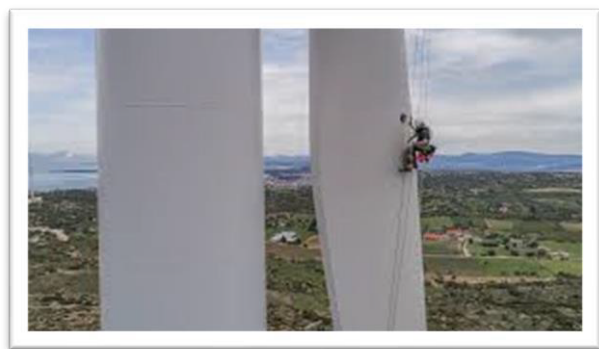
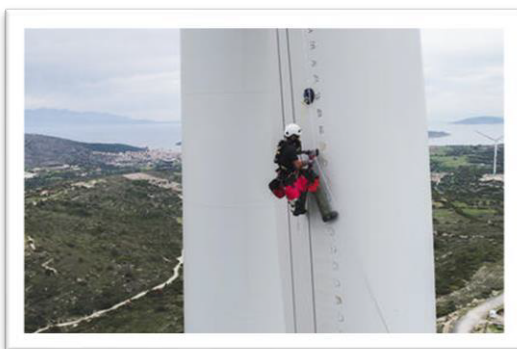
Şekil 7.1 Boroskop Kamerası



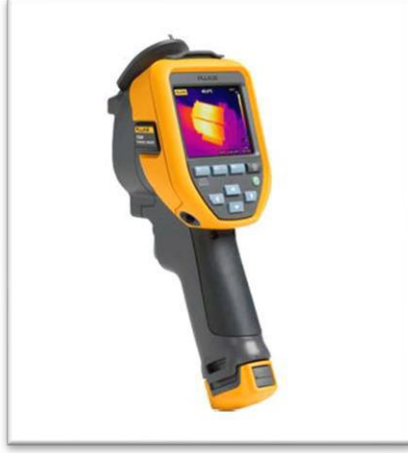
Şekil 7.2 Endoskopi İşlemi



Şekil 7.3 Yağ Analizi



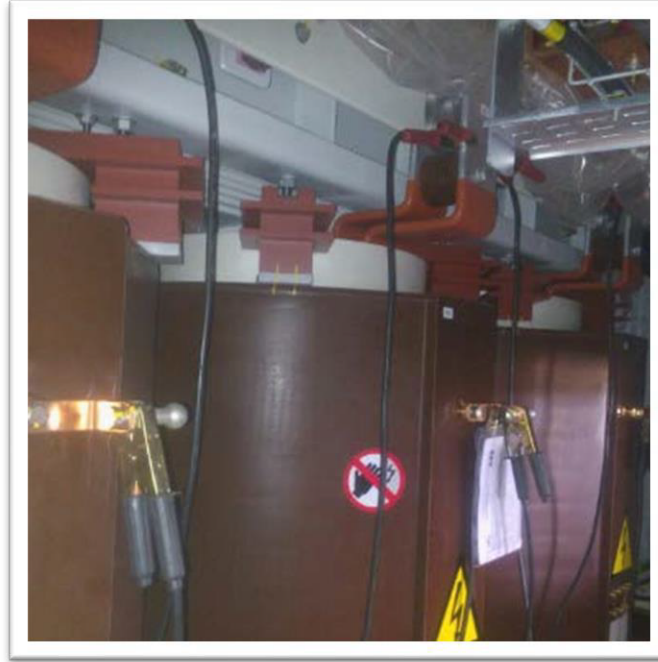
Şekil 7.4 Kanat İncelemeleri (Inspection)



Şekil 7.5 Termal Kamera



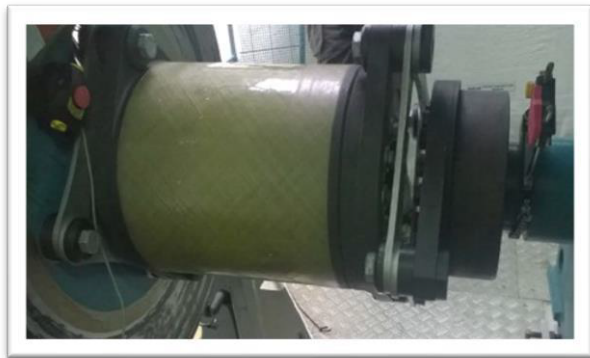
Şekil 7.6 Termal Kamera ile İnceleme İşlemleri



Şekil 7.7 Trafo İzolasyon Direnç Testleri



Şekil 7.8 Hizalama Teknikleri I



Şekil 7.9 Hizalama Teknikleri II



BÖLÜM-8

RÜZGÂR ENERJİ SANTRALİ İZİN SÜREÇLERİ VE LİSANSLAMA

BÖLÜM-8

RÜZGÂR ENERJİ SANTRALİ İZİN SÜREÇLERİ VE LİSANSLAMA

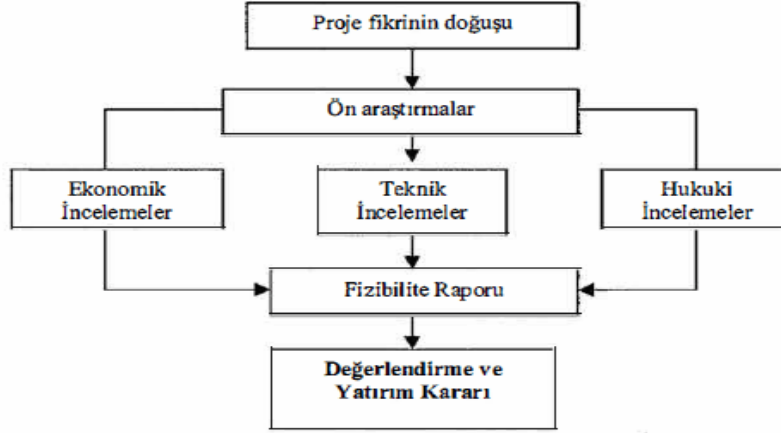
Rüzgâr enerjisi lisansı nasıl alınır sorusu, santral üzerine yatırım yapmak isteyenlerin kafalarındaki en büyük soru işaretlerinden birisidir. Rüzgâr enerjisi santrallerinin kurulmasında bazı izinlerin alınması söz konusudur. Her alan, rüzgâr tribünlerinin yerleştirilmesine uygun değildir. Alandaki rüzgâr hızı gibi faktörler de çok önemlidir. Türbinlerin çok hızlı bir şekilde dönmesi, jeneratöre aşırı yüklemeye neden olarak çeşitli arızaların yaşanmasına neden olmaktadır. Elektrik piyasasına giriş yapacak olanların, sektördeki prosedürler hakkında detaylı bir araştırma yapmaları önerilir.

Elektrik sektörü söz konusu olduğunda, üretim yapacak firmaların öncelikle **ön lisans başvurusunda bulunmaları gerekmektedir**. Ön lisans süresince gerekliliklerin yerine getirilmesi durumunda, üretim lisansı da elde edilebilmektedir. Ön lisans, üretim yapacak kişi ya da kurumların yatırımlarını başlatabilmeleri için belirli bir süreyi kapsayan izin olarak düşünülebilir. Bu süre içerisinde gerekli izin işlemleri, ruhsat ve diğer işlemler gerçekleştirilebilir. Üretim lisansı alındıktan sonra da **6446 sayılı kanunun** verdiği izinle üretim gerçekleştirilebilmektedir.

8.1 Proje Kararının Verilmesi

Santral yapım kararında rüzgâr enerjisi ile üretim yapacak olanların Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği'ni incelemeleri gerekmektedir. Yönetmelik kapsamındaki istisnai durumlar hariç, üretim işlemi birden fazla tesis ile yürütülecek ise her tesis için ayrı lisansın alınması söz konusudur. Bağlantı noktası ve tesisin fiziki şartlarına göre Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu tarafından tek bir lisansın alınması da yeterli görülebilir. Aynı tür yenilenebilir enerji kullanan çoklu tesislere, aynı noktadan sisteme bağlanmak şartıyla tek bir ön lisans da verilebilmektedir. Ön lisans almak için Ön Lisans Başvuru Dilekçesi doldurulmalıdır. Dilekçe ile birlikte sunulması gereken belgeler, yönetmelik içerisinde belirtilmiştir. Hazırlanan tüm belgeler, Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu'na verilmektedir.

TEİAŞ, her yıl Nisan ayında rüzgâr ya da güneş enerjisi ile ilgili kapasitesini Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu'na bildirir. Kurul da gönderilen kapasite bilgilerine göre kurumlardan başvuruları kabul eder. Ön lisans başvuruları, her yıl Ekim ayının ilk 5 günü içerisinde gerçekleştirilir. Üretim lisansı almak isteyenler ise yine Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu'na Lisans Başvuru Dilekçesi ile başvuru yapabilirler. Dilekçe ile yönetmelikte belirtilen belgelerin de teslim edilmesi gerekmektedir. Üretim lisansının alınabilmesi için, ön lisans süresi içerisinde gerekli yükümlülüklerin yerine getirilmiş olması gerekmektedir. Aksi takdirde yapılan başvurular kabul edilmemektedir.



Şekil 8.1 Proje Karar Aşamaları

8.2 Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Dayalı Üretim Tesisleri İçin Lisans Alma Süreçleri

- 1- Türk Ticaret Kanunu'na göre elektrik üretimi amacıyla şirket kurulması
- 2- Şirket tarafından proje geliştirilecek sahada tesis türüne göre rüzgâr veya güneş ölçüm istasyonlarının kurulacağı yer için kullanım hakkının edinilmesi
- 3- Rüzgâr veya güneş ölçüm istasyonlarının kurulması
- 4- Kurulan ölçüm istasyonları için hazırlanan "Ölçüm İstasyonu Kurulum Raporu'nun Meteoroloji Genel Müdürlüğü veya Akredite kuruluşlarca onaylanması
- 5- En az 1 yıl süreli ölçüm verilerinin Meteoroloji Genel Müdürlüğü veya Akredite kuruluşlara gönderilmesi
- 6- 1 yıl sonunda "Ölçüm Sonuç Raporu'nun Meteoroloji Genel Müdürlüğü veya Akredite kuruluşlarca onaylanması
- 7- Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği ve EPDK kurul kararlarıyla duyurulan başvuru bilgi ve belgelerin hazırlanması
- 8- EPDK Kurul Kararlarıyla duyurulan tarihlerde önlisans başvurusunun yapılması
- 9- Önlisans başvurusunun EPDK tarafından ön incelenmesi
- 10- Ön incelemesi uygun bulunan başvuruların Enerji İşleri Genel Müdürlüğü tarafından teknik değerlendirmesinin yapılması
- 11- Teknik değerlendirmesi uygun görülenler için Enerji İşleri Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan Teknik Değerlendirme Sonuç Raporu'nun EPDK'ya gönderilmesi
- 12- Teknik değerlendirmesi yapılan ve aynı bölgede bulunan başvurular için TEİAŞ tarafından "yarışma" sürecinin tamamlanması
- 13- Birim "Kwh" kurulu güç için en fazla ücreti ödemeyi taahhüt eden başvurunun TEİAŞ tarafından EPDK'ya bildirilmesi
- 14- Yarışmayı kazanan şirkete EPDK tarafından "Önlisans" verilmesi
- 15- Önlisans sürecinde şirket tarafından tesis kurulumuna yönelik her türlü idari izinlerin alınması ve tesisin imar planlarına işlenmesi
- 16- Şirkete EPDK tarafından "Üretim Lisansı" verilmesi
- 17- Tesise ait projelerin ETKB veya ETKB'nin yetkilendireceği kuruluşlarca onaylanması
- 18- İnşaat ve kurulum işlemlerinin tamamlanması
- 19- Tesisin ETKB veya ETKB'nin yetkilendireceği kuruluşlarca kabul edilmesi
- 20- Ticari işletme

8.2 Santral Kurmak İçin Ön Lisans Alma Süreçleri

TEİAŞ yarışmalardan ve lisans başvurusundan önce bağlantı noktaları ve noktaların o dönemki kapasitelerini belirten bir harita yayınlar ve haritadan projelerin hangi bölgede ne kadarlık bir kapasite ile bağlanacağı netleşir. Açıklama sonucunda **EPDK** belirli dönemlerde önlisans başvurusu için kurul kararı ile ön lisans başvuru alım tarihlerini yayınlar. Ön lisans için hazırlanacak dosyanın netleşmesini sağlar. Bir yıllık ölçüm sonucunda alınan verilerin ve yapılan ön fizibilite çalışmaları ile proje süreci başlamış olur.

2 Kasım 2013 tarihli ve 28809 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliği'nin Geçici 17. Maddesi gereğince TEİAŞ tarafından yayımlanması gereken bölgesel bazda sisteme bağlanabilecek rüzgâr enerjisine dayalı üretim tesisi kapasiteleri

Bölgesel kapasitelerde, rüzgâr santrali projelerinin hangi il sınırları içerisinde tesisi edileceği dikkate alınarak değerlendirme yapılacaktır.



31/12/2013 tarihli ve 28868 sayılı Resmi Gazetede yayımlanmıştır.

Enerji Piyasası Düzenleme Kurumundan:

KURUL KARARI

Karar No: 4752-1

Karar Tarihi: 12/12/2013

Enerji Piyasası Düzenleme Kurulunun 12/12/2013 tarihli toplantısında; TEİAŞ Genel Müdürlüğü tarafından 2018 yılı sonuna kadar belirlenen 3.000 MW'lık kapasitenin tamamı için rüzgâr enerjisine dayalı önlisans başvurularının alım tarihinin Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliğinin Geçici 17 inci maddesinin birinci fıkrası uyarınca **24,27,28,29,30 Nisan 2015** olarak belirlenmesine ve söz konusu tarihin kamuoyuna duyurulmasına,

karar verilmiştir.

8.2.1 Önlisans Başvurusunda Sunulması Gereken Bilgi ve Belgeler

Piyasada faaliyet göstermek isteyen tüzel kişi, faaliyetine başlamadan önce; Yönetmelik kapsamındaki istisnalar hariç, her faaliyet için ve söz konusu faaliyetlerin birden fazla tesiste yürütülecek olması hâlinde, her tesis için ayrı lisans almak zorundadır. Bağlantı noktası ve tesisin fiziki durumuna göre, Kurul, birden fazla projeye konu üniteleri, tek bir önlisans veya lisans kapsamında değerlendirebilir. Üretim faaliyetiyle iştigal edecek tüzel kişi, faaliyeti birden fazla tesiste yürütecek olması hâlinde, her tesis için ayrı önlisans almak zorundadır.

Lisans alımı için aşağıdaki bilgi ve belgelere ihtiyaç duyulmaktadır:

8.2.1.1 Önlisans Başvuru Dilekçesi (Ek-3.1)

EPDK Başvuru Sistemi üzerinden yapılacak başvurularda sistem tarafından otomatik olarak oluşturulur, başvuru sahibi tarafından elektronik imza ya da mobil imza ile imzalanarak tamamlanır. Yazılı yapılacak başvurularda Ek-3.1’de yer verilen dilekçe doldurularak imzalanmak suretiyle tamamlanır.

8.2.1.2 Yetki Belgesi

Tüzel kişiyi temsil ve ilzama yetkili şahıs ya da şahısların “Yetki Belgeleri”nin aslı veya noter onaylı suretleri veya aslı ile birlikte sunulacak fotokopisi.

EPDK Başvuru Sistemi üzerinden yapılacak başvurularda yetki belgesi “Önlisans ve Lisans İşlemleri ile İlgili Başvurularda İlişkin Usul ve Esaslar”da belirlendiği şekilde yetkili tanımlanması amacıyla Kuruma yazılı olarak sunulur. Yetki belgesi usul ve esaslarda belirlenen asgari unsurları içerir. Kurum nezdinde yetkili tanımlanması daha önce yapılmış ise tekrar sunulmasına gerek yoktur. Yazılı olarak yapılan başvurular için başvuru ekinde sunulur.

8.2.1.3 Esas Sözleşme

Tüzel kişilik esas sözleşmesinin, Türkiye Ticaret Siciline tescil edilmiş olan tüm tadiller işlenmiş son halinin, Ticaret Sicili Memurluğunca tasdiklenmiş bir nüshası veya tüzel kişilik kaşesi altında, tüzel kişiliği temsil ve ilzama yetkili kişi veya kişilerce imzalanmış bir nüshası

Esas sözleşme kapsamında;

- Başvuru sahibi tüzel kişinin anonim şirket olması halinde, sermaye piyasası mevzuatına göre borsada işlem görenler dışındaki paylarının tamamının nama yazılı olduğuna ve ilgili şirket tarafından borsada işlem görmek üzere ihraç edilecekler hariç hamiline yazılı pay senedi çıkarılamayacağına ilişkin hükme,
- Önlisans sahibi tüzel kişi, üretim lisansı alınıncaya kadar, Yönetmelikte belirtilen istisnalar dışında, tüzel kişinin ortaklık yapısında değişiklik yapılamayacağına ilişkin Yönetmelikte öngörülen mevcut hükme,
- Önlisans sahibi tüzel kişinin pay senetlerinin nevi ve ortaklık yapısında değişiklik yapılamayacağına ilişkin hüküm ile Şirket sermaye miktarının düşürülmesine ilişkin esas sözleşme değişikliklerinde Kurum onayı alınacağına ilişkin hükme, esas sözleşmede yer verilmesi ve bunlarla çelişik hükümlere yer verilmemesi zorunludur.

Önlisans başvurusu yapan tüzel kişilerin esas sözleşmelerinde dağıtım faaliyeti yürütme-lerine ya da dağıtım faaliyeti yürüten tüzel kişiler ile iştirak ilişkisi kurabileceğine ilişkin hü-kümlere yer verilemez.

EPDK Başvuru Sistemi üzerinden yapılacak başvurularda sisteme pdf formatında yük-le-nir. Yazılı yapılan başvurular için başvuru ekinde sunulur.

8.2.1.4 Üretim Tesisine İlişkin

a) Bilgi Formu [Ek-3.2 (a, b, c, ç, d, e, f, g)]

EPDK Başvuru Sistemi üzerinden yapılacak başvurularda, projeye ilişkin koordinat, ku-rulu güç vd. bilgilerin EPDK başvuru sisteminde yer alan şablonlar kullanılarak veya tek tek eklenerek girilmesi sonucunda kaynak türüne göre Ek-3.2 örneklere uygun biçimde sistem ta-rafindan otomatik olarak oluşturulur. Yazılı yapılacak başvurularda kaynak türüne göre Ek-3.2 örneklere uygun biçimde doldurularak başvuru ekinde sunulur.

b) Üretim Tesisinin Yerleşim Yeri Projesi

(Mevcut mülkiyet durumunun (dağılımının) gösterildiği 1/5.000 ölçekli kadastral pafta üzerinde, üretim tesisine ait tüm tesislerin yerleşim yerleri ve sınırları çizilerek gösterilecektir.

Ayrıca bu paftada, tesis yerine ilişkin il-ilçe-köy-mahalle-ada-parcel bilgileri de yer alır. Söz konusu kadastral pafta üzerine santral sahasının içerisinde yer aldığı 1/25.000 ölçekli haritanın pafta ismi ve numarası (Bandırma-G19-a1 gibi) da ilave edilir. Kadastral paftanın lejantında, üretim tesisi yerinin halihazırdaki imar durumuna (mekânsal strateji ve/veya çevre düzeni planına göre orman, mera, tarım arazisi, sanayi, mesken v.s) ve arazinin mülkiyet dağı-lımına (miktar ve oranları da belirtilerek – özel mülkiyet-maliye hazinesi, devletin hüküm ve tasarrufu-kamu tüzel kişiliği mülkiyeti-mera-orman-vs.) ilişkin bilgiler de yer alır.)

Rüzgâr ve güneş enerjisine dayalı önlisans başvurularında, başvuru aşamasında işbu belge istenmez. TEİAŞ tarafından yapılacak yarışma neticesinde bağlantı hakkı kazanan pro-jeler için yarışmayı müteakip sunulur.

c) Tek Hat Şeması

(Üretim tesisinin bağlanacağı/bağlı olduğu bağlantı noktasını ve gerilim seviyesini gös-teren tek hat şeması, ilgili dağıtım ve/veya iletim hatları ile dağıtım merkezi ve/veya trafo mer-kezini içerecek şekilde A4 boyutunda hazırlanır. Üretim lisansı başvurularına ilişkin olarak, üretim tesisi barasına tüketici bağlanacak ise bu husus özellikle tek hat şemalarında belirtilir ve açıklama notu yazılır. Şemada gösterilen tesise ilişkin unsurların ölçü birim ve metraj bilgisine (gerilim, güç, tertip, kesit, devre sayısı, uzunluk vb.) yer verilir ve mülkiyet sınırları (TEİAŞ, EDAŞ, Şirket) gösterilir. Alçak gerilimli iç tesisat şemada gösterilmez.)

Rüzgâr ve güneş enerjisine dayalı önlisans başvurularında, başvuru aşamasında işbu belge istenmez. TEİAŞ tarafından yapılacak yarışma neticesinde bağlantı hakkı kazanan projeler için yarışmayı müteakip sunulur.

d) ÇED Belgesi

(Rüzgâr, güneş, hidrolik, jeotermal, biyokütle veya yerli madenlere dayalı başvurular hariç olmak üzere, 25/11/2014 tarihli ve 29186 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan Çevresel Etki Değerlendirmesi (ÇED) Yönetmeliği kapsamında alınan ÇED Belgesi.

e) Duyarlı Yörelere Beyanı (Ek-3.3)

(Bu beyan kapsamında, ÇED Yönetmeliğinin Ek-5’inde yer alan duyarlı yörelere her biri için ayrı ayrı başvuru sahasının söz konusu alanlar içinde yer alıp almadığının var/yok şeklinde seçilmesi gerekmektedir. Herhangi bir duyarlı yörenin “var” olarak seçilmesi halinde açıklama kısmına söz konusu Duyarlı Yöre’nin üretim tesisi kurulmasına neden engel olmadığına ya da engelin nasıl aşılabacağına, ayrı ayrı açıklanması zorunludur. Gerekli açıklama yapılmadan başvuru imzalanamaz. Açıklamaya ilişkin varsa bilgi/belgeler evrak yükleme sayfasında yer alan ilgili bölüme yüklenmelidir.)

Söz konusu beyan, EPDK Başvuru Sistemi üzerinde otomatik olarak oluşturulur. Yazılı yapılacak başvurularda Ek-3.3 örneğe uygun biçimde doldurularak başvuru ekinde sunulur.

f) İmar Durumu Belgesi

(Önlisans başvurusuna konu sahanın niteliğine göre Mekânsal Planlar Yapım Yönetmeliği ve Planlı Alanlar İmar Yönetmeliği veya Plansız Alanlar İmar Yönetmeliği uyarınca ilgili kurumdan ya da kurumlardan alınmış olan ve sahanın tamamının mevcut imar durumunu gösteren belge ya da belgeler)

g) İmar Durumu Beyanı (Ek-3.4)

(Başvuru yapılan sahaya ilişkin imar tadilatının gerekmesi halinde, mekânsal strateji planı, çevre düzeni planı, varsa nazım ve/veya uygulama imar planları bakımından tadile engel bir hususun olup olmadığı EPDK Başvuru Sistemi beyanlar sayfasındaki ilgili alanlardan seçilmesi suretiyle belirtilmelidir. İmar durumu bakımından beyan edilen her plan için söz konusu planın tarihinin ve üretim tesisinin kurulmasına neden olan engelin nasıl aşılabacağına açıklanması zorunludur. Gerekli açıklama yapılmadan başvuru imzalanamaz. Açıklamaya ilişkin varsa bilgi/belgeler evrak yükleme sayfasında yer alan ilgili bölüme yüklenmelidir.)

Söz konusu beyan, EPDK Başvuru Sisteminde otomatik olarak oluşturulur. Yazılı yapılacak başvurularda Ek-3.4 örneğe uygun biçimde doldurularak başvuru ekinde sunulur.

h) Yasaklı Alanlar Beyanı (Ek-3.5)

Önlisans başvurusuna konu santral sahasının tamamının ya da bir kısmının rüzgâr enerjisine dayalı önlisans başvuruları bakımından tesis alanlarına -türbin, şalt sahası, kablo kanalları ve yollar, diğer kaynaklara dayalı önlisans başvuruları bakımından santral sahasının tamamına isabet etmediğini açık biçimde (koordinat, ada/pafta vb. bilgilere yer vermek suretiyle) ifade edilmesi gerekir. 5403 sayılı Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu kapsamında;

- Mutlak tarım arazilerini,
- Özel ürün arazilerini,
- Dikili tarım arazilerini,
- Sulu tarım arazilerini,
- Büyük ovaları,
- Çevre arazilerde tarımsal kullanım bütünlüğünü bozan alanlar ile 3573 sayılı Zeytinciliğin Islahı ve Yabanilerinin Aşılattırılması Hakkında Kanun kapsamında zeytinlik sayılan alanları kapsayıp kapsamadığına ilişkin beyan.

Üretim tesisinin kurulacağı alanda burada belirtilen alanlardan biri bulunması halinde konuya ilişkin belge sunulur. Söz konusu beyan, EPDK Başvuru Sistemi beyanlar sayfasında ilgili alanların seçilmesi sonucunda sistem tarafından otomatik olarak oluşturulur. Başvuru yapılacak sahanın yasaklı alanları kapsadığının beyan edilmesi halinde yasaklı alanların, tesisin kurulmasına neden olan engelin nasıl aşılabileceğinin ayrı ayrı açıklanması zorunludur. Gerekli açıklama yapılmadan başvuru imzalanamaz. Açıklamaya ilişkin varsa bilgi/belgeler evrak yükleme sayfasında yer alan ilgili bölüme yüklenmelidir Yazılı yapılacak başvurularda Ek-3.5 örneğe uygun biçimde doldurularak başvuru ekinde sunulur.

8.2.1.5 Kaynak Belgesi/Beyanı

Üretim tesisinde yerli doğal kaynak kullanılması halinde (kaynağın türüne göre);

- a) Devlet Su İşleri (DSİ) ile yapılmış Su Kullanım Hakkı Anlaşması'nın veya Su Kullanım Hakkı Anlaşması imzalayabilmeye hak kazanıldığına ilişkin belge,
- b) Yerli madenler ile jeotermal kaynakların kullanım haklarına ilişkin olarak; enerji kaynağının kullanım hakkı ya da diğer aynı haklarının tesis edilmiş olduğunun veya bu hakların tesis edileceğinin yetkili gerçek veya tüzel kişilerce taahhüt edilmiş olduğuna ilişkin belge,
- c) Yerli madenlere dayalı önlisans başvurularında; kullanılacak kaynağın rezerv miktarı, analiz değeri, birim elektrik üretimi için gerekli kaynak miktarı ve kurulması planlanan üretim tesisinin verimi de dikkate alınarak, kullanılacak kaynağın kurulması planlanan elektrik üretim tesisinin ihtiyacını karşılama süresine ilişkin hesaplamalar ve konuyla ilgili bilgi ve belgeler,
- d) Biyokütleyle dayalı başvurular için; başvuruya konu üretim tesisinde kullanılacak kaynağın analiz değerleri, kaynak ihtiyacına yönelik hesaplamalar, kullanılacak kaynağın varlığını ortaya koyan bilgi ve belgeler ile ihtiyaç duyulan kaynak miktarının en az 3 (üç) yıl süreyle veya lisans süresiyle uyumlu olarak, uzatma opsiyonunu da içerecek şekilde karşılanacağına ilişkin belgeler, kaynak sahiplerinin kaynak tahsisine ilişkin beyanları ya da sözleşmeler. Kaynak temini kapsamında, kaynak temin edilecek gerçek ve/veya tüzel kişinin ilgisine göre; sanayi kaynaklı atıklar için kapasite raporunun, tarımsal kaynaklar için çiftçi kayıt belgesinin ve hayvansal atıklar için ise işletme belgesinin de sunulması gerekir. Önlisans başvurusunda sözleşme yerine kaynak sahibinin beyanının sunulması halinde, beyana konu kaynağa ilişkin sözleşmeler lisans başvurusunda sunulur.

8.2.1.6 Ölçüm Belgesi (Ek-3.6)

(Tesisin kurulacağı santral sahası üzerinde ve/veya sahayı temsil edecek yerde, önlisans başvurusunun yapıldığı tarihe göre son sekiz yıl içerisinde elde edilmiş bir yıl süreli ve mevzuatına uygun rüzgâr enerjisine dayalı projeler için Rüzgâr Ölçüm İstasyonu Kurulum Raporu (Ek-3.6.a) ve Rüzgâr Ölçüm Sonuç Raporu (Ek-3.6.b), güneş enerjisine dayalı projeler için Güneş Ölçüm İstasyonu Kurulum Raporu (Ek-3.6.c) ve Güneş Ölçüm Sonuç Raporu (Ek-3.6.d) rapor)

EPDK Başvuru Sistemi üzerinden yapılacak ya da yazılı yapılacak başvurularda ölçüm belgesi, ölçümü onaylayan MGM veya akredite kuruluş sisteminden çevrimiçi servis aracılığıyla otomatik olarak EPDK Başvuru sistemine yüklenir.

8.2.1.7 Yasaklı Olmama Beyanı (A.Ş. için Ek-3.7.a, LTD. için Ek-3.7.b)

(EPDK başvuru sistemi beyanlar sayfasında yer alan yasaklı olmama beyanında Yönetim Kurulu Başkanı/Üyeleri ve Müdürlere ait isim ve T.C. kimlik numaralarına ilişkin bilgilerin girilmesi gerekmektedir.) EPDK Başvuru Sistemi üzerinden yapılacak başvurularda ilgili alanın seçilmesi suretiyle otomatik olarak oluşturulur. Yazılı yapılacak başvurularda Ek-3.7 örneğe uygun biçimde doldurularak başvuru ekinde sunulur.

8.2.1.8 Ortaklık Yapısı Belgeleri

Tüzel kişilikte doğrudan veya dolaylı pay sahibi olan gerçek ve tüzel kişilerin, pay oran ve tutarları belirtilmek suretiyle, ortaklık yapısını ortaya koyan bilgiler. (Tüzel kişilikte doğrudan veya dolaylı pay sahibi olan gerçek ve tüzel kişilerin, pay tutarları ve oranları belirtilmek suretiyle, ortaklık yapısını ortaya koyan bilgiler sunulur. Bu kapsamda gerçek kişi ortak ya da ortaklara ulaşıncaya kadar ortaklık yapısını ortaya koyan bir şema hazırlanır. Bu şemada yer verilen ortakların pay oranları virgülden sonra en fazla üç hane olacak şekilde düzenlenerek; gerçek kişi ortakların yanına Türkiye Cumhuriyeti Kimlik Numaraları, tüzel kişi ortakların yanına Ticaret Sicil Numaraları yazılır.

Yabancı gerçek kişi ortakların yanına pasaport numaraları, tüzel kişi ortakların yanına; şirketler için bağlı oldukları ticaret/sanayi odası numaraları, diğer tüzel kişilerde ilgili ülke mevzuatında tüzel kişiyi tanımlayan sicil numarası yazılır. Tüzel kişinin ortaklık yapısında dolaylı pay sahipliğinin de ayrıca hesaplanması ve yapılan hesaplama sonucunda; ortaklık yapısında yüzde on ve üzerinde (halka açık şirketlerde %5 ve üzerinde) doğrudan veya dolaylı pay sahibi olan ortakların pay oranlarının yüzde (%) olarak gösterilmesi gerekir.

Önlisans alınincaya kadar ortaklık yapısında herhangi bir değişiklik olması durumunda, değişikliği gösteren bilgi ve belgeler ile sunulan şemanın güncellenerek kuruma sunulması gerekir.

Dolaylı ortaklar açısından gerçek kişi ortakların, varsa birbirleri ile olan akrabalık ilişkileri (anne, baba, çocuk, kardeş, eş) belirtilir. Yönetmelik kapsamında belirtilenler, dolaylı pay sahipliği oranlarının belirlenmesinde birlikte dikkate alınır. (Yönetmeliğin 51 inci maddesi çerçevesinde, başvuruda bulunan tüzel kişinin önlisansına derç edilecek olan dolaylı pay sahipliği oranının tespitinde, yukarıda belirtilen şema çerçevesinde yapılan hesaplamalar kapsamında, ilgili tüzel kişinin beyanı esas alınır.)

EPDK Başvuru Sistemi üzerinden yapılacak başvurularda ortaklık yapısını ortaya koyan şema sisteme excel formatında yüklenir. Son ortaklık yapısını gösteren bilgi ve belgeler kapsamında anonim şirketler için pay defterinin ilgili sayfalarının veya Türkiye Ticaret Sicili Gazetesi suretinin, limited şirketler için Türkiye Ticaret Sicili Gazetesi sureti veya ilgili Sicil Müdürlüğünden alınmış tescil belgesinin pdf ortamında sisteme yüklenmesi gerekir. Yazılı yapılacak başvurularda ortaklık yapısını ortaya koyan şema excel formatında CD içerisinde, belgeler yazılı biçimde başvuru ekinde sunulur.

8.2.1.9 Kontrol Beyanı Belgeleri (Ek-3.8)

(Önlisans başvurusunda bulunan tüzel kişinin doğrudan ya da dolaylı çoğunluk payına sahip olmaktan kaynaklı kontrol durumu hariç, Yönetmelikte yer alan “kontrol” tanımı çerçevesinde bir ilişkinin olup olmadığına ilişkin beyan ile “kontrol” tanımı kapsamında bir ilişkinin varlığı halinde bu ilişkiyi gösteren belgeler.)

Kontrol: Bir tüzel kişi üzerinde ayrı ayrı ya da birlikte, fiilen ya da hukuken belirleyici etki uygulama olanağını sağlayan hakları, sözleşmeler veya başka araçlarla ve özellikle bir tüzel kişinin malvarlığının tamamı veya bir kısmı üzerinde mülkiyet veya işletilmeye müsait bir kullanma hakkıyla veya bir tüzel kişinin organlarının oluşumunda veya kararları üzerinde belirleyici etki sağlayan hakları veya sözleşmelerle meydana getirilen hakları ifade eder (Yönetmelik m.4/1.ü).

Söz konusu beyan, EPDK Başvuru Sistemi üzerinden yapılacak başvurularda kontrol ilişkisine ait alanların işaretlenmesi sonucunda sistem tarafından otomatik olarak oluşturulur. Kontrol tanımı kapsamında bir ilişkinin “var” olduğunun seçilmesi halinde söz konusu ilişkiyi gösteren belgelerin EPDK Başvuru Sistemi doküman yükleme sayfasından sisteme yüklenmesi gerekmektedir. Yazılı yapılacak başvurularda Ek-3.8 örneğe uygun biçimde doldurularak başvuru ekinde sunulur.

8.2.1.10 Tüzel Kişinin Güncel Sermaye Tutarını Gösteren Belgeler

(Bu kapsamda; şirket sermayesinin, üretim tesisi için Kurum tarafından öngörülen toplam yatırım tutarının asgari yüzde beşine, nükleer enerjiye veya yerli madenlere dayalı üretim tesisi kurulması için yapılan önlisans başvuruları açısından asgari yüzde birine tekabül etmesi zorunludur. Ayrıca, asgari sermaye hesabı yapılırken Yönetmeliğin 12nci maddesinin dokuzuncu fıkrası hükümlerinin de göz önünde bulundurulması gerekir.)

EPDK Başvuru Sistemi üzerinden yapılacak başvurularda ilgili alan doldurulur ve belgesi sisteme pdf formatında yüklenir. Yazılı yapılan başvurular için başvuru ekinde sunulur.

8.2.1.11 Teminat Belgesi (Ek-3.9)

EPDK Başvuru Sistemi üzerinden yapılan başvurularda Ek-3.9 örneğe uygun teminat mektubu sisteme pdf formatında yüklenir. Başvuru sonrasında beş iş günü içinde banka teminat mektubunun aslı ve mektubun ilgili banka şubesi tarafından düzenlendiğine ilişkin teyit yazısının bir dilekçe ekinde Kuruma ibraz edilmesi gerekmektedir. Düzenlenen teminat mektubunun lehdarı ile kredisi kullandırılan tüzel kişinin farklı olması halinde, söz konusu durumu belirtir banka yazısının da sunulması gerekmektedir. Teminatın nakit olarak sunulması halinde kurum hesabına yatırıldığına ilişkin dekontun başvuru aşamasında sisteme pdf formatında yüklenmesi gerekir. Yazılı yapılan başvurular için başvuru ekinde sunulur.

8.2.1.12 Önlisans Alma Bedeli

Önlisans başvurusunda bulunulan yıl itibariyle geçerli önlisans alma bedelinin kurum hesabına yatırıldığına ilişkin belge (Yerli madenler ile yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesisi kurmak üzere önlisans almak için başvuruda bulunan tüzel kişiler önlisans alma bedelinin yüzde onunu yatırır.)

EPDK Başvuru Sistemi üzerinden yapılan başvurularda ödeme yapıldığına ilişkin dekont bilgilerinin ilgili alana girilmesi ve dekontun pdf formatında sisteme yüklenmesi gerekmektedir. Yazılı yapılan başvurular için başvuru ekinde sunulur.

8.2.1.13 Organize Sanayi Bölgeleri, Serbest Bölgeler, Endüstri Bölgeleri vb. Gibi Özel Kanunla Kurulmuş Bölgelerde Kurulacak Üretim Tesisleri İçin Yetkili Merciden Elektrik Üretim Tesis Kurulmasına Sakınca Olmadığına İlişkin Alınacak Belge

EPDK Başvuru Sistemi üzerinden yapılan başvurularda sisteme pdf formatında yüklenir. Yazılı yapılan başvurularda başvuru ekinde sunulur.

8.2.1.14 Önlisans Başvurusuna Konu Üretim Tesisine İlişkin Kml veya Kmz Uzantılı Dosya

Rüzgâr ve güneş enerjisine dayalı tesisler için santral sahası, şalt merkezi, ünite/panel yerleşimlerini; Termik enerjiye dayalı tesisler için santral sahası ile varsa kül depolama sahasını; Jeotermal enerjiye dayalı tesisler için santral sahası ile jeotermal ruhsat alanını; Biyokütle ve nükleer enerjiye dayalı tesisler için santral sahasını; Hidrolik enerjiye dayalı tesisler için, projede öngörülen üretim tesisine ilişkin baraj-regülatör alanı ile, iletim yapısı (tünel ya da kanal), yükleme havuzu, cebri boru, santral binası, şalt sahası alanını gösterecektir.

EPDK Başvuru Sistemi üzerinden yapılan başvurularda sisteme yüklenir. Yazılı yapılan başvurularda başvuru ekinde CD içinde sunulur.

8.2.1.15 Nükleer Enerjiye Dayalı Önlisans Başvuruları İçin İlgili Kurumdan Alınacak Yer Lisansı

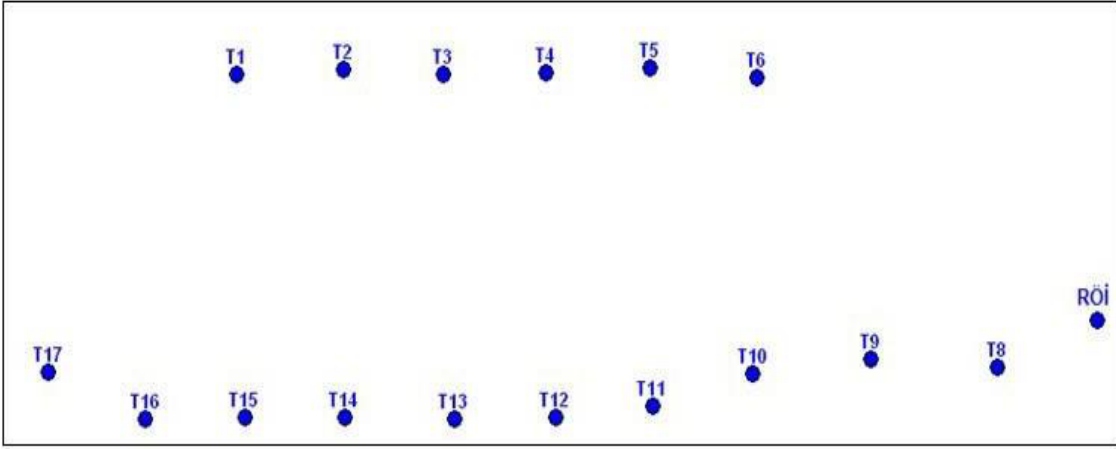
Yazılı yapılan başvurularda başvuru ekinde sunulur.

8.2.1.16 Saha Mülkiyetine İlişkin Belge

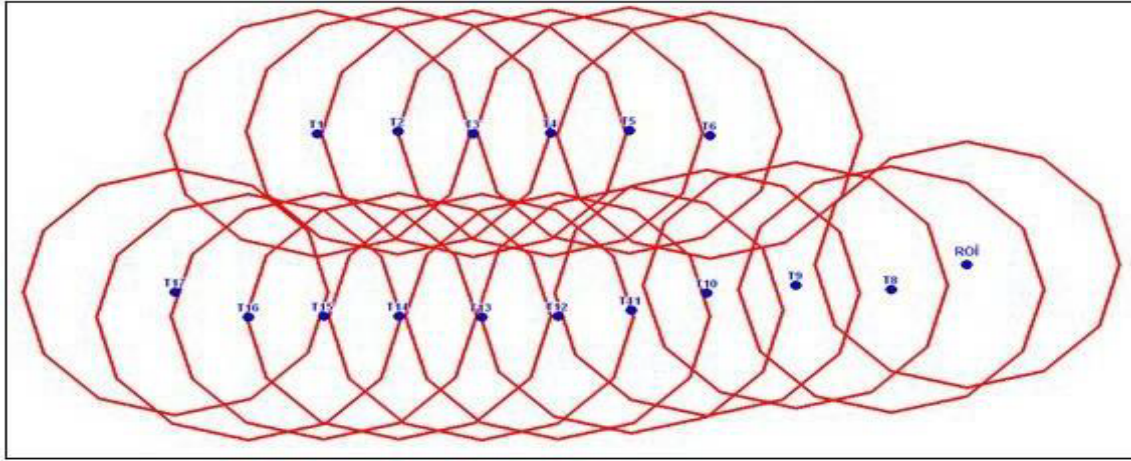
Rüzgâr veya güneş enerjisine dayalı kaynaklar için üretim tesisinin kurulacağı sahanın tamamının başvuruda bulunacak tüzel kişinin mülkiyetine konu olması halinde, mülkiyet hakkına sahip olduğuna ilişkin belge.

EPDK Başvuru Sistemi üzerinden yapılan başvurularda sisteme pdf formatında yüklenir. Yazılı yapılan başvurularda başvuru ekinde sunulur. Yukarıda belirtilen eklere lisans yönetmeliğinden ulaşabilirsiniz.

8.3.2 Santral Sahası Belirleme Yöntemi

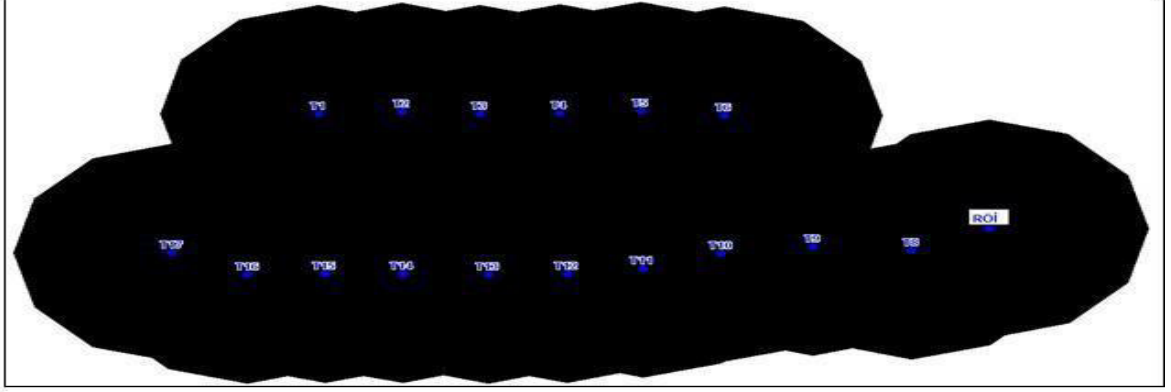


Şekil 8.4 Türbin noktaları ve RÖİ'ler işaretlenir. ($T_1, T_2, T_3, \dots, T_N$ VE $RÖİ_1, RÖİ_2, \dots, RÖİ_N$)

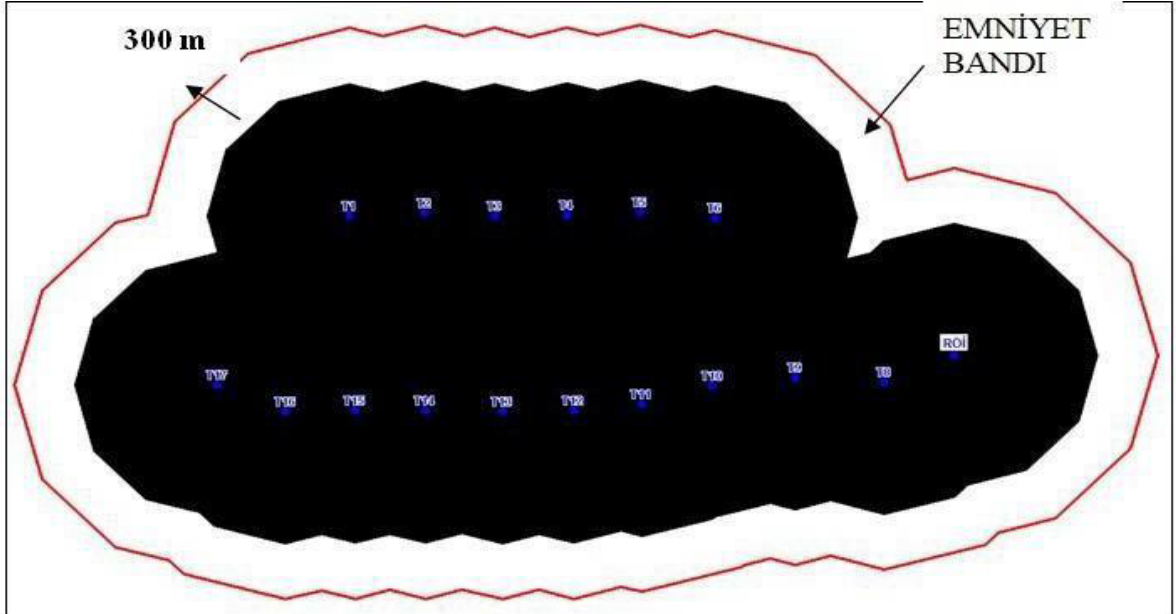


Şekil 8.5 Her Bir Türbin ve RÖİ Merkez Kabul Edilerek Dış Çevrel Çember Yarıçapı Maksimum 700 Metre Olacak Şekilde Çizilen 12 Kenarlı Eşkenar Çokgenler Oluşturulur.

Çizilen 12 kenarlı eşkenar çokgenin bir köşesi mutlaka kuzey yönünde olmalıdır. Belirlenen bu 12 kenarlı eşkenar çokgenlerin içerisi rüzgâr türbinlerinin ve RÖİ'nin kurulacağı sahalardır. Burada maksimum 700 metre olarak tanımlanan mesafe, başvuru sahibi tüzel kişi tarafından azaltılabilir, sıfır olarak alınabilir ve hatta türbin veya RÖİ bazında değişkenlik gösterebilir.

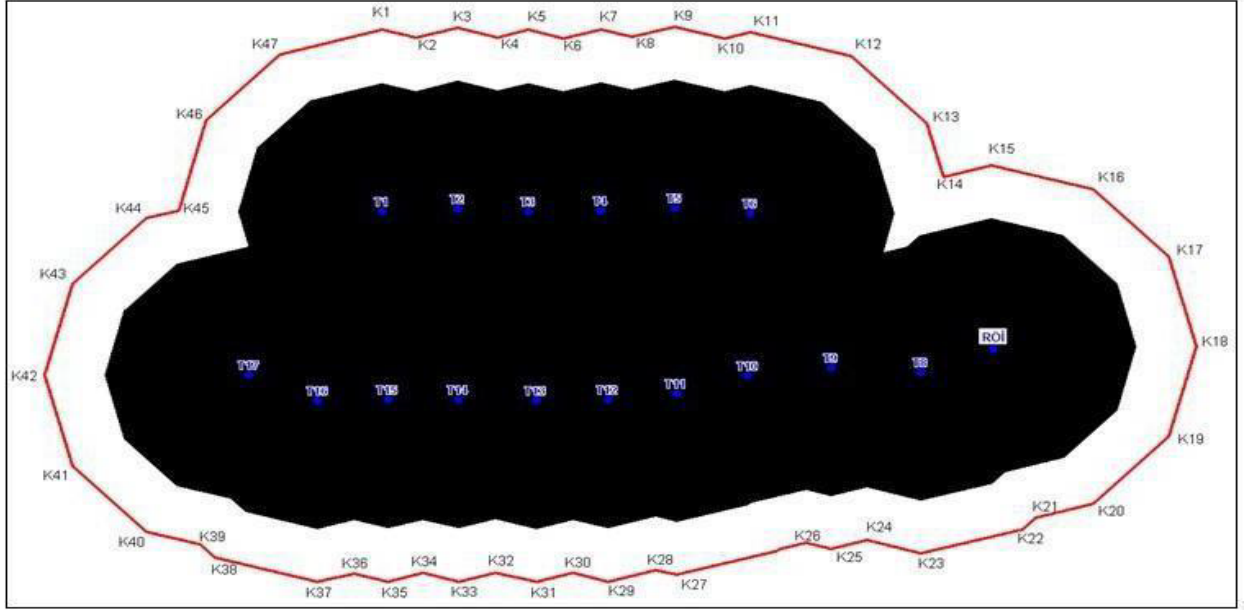


Şekil 8.6 Çokgenlerin Dış Kenar Çizgilerinin Birleştirilmesi ile Rüzgâr Türbinlerinin Kurulacağı Sahanın Sınırları Belirlenir.



Şekil 8.7 Çokgenlerin Dış Kenar Çizgisinin Birleştirilmesi ile Belirlenen Saha Dışında 300 Metre Genişliğinde Bir Emniyet Bandı Oluşturulur.

Emniyet bandı içinde rüzgâr türbini ve RÖİ bulundurulamaz. Emniyet bandı bulundurmayan başvuruların teknik değerlendirmesi yapılmaz.

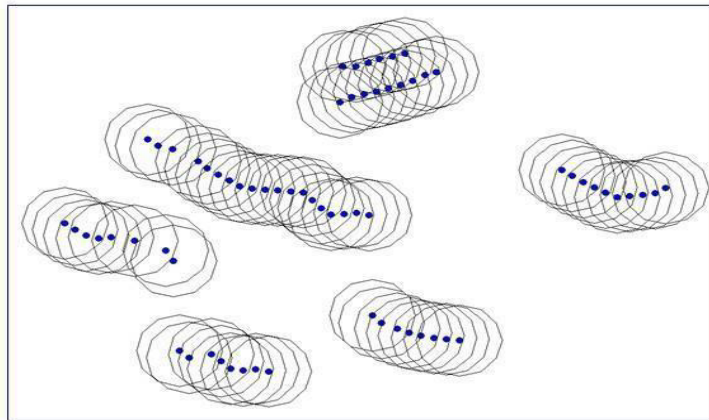


Şekil 8.8 Emniyet Bandı Sınırlarının Köşe UTM Koordinatları Belirlenir.

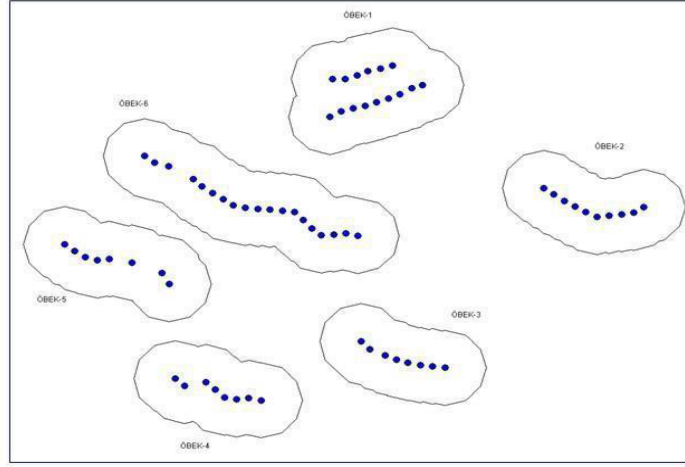
Emniyet bandı dış çizgileri boyunca oluşan köşe noktaları ($K_1, K_2, K_3, \dots, K_n$) ile çevrelenen çokgen içerisinde kalan alan rüzgâr enerjisine dayalı elektrik üretim tesisi için “**Santral Sahası**” olarak tanımlanır. Bu köşe noktalarına ait UTM koordinatları ardışık olacak şekilde, aşağıda verilen formattaki tabloya işlenerek bildirimde bulunulur. Emniyet bandı köşe koordinatlarına ait numaralandırma birbirini takip eden sırada yapılacaktır.

ÖZEL DURUM

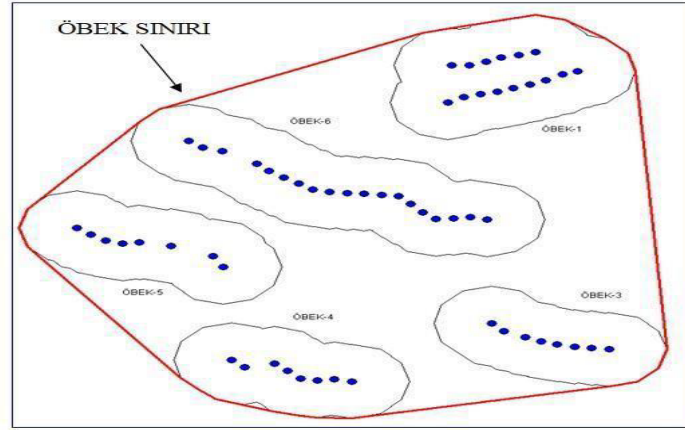
Her bir rüzgâr türbini ve RÖİ merkez kabul edilerek dış çevrel çember yarıçapı maksimum 700 metre olan 12 kenarlı eşkenar çokgenler çizildiğinde birbirlerinden ayrılmış gruplar (öbek-ler) oluşabilir. Bu durumda santral sahası aşağıda sıralanan yöntemle göre belirlenir.



Şekil 8.9 Her Bir Rüzgâr Türbini ve RÖİ Merkez Kabul Edilerek Dış Çevrel Çember Yarıçapı Maksimum 700 Metre Olan 12 Kenarlı Eşkenar Çokgenler Çizilir.



Şekil 8.10 Birbirlerinden Kopmamış Eşkenar Çokgenlerin Dış Kenarları (Kenar Çizgisi) Birleştirilerek Öbekler Oluşturulur (ÖBEK-1, ÖBEK-2, ÖBEK-3,,ÖBEK-N).



Şekil 8.11 Bir Öbeği Çevreleyen Kenar Çizgisi ile Kendisine En Yakın Öbeğin En Yakın Kenar Çizgisine Olan Mesafesi Belirlenir.

Belirtilen yöntem ile bulunan saha koordinatları aşağıda verilen şablona göre doldurulur.

8.3.2.1 Rüzgâr Enerjisine Dayalı Üretim Tesisine İlişkin Bilgi Formu

Başvuru sahibi tüzel kişi		
Başvuru sahibi tüzel kişinin iletişim bilgileri		
Başvuru sahibi tüzel kişinin vergi numarası		
Tesis adı		RES
Önlisans/Lisans/Talep Numarası ¹		
Üretim tesisinin yeri	İli	
	İlçesi	
	Ada / Parsel No	
	1/25.000 ölçekli harita pafta adı/adları	
Ünite sayısı	adet	
Ünite kurulu güçleri	MW _mMW _e	
Üretim tesisinin toplam kurulu gücü ²	MW _mMW _e	
Mevcut kurulu gücü ile üretebileceği yıllık azami üretim miktarı ³	kWh/yıl	
Öngörülen sisteme bağlantı noktası veya bağlantı bölgesi ⁴		
Üretim tesisinin mevcut fiziki durumu ⁵		
Talep türü ⁶		
Öngörülen proje kapasite faktörü ⁷	%...	

TÜRBİN BİLGİLERİ								
Türbin Numarası	Ünite koordinatları (UTM 6 derece- ED 50 Datum)		Ünite Gücü (MWm)	Ünite Gücü (MWe)	Kule Yüksekliği (m)	Türbin rotor kanat çapı (m)	Rakım (m)	Türbin Yerinin Dilim Orta Boylamı (6 derece-ED50)
	Doğu (sağa değer)	Kuzey (yukarı değer)						
T1	XX XXXX ,XXX	YY YYYYYY ,YYY						
T2	XX XXXX ,XXX	YY YYYYYY ,YYY						
...	XX XXXX ,XXX	YY YYYYYY ,YYY						
Tn	XX XXXX ,XXX	YY YYYYYY ,YYY						
SANTRAL SAHASI BİLGİLERİ								
Santral Sahası Köşe Numarası	Santral sahasına ait köşe koordinatları (UTM 6 derece - ED 50 Datum)		Köşenin Dilim Orta Boylamı (6 derece - ED50)					
	Doğu (sağa değer)	Kuzey (yukarı değer)						
K1	XX XXXX ,XXX	YY YYYYYY ,YYY						
K2	XX XXXX ,XXX	YY YYYYYY ,YYY						
...	XX XXXX ,XXX	YY YYYYYY ,YYY						
Kn	XX XXXX ,XXX	YY YYYYYY ,YYY						
RÜZGÂR ÖLÇÜM İSTASYONU BİLGİLERİ								
RÖİ Numarası	Rüzgâr Ölçüm İstasyonu Koordinatı (UTM 6 derece - ED 50 Datum)		Maksimum Ölçüm Yüksekliği (m)	Rakım (m)	RÖİ Yeri-nin Dilim Orta Boy-lamı (6 derece - ED50)			
	Doğu (sağa değer)	Kuzey (yukarı değer)						
RÖİ-1	XX XXXX ,XXX	YY YYYYYY ,YYY						
RÖİ-2	XX XXXX ,XXX	YY YYYYYY ,YYY						
RÖİ-n	XX XXXX ,XXX	YY YYYYYY ,YYY						

ŞALT MERKEZİ BİLGİLERİ			
Şalt Merkezi Koordinatları	Şalt merkezi koordinatları (UTM 6 derece - ED 50 Datum)		Şalt Merkezinin Dilim Orta Boylamı (6 derece - ED50)
	Doğu (sağa değer)	Kuzey (yukarı değer)	
ŞM	XX XXXX ,XXX	YY YYYYYY ,YYY	

8.3.3 Önlisans Başvurularının Alınması ve İncelenmesi

Başvuru sırasında tüzel kişilerden istenen bilgi ve belgelerin gereğine uygun olarak sunulup sunulmadığı hakkındaki inceleme, bunların kuruma sunulma tarihini izleyen yirmi iş günü içerisinde tamamlanır. İlgili mevzuata uygun olarak yapılmadığı tespit edilen önlisans başvurularındaki eksikliklerin ilgisine yapılan tebliğ tarihinden itibaren on beş iş günü içerisinde giderilmesi istenir ve söz konusu eksikliklerin giderilmediği takdirde, başvurunun yapılmamış sayılarak başvuru sırasında kurum evrakına sunulan belgelerin iade edileceği tüzel kişiye bildirilir. Bu süre içerisinde eksikliklerin giderilmemesi veya başvurudan vazgeçildiğinin kuruma bildirilmesi halinde, ilgili ana hizmet birimi tarafından başvuru yapılmamış sayılır ve başvuru sahibinin talebi halinde, başvuru sırasında kurum evrakına sunulan belgeler iade edilir. Bu durumda yatırılmış ise başvuru sahibinin talebi halinde önlisans alma bedeli iade edilir.

Önlisans başvuru esaslarına göre eksiksiz olarak yapıldığı tespit edilen başvurular, başvuru tarihi itibarıyla veya birinci fıkra kapsamında eksikliklerin giderildiğine ilişkin bilgi ve belgelerin kuruma sunulduğu tarih itibarıyla değerlendirmeye alınmış sayılır. Değerlendirmeye alınan önlisans başvurusuna ilişkin bilgiler Kurum internet sayfasında duyurulur. Duyurusu yapılan başvuruya, üçüncü şahıslar tarafından **on iş günü** içerisinde ve sadece kişisel hak ihlali açısından yazılı olarak itirazda bulunulabilir.

Üçüncü fıkra uyarınca yapılacak ilanda başvuruya konu yerin il, ilçe, köy ve/veya mahalle, ada ve/veya parsel ve/veya 1/25.000'lik pafta numarası ve/veya UTM-ED50 (6° lik) sisteme göre belirlenmiş koordinat bilgileri ilan edilir. YEKA için yapılacak önlisans başvuruları aşağıdaki usule göre alınır ve incelenir:

- Başvuru YEKA Yönetmeliğinde kırk beş gün olarak belirlenen süre içerisinde kuruma yapılır.
- Başvuru sırasında istenen belgelerin gereğine uygun olarak sunulup sunulmadığı hakkındaki inceleme, ilgili belgelerin Kuruma sunulduğu tarihi izleyen yirmi işgünü içerisinde tamamlanır.
- İlgili mevzuata uygun olarak yapılmadığı tespit edilen başvurudaki eksikliklerin ilgisine yapılan tebliğ tarihinden itibaren on beş işgünü içerisinde giderilmesi istenir ve söz konusu eksikliklerin giderilmediği takdirde başvurunun yapılmamış sayılarak başvuru sırasında Kurum evrakına sunulan belgelerin iade edileceği bildirilir. Bu süre içerisinde eksikliklerin giderilmemesi veya başvurudan vazgeçildiğinin Kuruma bildirilmesi halinde, Kurul kararı ile başvuru yapılmamış sayılır ve başvuru sırasında kurum evrakına sunulan belgeler iade edilir. Kurul kararı ayrıca Enerji İşleri Genel Müdürlüğüne bildirilir. Bu durumda yatırılmış ise önlisans alma bedeli iade edilir.
- Eksiksiz olarak yapıldığı tespit edilen başvurular, başvuru tarihi itibarıyla veya eksikliklerin giderildiğini gösterir belgelerin Kuruma sunulduğu tarih itibarıyla değerlendirilmeye alınmış sayılır.

YEKA Yönetmeliği uyarınca **Enerji İşleri Genel Müdürlüğü** tarafından kuruma yapılan bildirim tarihinden itibaren kırkbeş gün içerisinde YEKA için önlisans başvurusu yapılması halinde durum **Enerji İşleri Genel Müdürlüğü'ne** bildirilir.

8.3.4 Önlisans Başvurularının Değerlendirilmesi

Değerlendirmeye alınan önlisans başvuruları ile ilgili olarak;

Kurum tarafından, kurulacak üretim tesisinin iletim ve/veya dağıtım sistemine bağlantısı ve sistem kullanımı hakkında **TEİAŞ** ve/veya üretim tesisinin bulunduğu dağıtım bölgesindeki dağıtım lisansı sahibi tüzel kişiden görüş istenir.

TEİAŞ ve/veya ilgili dağıtım şirketi, başvuru kapsamındaki üretim tesisinin bağlanması talep edilen trafo merkezi ile bağlantı kapasitesine ilişkin ilgili mevzuat kapsamında oluşturulan görüşünü, bildirim tarihinden itibaren kırkbeş gün içerisinde sonuçlandırarak kuruma sunar.

Kuruma sunulan görüşler, **on iş günü** içerisinde başvuru sahibine bildirilir. Başvuru sahibinin, bağlantı ve sistem kullanımı hakkında oluşturulan görüş veya görüşleri kabul etmesi halinde söz konusu görüşleri kabul ve taahhüt ettiğine ilişkin belgeyi, aksi halde gerekçeleri ile birlikte itirazını on iş günü içerisinde kuruma sunması zorunludur. Aksi halde bağlantı ve sistem kullanım hakkındaki görüş veya görüşleri kabul ve taahhüt etmiş sayılır.

Rüzgâr veya güneş enerjisine dayalı üretim tesisi kurmak için yapılan önlisans başvuruları, kişisel hak itirazı bakımından değerlendirilmesini müteakip aşağıdaki şekilde değerlendirilir:

- a) Önlisans başvurusunda bulunan tüzel kişiler tarafından her bir tesis için ilan edilen bağlantı noktalarından veya bağlantı bölgelerinden yalnızca bir bağlantı noktası veya bölgesi ilgili mevzuat çerçevesinde tercih edilebilir. Başvuruya esas kurulu güç, tercih edilen bağlantı noktası ve/veya bağlantı bölgesinde ilan edilen kapasiteden fazla olamaz. Rüzgâr ve güneş enerjisine dayalı önlisans başvurularında, santral sahasının birden fazla bağlantı bölgesi içinde yer alması halinde, santral sahasının en fazla yer kapladığı bağlantı bölgesinde yer aldığı kabul edilir.
- b) Önlisans başvurularının ilgili mevzuat çerçevesinde teknik değerlendirmesinin yapılabilmesi için istenen bilgi ve belgeler, **Enerji İşleri Genel Müdürlüğüne** gönderilir. **Enerji İşleri Genel Müdürlüğü** teknik değerlendirmeyi tamamlayarak kuruma bildirir. Bu kapsamda teknik değerlendirmesi uygun bulunan önlisans başvuruları, bağlantı görüşlerinin oluşturulması için **TEİAŞ'a** ve/veya ilgili dağıtım şirketine gönderilir.
- c) Söz konusu başvuru kapsamındaki üretim tesisinin bağlantı noktası ve gerilim seviyesi, **TEİAŞ** ve/veya dağıtım lisansı sahibi tüzel kişi tarafından belirlenir.
- d) Aynı bağlantı noktasına ve/veya aynı bağlantı bölgesine bağlanmak için ilan edilen kapasiteden daha fazla başvuru bulunması halinde ve/veya aynı sahaya birden fazla başvurunun bulunması halinde, başvurular arasından ilan edilen kapasite kadar sisteme bağlanacak olanları belirlemek için **TEİAŞ** tarafından yarışma yapılarak bağlantı kapasitesi kazanan başvurular belirlenir. **TEİAŞ** bağlantı kapasitesi kazanan başvurulara ilişkin bağlantı görüşlerini oluşturur ya da kendi görüşüyle birlikte bağlantı görüşü oluşturulması için ilgili dağıtım şirketine gönderir.
- e) **TEİAŞ** veya ilgili dağıtım şirketi bağlantı görüşlerini Kuruma bildirir ve söz konusu başvuruya ilişkin önlisans işlemlerine bu Yönetmelik hükümleri çerçevesinde Kurum tarafından devam edilir.

Başvuru sahibinden, değerlendirme sürecinin sonuçlandırılabilmesi için ihtiyaç duyulan her türlü ek bilgi ve belge ayrıca istenebilir ve başvuru sahibi tüzel kişiyi temsile yetkili şahıslar doğrudan görüşme yapmak üzere çağrılabilir. Önlisans başvurusunun değerlendirmeye alınması, önlisans almaya hak kazanıldığı anlamını taşımaz.

YEKA için yapılan önlisans başvuruları aşağıdaki usule göre değerlendirilir:

- a) Başvurular 13'üncü madde hükümleri kapsamında değerlendirmeye alınır. Başvurunun değerlendirmeye alınması önlisans almaya hak kazanıldığı anlamına gelmez.
- b) Başvuru sahibinden, değerlendirme sürecinin sonuçlandırılabilmesi için ihtiyaç duyulan her türlü ek bilgi ve belge ayrıca istenebilir ve/veya başvuru sahibi tüzel kişiyi temsile yetkili şahıslar doğrudan görüşme yapmak üzere çağrılabilir.
- c) Değerlendirme üç ay içerisinde tamamlanır. (b) bendi kapsamında geçen süreler üç aylık sürenin hesabında dikkate alınmaz.

8.3.5 Rüzgâr Enerjisine Dayalı Üretim Tesis Kurmak Üzere Yapılan Önlisans Başvurularına İlişkin Yarışmalar

6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu çerçevesinde, rüzgâr enerjisine dayalı üretim tesisi kurmak üzere yapılan önlisans başvurularından aynı bağlantı bölgesine bağlanmak için ilan edilen kapasiteden fazla başvuru bulunması halinde ve/veya aynı sahaya birden fazla başvuru bulunması halinde, başvurular arasından ilan edilen kapasite kadar sisteme bağlanacak olanları belirlemek için **TEİAŞ** tarafından, 10/5/2005 tarihli ve 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun kapsamında tesislerin **YEK** Destekleme Mekanizmasından yararlanabileceği sürelerde geçerli olmak ve 5346 sayılı Kanunun eki (II) sayılı cetvelde belirtilen hakları saklı kalmak kaydıyla, 5346 sayılı Kanunun eki (I) sayılı cetvelde yer alan fiyatlar üzerinden en düşük fiyatın teklif edilmesi esasına göre yapılacak yarışmaya ilişkin usul ve esaslar ile yarışmaya katılacak tüzel kişilerin hak ve yükümlülüklerinin belirlenmesidir.

8.3.5.1 Yarışma ve Kapasite Tahsisi Esasları

Rüzgâr enerjisine dayalı üretim tesisi kurmak üzere yapılmış önlisans başvurularından aynı bağlantı bölgesine bağlanmak için ilan edilen kapasiteden daha fazla başvuru bulunması halinde ve/veya santral sahası çakışan/kesişen başvurular bulunması halinde, başvurular arasından bağlantı bölgesi için ilan edilen kapasite kadar sisteme bağlanacak olanları belirlemek için yarışma yapılır.

Yarışma, kanun kapsamındaki tesislerin **YEKDEM**'den yararlanabileceği sürelerde geçerli olmak ve Kanunun eki (II) sayılı cetvelde belirtilen hakları saklı kalmak kaydıyla, (I) sayılı cetvelde yer alan fiyatlar üzerinden en düşük fiyatın teklif edilmesi esasına göre yapılır. Bağlantı kapasitesinin tahsisinde en düşük Teklif Fiyatı ilkesi esastır.

Teklif Fiyatı, Kanunun eki (I) sayılı cetvelde kaynak bazında yer alan fiyata eşit veya bu fiyattan düşük olur. Teklif Fiyatı, sıfır veya başlangıç değeri -0,01 ABD doları cent/kWh olmak kaydıyla eksi sayı şeklinde sıfırdan küçük verilebilir.

Sıfırdan küçük Teklif Fiyatı ile kapasite tahsis edilen tüzel kişi, üretim tesisinin tamamında, ilgili mevzuata göre kapasite artışı yapılabilmesi halinde kapasite artışı kapsamındakiler dahil, inşa edilecek ünitelerden üretilecek net elektrik enerjisi için Piyasa İşletmecisine katılım bedeli ödemekle yükümlüdür. Katılım bedeli, sıfırdan küçük Teklif Fiyatı ile kapasite tahsis edilen şirket tarafından, ödenmesi TEİAŞ'a taahhüt edilen kilowatt-saat (kWh) başına Teklif Fiyatının mutlak değerinin aylık net elektrik enerjisi üretimi ile çarpılması sonucu bulunur. Katılım bedeli, şirketin YEKDEM'den yararlanmaması halinde dahi, üretim tesisinin ilk ünitesinin geçici kabulünün yapıldığı tarihten başlamak kaydıyla ve tüm tesisin geçici kabulünün yapıldığı tarihten itibaren on yıl süreyle aylık olarak ödenir.

Sıfır veya sıfırdan küçük Teklif Fiyatı ile kapasite tahsis edilen tüzel kişi, Kanun kapsamında YEKDEM'den yararlanması halinde Kanunun eki (II) sayılı cetvelde belirtilen hakları ile varsa katılım bedeli ödeme yükümlülükleri saklı kalmak kaydıyla, kanunun eki (I) sayılı cetvel de kaynak bazında öngörülen fiyattan yararlanamaz. Bu Yönetmelik kapsamında sıfırdan küçük Teklif Fiyatı ile kapasite tahsis edilen tüzel kişinin YEKDEM'den yararlanması halinde uygulanacak YEKDEM fiyatının tespitinde Teklif Fiyatı Kanunun eki (II) sayılı cetvel kapsamında belirlenecek bedelden mahsup edilmez.

Teklif Fiyatı sıfır veya sıfırdan küçük olan ilgili tüzel kişi, Kanun kapsamında YEKDEM'den yararlanmaması halinde, varsa katılım bedeli ödeme yükümlülükleri saklı kalmak kaydıyla, Kanunun eki (II) sayılı cetvelde belirtilen fiyattan da yararlanamaz.

Yarışmada; 4628 sayılı Enerji Piyasası Düzenleme Kurumunun Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanunun mülga hükümleri uyarınca veya 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu uyarınca ödenmesi taahhüt edilen Katkı Payı veya Katılım Bedeli, üretim tesislerinin kapasite artışları için de geçerlidir.

8.3.5.2 Yarışmaya Katılım Hakkı

Rüzgâr enerjisine dayalı üretim tesisi kurmak amacıyla yapılan ön lisans başvurularından aynı bağlantı bölgesine bağlanmak için yapılanlarının ilan edilen kapasiteden fazla kurulu güçte olması ve/veya santral sahası çakışan/kesişen başvurular bulunması halinde söz konusu başvurular kurum tarafından yarışma yapılmak üzere TEİAŞ'a bildirilir.

Kurum tarafından yapılan bildirim konu projeler, TEİAŞ tarafından ilgili mevzuat çerçevesinde sistem bağlantı çalışması kapsamında proje bazlı teknik değerlendirmeye tabi tutulur. Yarışmaya katılabilecek RES projelerine ilişkin listeler TEİAŞ'ın internet sayfasında bağlantı bölgesi ve bağlantı noktası bazında yayımlanır. Listelerde; tüzel kişi ticaret unvanı, **EPDK** proje başvuru numarası, projenin adı, kurulu gücü, bağlantı gerilim seviyesi, **EPDK** tarafından bildirilen proje çakışma ve/veya kesişme bilgileri yer alır.

İkinci fıkra kapsamında ilan edilen bilgilere ilan tarihinden itibaren **7 (yedi) gün** içinde itiraz edilebilir. İtiraz **7 (yedi) gün** içinde sonuçlandırılır. **TEİAŞ** itirazların sonuçlandırılması kapsamında Kurum ve Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü personeli ile birlikte çalışabilir. Bu Yönetmelikte belirlenen belgeleri eksiksiz olarak **TEİAŞ**'a sunan başvuru sahibi yarışmaya katılabilir.

Yarışma, TEİAŞ'ın belirlediği yer, gün ve saatte yapılır. Yarışma toplantısına katılmayanların bu Yönetmeliğin ilgili hükümleri uyarınca oluşabilecek hak kayıplarından Kurum ya da TEİAŞ sorumlu tutulamaz.

8.3.5.3 Yarışmaya Başvuru

İlan edilen listedeki tüzel kişilere, TEİAŞ tarafından belirlenen yer, gün ve saatte yarışmaya teklif vermeleri ve yarışma toplantısına katılmaları için davet yazısı KEP adreslerine gönderilerek tebliğ edilir. Davet yazısı ekinde; RES Yarışma Teklif Mektubu Formu, Taahhütname örneği ve kati ve süresiz banka teminat mektubu örneği veya Türk lirası cinsinden nakdi teminat verilmesine mahsus TEİAŞ IBAN numarası bulunur. TEİAŞ'ın internet sayfasındaki yayım tarihi ile teklif verme tarihi arasındaki süre 30 (otuz) takvim gününden az olamaz.

Yarışmaya katılmak isteyen tüzel kişiler tekliflerini, üzerinde tüzel kişinin ticaret unvanı, EPDK proje başvuru numarası ve projenin adı yazılı kapalı zarf içerisinde TEİAŞ tarafından belirtilen yer, gün ve saatte belirlenen adrese teslim ederler. Zarfın üzeri tüzel kişiyi temsil ve ilzama yetkili kişi/kişiler tarafından imzalanır ve şirket kaşesi basılır. Kapalı zarfın içerisinde;

- a) Şirketi temsil ve ilzama yetkili kişi/kişilere veya vekâlet verilen kişi/kişilere ait noter tasdikli imza sirküleri
- b) Taahhütname
- c) Kati ve süresiz banka teminat mektubu veya TEİAŞ banka hesabına Türk lirası cinsinden nakdi teminat yatırıldığına ilişkin ilgili banka şubesi tarafından verilen ıslak imzalı banka dekontu
- d) Şirketin tebligata esas KEP adresi
- e) Ayrı bir kapalı zarf içerisinde şirketi temsil ve ilzama yetkili kişi/kişiler tarafından doldurularak imzalanmış ve kaşeli Teklif Mektubu Formu bulunur.

Her bir teklif için sunulacak teminat tutarı, her MW'ın **ellibin TL** ile çarpılması suretiyle bulunur. Teminat tutarına esas kurulu güç, yarışmaya esas kurulu gücün virgülden sonraki ilk basamağının yukarı yuvarlanmasıyla elde edilir. Zarflar teslim edildikten sonra teklifte değişiklik yapılamaz.

8.3.5.4 Yarışma

Yarışma, TEİAŞ tarafından oluşturulan bir komisyon marifetiyle yapılır. Komisyonun tamamı TEİAŞ personelinden oluşur. Komisyon mevcudu, birisi başkan en az 5 (beş) asıl üye olmak kaydıyla tek sayıda olur. Asıl üye veya üyelerin bulunamadığı hâllerde yerine görev yapmak üzere en az iki yedek üye daha belirlenir. Komisyonca yapılan iş ve işlemler tutanakla tespit edilir ve komisyonun bütün üyeleri tarafından imzalanır. Teklifler kapalı zarf ile alınır. Tekliflerde, Teklif Fiyatı rakam ve yazı ile açık olarak yazılır. Rakam ve yazı ile verilen Teklif Fiyatlarının farklı olması hâlinde, yazılı fiyat esas alınır. Yarışmanın, yarışma toplantısının ilk oturumunda ve aynı gün içinde tamamlanması esastır. Yarışma, altıncı fıkra hükümlerinin uygulanması kapsamında birden çok oturumda yapılabilir.

Komisyon başkanı yarışma toplantısının ilk oturumunu, davet edilen şirketlerin mevcut bulunan temsilcilerinin katılımıyla açar ve katılanların imzalarını almak suretiyle katılımcıları tutanakla tespit eder. Oturumda ilk olarak belgeler kontrol edilir ve herhangi bir belgenin eksik olması, uygun olmaması veya TEİAŞ'ın internet sayfasında ilan edilen bilgilerle uyumsuzluk bulunması hâlinde söz konusu teklif geçersiz sayılır. Geçersiz sayılan teklife ilişkin ikinci kapalı zarf açılmaz. Komisyon, istenilen belgelerin geçerliliğine ilişkin inceleme sonucunu bir tutanakla tespit eder. Oturumda sadece bir şirketin sunduğu belgelerin geçerli olduğunun tespiti hâlinde, seçim işlemi, söz konusu şirket lehine Teklif Fiyatı esas alınarak bu Yönetmelik hükümlerine göre sonuçlandırılır.

Teklif Fiyatını içeren kapalı zarflar, yarışmaya katılan şirket temsilcilerinin huzurunda açılarak kayda alınır. Komisyon, kayda alınan tekliflerin bu Yönetmeliğe uygunluk bakımından geçerliliğini inceleyerek sonucunu bir tutanakla tespit eder. Geçersiz sayılan teklif sahibi şirket/şirketler yarışma dışında bırakılır. Kayda alınan tekliflerin geçerli olanları aynı bağlantı bölgesi bazında sıralanır.

Bağlantı bölgesine tahsis edilen RES bağlanabilir kapasitesini kullanmaya hak kazanacak proje/projeler aşağıdaki hükümlere göre belirlenir:

- a) Beşinci fıkra kapsamında sıralanan geçerli teklifler Teklif Fiyatı en düşük projeden başlamak üzere yeniden sıralanır. Bu sıralamaya göre bağlantı bölgesi kapasitesine ulaşıncaya kadar sırasıyla bağlantı kapasitesi tahsis edilir. Mevcut bağlantı kapasitesi, her aşamada Teklif Fiyatı en düşük projeye tahsis edilir. Bağlantı kapasitesi tahsisinde gerekmesi hâlinde ilgisine göre aşağıdaki işlemler yapılır ancak eşit teklif ile çakışma/kesişme halinin birlikte bulunması hâlinde öncelikle eşit teklif hükümleri uygulanır.
- b) Eşit Teklif Fiyatı verilen projeler için Eşit Teklif Fiyatından başlamak üzere kapalı zarf ile eksiltme usulüne göre yarışma yapılır ve yarışma sonuçlarına göre o aşamada bağlantı kapasitesi tahsisi yapılır. Kapalı zarf usulünde her teklif bir öncekinden büyük olamaz. Çakışma/kesişme hali hariç olmak üzere eşit teklifler için yarışma, eşit teklif verilen projelerin kapasiteleri toplamının o aşamada tahsis edilecek kapasiteden fazla olması halinde yapılır. Bir şirketin bu bent kapsamında düzenlenecek eksiltme toplantısına iştiraki ancak temsil ve ilzama yetkili kişi/kişilerin yarışma toplantısında hazır bulunması halinde mümkündür.
- c) Sıralanan teklifler içinde bağlantı bölgesine tahsis edilen RES bağlanabilir kapasitesini aşan ilk teklif sahibi şirketten, son Teklif Fiyatını değiştirmeksizin proje kurulu gücünü kalan RES bağlanabilir kapasitesine indirmesi talep edilir. Bu talebin ilgili şirketi temsil ve ilzama yetkili kişi/kişiler tarafından kabul edilmemesi veya şirketi temsil ve ilzama yetkili kişi/kişilerin yarışma toplantısında hazır bulunmaması nedeniyle reddedilmiş sayılması üzerine sıralamadaki bir sonraki şirketin teklifi, aynı koşullarla kendi Teklif Fiyatı üzerinden değerlendirilir. Bu işlem, kalan RES bağlantı kapasitesine ulaşıncaya kadar tekrarlanır.
- d) Santral sahaları çakışan projelerin olması halinde daha düşük Teklif Fiyatı veren proje sahibi şirket, çakışan alanı kullanma hakkını elde eder. Çakışan projeler bakımından Teklif Fiyatında eşitlik olması halinde kapalı zarf ile eksiltme usulü uygulanarak çakışan alanı kullanım hakkı sahibi şirket belirlenir. Kullanım hakkı edinilen sahadaki kapasite üzerinden o aşamada sıralama yapılarak kapasite tahsisi yapılır. Sıralamadaki şirket/şirketlerin kendi(leri)ne kalan saha ve kapasiteyi birlikte kabul etmemesi veya şirketi temsil ve ilzama yetkili kişinin/kişilerin yarışma toplantısında hazır bulunmaması halinde, ilgili proje yarışma dışında bırakılır.
- e) Santral sahaları kesişen projeler olması halinde daha düşük Teklif Fiyatını veren proje sahibi şirket, kesişen alanı kullanma hakkını elde eder. Kesişen projeler bakımından Teklif Fiyatında eşitlik olması halinde kapalı zarf ile eksiltme usulü uygulanarak kesişen alanı kullanım hakkı sahibi şirket belirlenir. Kullanım hakkı edinilen sahadaki kapasite üzerinden o aşamada sıralama yapılarak kapasite tahsisi yapılır. Sıralamadaki şirket/şirketlerin kendi(leri)ne kalan saha ve kapasiteyi birlikte kabul etmemesi veya şirketi temsil ve ilzama yetkili kişinin/kişilerin yarışma toplantısında hazır bulunmaması hâlinde, ilgili proje yarışma dışında bırakılır.
- f) Farklı bağlantı bölgelerinde yarışmaya katılan ancak çakışan veya kesişen alanlara sahip projelerin yarışması yapılırken:

1. Bir proje, yarıştığı bağlantı bölgesinde bağlantı hakkı elde edecek bir teklif vermişse kendisinden daha düşük Teklif Fiyatı verse bile kendi bağlantı bölgesinde bağlantı hakkı elde edemeyen bir proje ile çakışan veya kesişen alanı kullanma hakkına sahip olur.
2. Kendi bağlantı bölgesinde bağlantı hakkı elde edecek Teklif Fiyatı veren projelerden en düşük Teklif Fiyatını veren öncelikli olacak şekilde çakışan veya kesişen alan tahsisi yapılır. Teklif Fiyatında eşitlik olması halinde kapalı zarf ile ek-siltme usulü uygulanarak çakışan veya kesişen alanı kullanım hakkı sahibi şirket belirlenir.
3. İki numaralı alt bendin uygulanması sonucunda bir bağlantı bölgesinde açığa çıkan kapasite için bu fıkra hükümleri ilgisine göre yenilenir.

Yapılan işlemler sonucunda belirlenen şirket/şirketler sisteme bağlantı hakkı kazanır ve bağlantı hakkı kazanan şirket/şirketler ile diğer teklif sahibi şirketler bir tutanakla tespit edilerek Komisyon tarafından imzalanır.

8.3.6 Önlisans Başvurularının Sonuçlandırılması

Kurum tarafından yapılan değerlendirme Kurula sunulur ve önlisans başvurusu Kurul kararıyla sonuçlandırılır. Bu Yönetmelikte belirtilen yükümlülükleri yerine getiren tüzel kişiye Kurul kararı ile önlisans verilir ve önlisans sahibi tüzel kişinin ticaret unvanı ile aldığı önlisans süresi ve önlisansa konu üretim tesisinin bulunduğu yere ilişkin bilgiler, Kurumun internet sayfasında duyurulur. Önlisans başvurusuna ilişkin kişisel hak itirazları Kurul kararıyla sonuca bağlanır ve itiraz kapsamında gerekli görülmesi halinde Kurul tarafından başvurunun reddine karar verilebilir.

Önlisans başvuruları aşağıdaki hallerde Kurul kararı ile **reddedilir**:

- a) TEİAŞ veya ilgili dağıtım şirketi tarafından uygun bağlantı görüşü verilmeyen başvurular.
- b) Rüzgâr enerjisine dayalı başvurularda, üretim tesisinin kurulacağı sahanın maliki tarafından başvuru yapılması durumunda aynı saha için yapılan diğer başvurular.
- c) Önlisans başvurusu kapsamında kurulması planlanan üretim tesisinin iletim ve/veya dağıtım sistemine bağlantısı ve sistem kullanımı hakkında, ilgili mevzuat çerçevesinde uygun bağlantı görüşü oluşturulamayan ve/veya başvuru sahibi tüzel kişi tarafından özel direkt hat tesis edilmesi tercih edilmeyen başvurular.
- d) **Enerji İşleri Genel Müdürlüğü** tarafından teknik değerlendirmesi uygun bulunmayan başvurular.
- e) **Enerji İşleri Genel Müdürlüğü** tarafından ölçüm istasyonunun, üretim tesisine ilişkin bilgi formunda verilen koordinatlara göre üretim tesisinin kurulacağı önlisans başvurusu yapılan santral sahası alanında yer almadığı bildirilen başvurular.
- f) Önlisans başvurusuna konu üretim tesisinin, başvuru sahasında kurulmasının mümkün olmadığı belirlenen başvurular.
- g) 6/12/2013 tarihli ve 28843 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan Rüzgâr ve Güneş Enerjisine Dayalı Üretim Tesisi Kurmak Üzere Yapılan Önlisans Başvurularına İlişkin Yarışma Yönetmeliği kapsamında yarışmayı kazandığı halde önlisans başvurusundan vazgeçen tüzel kişilerin başvuruları.
- h) Önlisans başvurusunda bulunan tüzel kişiden istenen bilgi ve belgelerin süresi içinde Kuruma sunulmadığı veya sunulan belgelerin mevzuatı kapsamında istenilen şartları sağlamadığı anlaşılan başvurular.”

Önlisans başvuruları aşağıdaki hallerde ilgili ana hizmet birimi tarafından **reddedilir**:

- a) Önlisans verilmesi hakkında karar alınmadan önce, başvurudan vazgeçildiğinin Kuruma bildirildiği başvurular.
- b) Rüzgâr Enerjisine Dayalı Üretim Tesisi Kurmak Üzere Yapılan Önlisans Başvurularına İlişkin Yarışma Yönetmeliği kapsamında yarışmayı kazanamadığı Kuruma bildirilen başvurular.

8.4 Rüzgâr Enerji Santrallerinde Önlisans İzin Süreçleri

1) Yarışma Sonu Kapasite Kazanımı

2) Çevresel Etki Değerlendirmesi

- a) ÇED Gerekli Değildir Belgesi
- b) ÇED Olumlu Belgesi

3) Teknik Etkileşim Analizi

4) İmar Planı

- a) Mülkiyet Analizi
- b) Halihazır Harita
- c) Kurum Görüşleri
- d) Yol Projelerinin Hazırlanması
- e) Jeolojik Etüt Raporu
- f) Diğer Bilgi ve Belgeler
- g) Plan Onayı

5) Mülkiyet Edinimi İşlemleri

- a) Orman Alanları
- b) Mera Alanları
- c) Hazineye Ait Taşınmazlar
- d) Kamulaştırma
- e) 30. Madde Kapsamında Kamulaştırılacak Taşınmazlar

8.4.1 Rüzgâr Enerji Santralinde Çevresel Etki Değerlendirmesi

ÇED ve kapsamı:

ÇED, gerçekleştirilmesi planlanan projelerin çevreye olabilecek olumlu veya olumsuz etkilerinin belirlenmesinde, olumsuz yöndeki etkilerin önlenmesi ya da çevreye zarar vermeyecek ölçüde en aza indirilmesi için alınacak önlemlerin, seçilen yer ile teknoloji alternatiflerinin belirlenerek değerlendirilmesinde ve projelerin uygulanmasının izlenmesi ve kontrolünde sürdürülecek çalışmaları ifade eder. ÇED Yönetmeliği ilk kez 07.02.1993 yılında Resmî Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Geçen zaman zarfında yönetmelik 4 kez revize edilmiş olup, günümüzde 17.07.2008 tarih ve 26939 sayılı Resmî Gazete’de yayımlanan ÇED Yönetmeliği yürürlüktedir. RES’leri ÇED Yönetmeliği’nin Ek II listesinde “Enerji, turizm, konut” başlığı altında 29.madde kapsamında kalmaktadır. Bu maddeye göre “10 MW ve üzeri Rüzgâr enerji santralleri” seçme eleme kriterlerine tabidir. Bu kapsamda yer alan RES’ler için Çevre ve Şehircilik Bakanlığı’ndan yeterlik belgesi almış kurum ve kuruluşlar tarafından PTD (Proje Tanıtım Dosyası) hazırlanması gerekmektedir.

ÇED Yönetmeliği'ne göre;

RES projeleri, ÇED Yönetmeliği'ne göre 3 kapsam altında incelenebilir:

- ÇED Yönetmeliği'ne göre kurulu gücü 10 MW' ın altında olan santraller, ÇED'e ve seçme eleme kriterlerine tabi değildirler. Bu kapsamda yer alan projeler için, projenin yapılacağı yerin Valiliğe ya da Bakanlığa müracaat edilerek yönetmelik kapsam dışında olduğu belgelenebilir.
- Kurulu gücü **50 MWm ve üzeri** rüzgâr santralleri "**ÇED Olumlu**"
- Kurulu gücü **10 – 50 MWm arasında** olan rüzgâr santralleri "**ÇED Gerekli Değildir**" belgesi almak zorundadır.

Son zamanlarda Reslere karşı açılmış olan davaların artması sebebi ile ÇED süreçlerinde izlenen yöntemlerde de değişiklik yapılmış olup; mevcut prosedürler arttırılmıştır. Rüzgâr enerji santrali ile ilgili ÇED Yönetmeliğinin; 42- Kurulu gücü 10-50 MWm olan rüzgâr enerji santralleri, (Ek-2 listesi) 43- Kurulu gücü 50 MWm ve üzeri rüzgâr enerji santralleri (Ek-1 Listesi)" maddelerinde Danıştay tarafından yürürlüğü durdurma kararı alınmıştır.

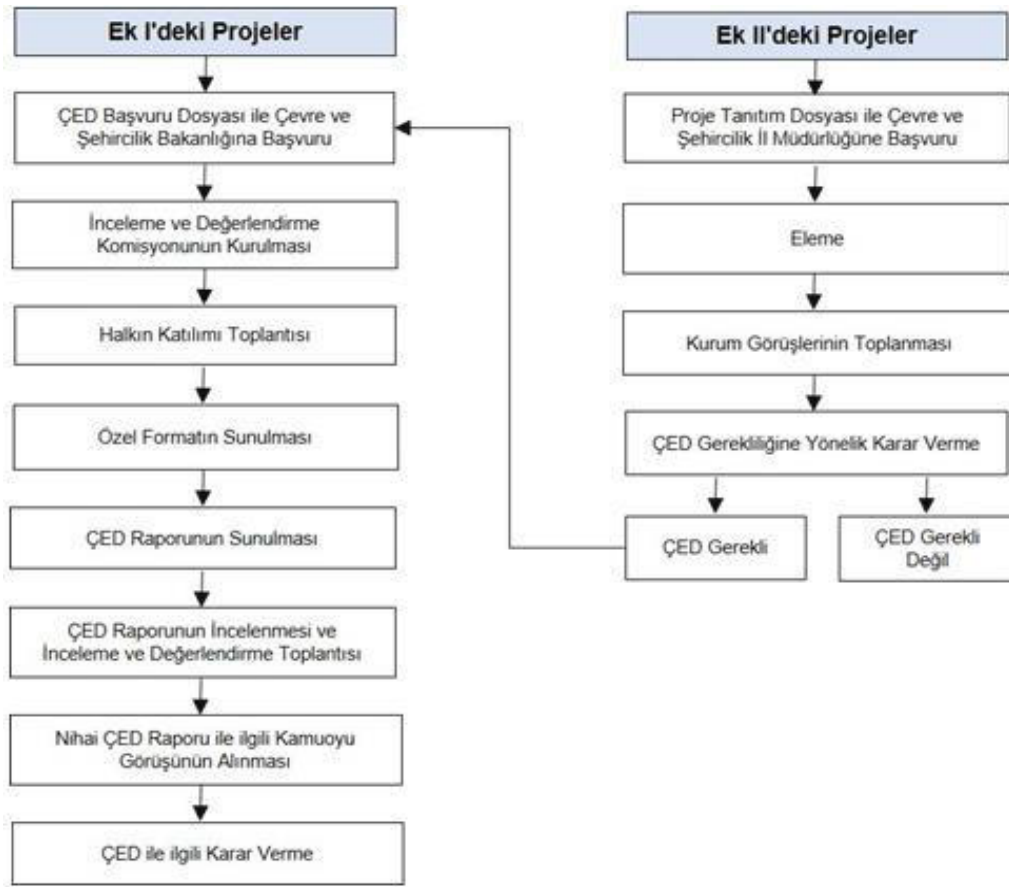
Bu nedenle başvuru yapılmadan önce Bakanlığa danışılmaktadır. Bakanlık, yeni bir madde yürürlüğe konuluncaya kadar "geçici madde" kararını uygulayarak, yürürlükten kaldırılan hükümleri geçerli sayıyor. Yeni düzenlemeler ile kapasite artışı alan projelerde, mevcut santralin kurulu gücü ve güç artışı birlikte değerlendirilmekte olup ÇED belgesi toplam güç üzerinden verilmektedir.

ÇED Yönetmeliği kapsamındaki projeler Ek-1 ve Ek-2 listeri altında yer alan faaliyetlerdir. Aşağıdaki projelere ÇED Raporu hazırlanması zorunludur:

- a) Ek-1 listesinde yer alan projelere,
- b) "ÇED Gereklidir" kararı verilen projelere,
- c) Kapsam dışı değerlendirilen projelere ilişkin kapasite artırımı ve/veya genişletilmesinin planlanması halinde, mevcut proje kapasitesi ve kapasite artışları toplamı ile birlikte projenin yeni kapasitesi Ek-1 listesinde belirtilen eşik değer veya üzerinde olan projelere, Ek-1 listesi altında yer alan projelerin eşik değerleri ÇED Direktifi ile uyumlaştırılmıştır. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, ÇED incelemesinin yetkili makamıdır.

Ek-2 listesi altında yer alan projeler Seçme ve Eleme kriterine tabi tutulacaktır. 2014/24 sayılı Genelge ile Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Ek-2'deki projelerin seçme ve eleme kriterine tabi tutulması için yetkisini Valiliklere devretmiştir. Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü, "ÇED Gereklidir" veya "ÇED Gerekli Değildir" kararı için yetkili kılınmıştır.

8.4.1.1 Türkiye'deki ÇED Prosedürü Aşamaları



Aşağıda sunulan yol projeleri, Yönetmelik EK I'de listelenmiştir.

Kutu 1- Yönetmelik Ek I'deki Rüzgâr Enerji Santralleri Projeleri

Ayrıca, aşağıdaki projeler ÇED Yönetmeliği EkII'de listelenmiştir.

Madde 43- Türbin sayısı 20 adet ve üzerinde veya kurulu gücü 50 MWm ve üzerinde olan rüzgâr enerji santralleri

Madde 42- Türbin sayısı 5 adet ve üzerinde veya kurulu gücü 10 MWm ve üzerinde 50 MWm altında olan rüzgâr enerji santralleri

Kutu 2- Yönetmelik Ek II'deki Rüzgâr Enerji Santralleri Projeleri

8.4.2 Teknik Etkileşim Analizi (TEA)

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Genelkurmay Başkanlığı, Mit Müsteşarlığı ve TÜBİTAK arasında yapılan protokoller doğrultusunda, **RAPSİM** tarafından belirlenen başvuru evraklarının hazırlanarak **TEA** başvurusu yapılması gerekmektedir. İstenen bilgi ve belgeler arasında türbin nihai koordinatları, türbin tipi, kule ve kanat boyları, zemin kotları gibi teknik bilgiler yer almaktadır. Süreç ortalama **6 ay** olup; proje kapsamında yapılacak olan her türlü koordinat değişikliği veya türbin tipi/modeli değişikliğinde; söz konusu iznin yeniden alınması gerekmektedir. **EPDK**'ya yapılacak olan koordinat değişikliğine ilişkin lisans tadil müracaatlarında, **TEA** belgesi ön koşul olarak istenmektedir.

8.4.3 İmar Planı (3194 sayılı Kanun)

a) Mülkiyet Analizi

İmar planı yapılmadan önce, alınması gerekli izin ve yapılacak işlemlerin tespiti için imar planı sınırları içinde kalan mülkiyet tespitinin yapılması zorunludur. Aynı zamanda ilgili kurum ve kuruluş görüşlerinin alınması için eşzamanlı olarak mülkiyet edinimi işlemlerine de başlanması gerekmektedir. Ancak çoğu Tapu ve Kadastro müdürlüklerinden ilgili belgeleri şirket adına almak mümkün olmadığı için, konu ile ilgili EPDK Kamulaştırma Dairesi'ne dilekçe ile başvurularak teknik destek yazılarının ilgili kurumlara yazılması talep edilir.

b) Halihazır Harita

Arazide yapılan ölçümler sonucunda sahada bulunan tüm detayların çıkarılarak büyük Ölçekli Harita Yapım Yönetmeliği doğrultusunda hazırlanır. Hali hazır haritalar ilgili Belediyesine onaylanır. 1/1000 ve 1/5000 ölçeklidir.

c) Kurum Görüşleri

İmar Kanunu ve ilgili mevzuat hükümleri gereğince, imar planı için gerekli olan ilgili kurum görüşlerinin alınması zorunludur. Enerji projelerinde bölgenin özelliğine ve mücavir alan sınırlarına göre, ilgili yerel belediyeler, İl Özel İdareleri, Büyükşehir Belediyeleri, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Mekansal Planlama Genel Müdürlüğü, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Tabiat Varlıklarını Koruma Genel Müdürlüğü, Kültür ve Turizm Bakanlığı imar planı onamaya yetkilidirler.

Başlıca Kurum Görüşü Listesi

1. BOTAŞ Genel Müdürlüğü ANKARA
2. Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü
3. Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü ANKARA
4. Doğa Koruma ve Milli Parklar Bölge Müdürlüğü
5. DSİ Bölge Müdürlüğü
6. Enerji İşleri Genel Müdürlüğü ANKARA
7. Elektrik Üretim A.Ş. Genel Müdürlüğü ANKARA
8. İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü
9. İl Halk Sağlığı Müdürlüğü
10. Karayolları Bölge Müdürlüğü
11. Kültür Varlıkları ve Müzeler Genel Müdürlüğü ANKARA
12. Kültür Varlıklarını Koruma Bölge Kurulu Müdürlüğü
13. Maden ve Petrol İşleri Genel Müdürlüğü ANKARA
14. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü ANKARA
15. Yatırım İzleme ve Koordinasyon Dairesi Başkanlığı
16. Orman Bölge Müdürlüğü
17. Devlet Demir Yolları İşletmesi Genel Müdürlüğü ANKARA
18. Tabiat Varlıklarını Koruma Genel Müdürlüğü ANKARA
19. Türkiye Elektrik İletim A.Ş. Genel Müdürlüğü ANKARA

20. Türk Telekom İl Müdürlüğü
21. Kültür ve Turizm Bakanlığı Yatırım ve İşletmeler Genel Müdürlüğü ANKARA
22. Enerji İşleri Genel Müdürlüğü Strateji Geliştirme Başkanlığı ANKARA
23. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Milli Emlak Genel Müdürlüğü ANKARA
24. Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü ANKARA
25. Devlet Hava Meydanları İşletmesi Genel Müdürlüğü ANKARA
26. DoğalGaz Dağıtım A.Ş.
27. Gediz Elektrik Dağıtım A.Ş.
28. Ulaştırma, Denizcilik ve Haberleşme Bakanlığı Alt Yapı Yatırımları Genel Müdürlüğü ANKARA
29. İlçe Belediye Başkanlığı
30. Büyükşehir Belediye Başkanlığı
31. Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü
32. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Mekansal Planlama Genel Müdürlüğü
33. Millî Savunma Bakanlığı, İnşaat Emlak Bölge Başkanlığı
34. İlçe Jandarma Komutanlığı

Mülkiyet sahibi kurumlardan (Orman, Maliye, Mera vb.) alınması gerekli imar planına esas kurum görüşlerinden önce, mülkiyete ilişkin işlemlerin özellikle EPDK tarafından alınacak Kurul Kararlarının alınmış olması ve ilgili Kurum'a iletilmiş olması gerekmektedir. Aksi halde ilgili kurumun görüşü olumsuz olmaktadır.

d) Yol Projelerinin Hazırlanması

Onaylı hâlihazır haritalar ve seçilen türbin tipine göre türbin firması tarafından belirtilen eğim, kurp ölçüleri, yol genişliği, kaplama cinsi vb kriterlere göre yol projeleri hazırlanarak hesaplamaları yapılmaktadır.

e) Jeolojik Etüt Raporu

Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü'nün talebi doğrultusunda açılacak sondaj adedi ve yeri belirlenir. Sondaj noktalarına sondaj makineleri ve araçların ulaşabileceği yol olmaması halinde öncelikle gerekli sondaj yolu izinleri alınarak yol açılır. İmara esas sondajlar ve zemin sondajları tamamlanarak laboratuvar deneyleri ve diğer işlemler doğrultusunda, onaylı halihazır haritalar üzerine yerleşime uygunluk haritaları hazırlanır. Çevre ve şehircilik il müdürlüğünün yerinde inceleme ve dosya incelemesi sonucunda onaylanır.

f) Diğer Bilgi ve Belgeler

RES projeleri kapsamında hazırlanan diğer belgeler arasında, Ornitoloji Raporu, Ekosistem Değerlendirme Raporu, Peyzaj Onarım Raporu, izleme çalışmaları, analiz çalışmaları, sentez çalışmaları gibi belgeler bulunmaktadır. Ayrıca bazı projelerde Sosyoloji Raporu, Emisyon Raporu, Elektro Manyetik Rezonans Raporu, Yarasa Karkas Raporu gibi ilave raporlarda talep edilmektedir.

g) Plan Onayı

İmar planları, ilgili ilçe Belediyesi, Büyükşehir sınırları içinde ise Büyükşehir Belediyesi ve ilgili ilçe belediyesi, istenirse İmar Kanunu'nun 9. Maddesi ve 644 sayılı KHK doğrultusunda direk olarak Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Mekansal Planlama Genel Müdürlüğü tarafından onaylanabilir. Proje sahası doğal sit alanı, milli park, özel çevre koruma bölgesi vb. korunan alanlarda kalıyor ise, 644 sayılı KHK ve 648 sayılı KHK doğrultusunda Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Tabiat Varlıklarını Koruma Genel Müdürlüğü tarafından onaylanmaktadır. Bakanlar Kurulu tarafından belirlenen Turizm Merkezi veya Turizm Koruma ve Gelişim Bölgelerinde ise plan onama yetkisi Kültür ve Turizm Bakanlığı'ndadır.

8.4.4 Mülkiyet Edinimi İşlemleri

a) Orman Alanları

Türbin ve yol alanları orman mülkiyetindeki alanlara isabet ettiğinde, Orman Kanunu'nun 17. Ve 18. Madde uygulama Yönetmeliği kapsamında, öncelikle orman ön izni daha sonra da orman kesin izni alınması gerekmektedir.

Orman ve Su İşleri Bakanlığı'nca yayınlanan genelge ve tebliğler ile Orman izinlerinde hem yönetmeliklerle tanımlanan izin bedellerine ilave bedeller getirilmiş, hem de bazı alanlarda RES yatırımı yapılması yasaklanmıştır. Bu duruma göre yaklaşık 1200 MW mevcut lisanslı proje yapılamaz hale gelmiştir. Kapatılan bölgelere açılan davalar sonucunda bölge mahkemelerince YD kararı, Danıştay tarafından iptal kararı alınmasına rağmen temyiz süreci devam ettiği için henüz Bakanlıkça uygulamaya başlanmamıştır.

b) Mera Alanları

Proje alanının mera alanlarına isabet etmesi durumunda, 4342 sayılı Mera Kanunu'na dayanılarak hazırlanan Mera Yönetmeliği'nin Tahsis Amacının Değiştirilmesi başlıklı 8. Maddesinin (a) bendinin ek (7) fıkrasında yer alan; (Ek:RG-25/2/2011-27857) Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu'nun talebi üzerine, 20/2/2001 tarihli ve 4628 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu, 18/4/2001 tarihli ve 4646 sayılı Doğal Gaz Piyasası Kanunu ve 4/12/2003 tarihli ve 5015 sayılı Petrol Piyasası Kanunu hükümlerine göre, petrol iletim faaliyetleri ile elektrik ve doğal gaz piyasası faaliyetleri için gerekli bulunan mera, yaylak ve kışlakların zorunlu hallerde, ilgili müdürlük veya Genel Müdürlükten yatırım projesi, gerekçeli rapor, lisans, talep edilen alanın 1/5000 ölçekli harita üzerine işlenmiş vaziyet planı, ÇED raporu gerektiren yatırımlar için ÇED raporu, komisyonca istenecek diğer bilgi ve belgeler ile tahsis amacı değişikliği yapılabilir." Hükmü doğrultusunda işlem tesis edilmektedir.

c) Hazineye Ait Taşınmazlar

Maliye Hazinesine ait taşınmazlar ile Devletin Hüküm ve Tasarrufu altındaki alanlarda, kamulaştırma dosyası hazırlanarak türbin alanları ve şalt tesisi için irtifak hakkı, yollar için kiralama işlemleri, EPDK Kamulaştırma Dairesi tarafından yürütülür. Kurul kararlarının alınmasının ardından ilgili Defterdarlıklarca kiralama/irtifak işlemleri yapılır.

d) Kamulaştırma İşlemleri

Özel mülkiyete haiz alanlar için kamulaştırma işlemleri EPDK Kamulaştırma Dairesi, Maliye Bakanlığı Milli Emlak Genel Müdürlüğü ve ilgili Defterdarlıklar tarafından yürütülür. Kurul Kararları alınmış projeler için özel şahıslarda Kiralama ve satın alma durumu yoksa Kamulaştırma kanununa göre projenin durmaması için Acele El Koyma Kararı aldırılır. Acele el koyma kararı santralin kurulacağı şehirdeki asliye Hukuk mahkemesi tarafından yapılır özetleyecek olursak Kamulaştırma Kanunun 27. Maddesine göre Acele El Koyma Kararı alınırken ilgili mahkeme tek taraflı keşif kararı verir keşif elektrik mühendisi, İnşaat Mühendisi, Mülk Bilirkişisi, Kadastro Mühendisi, Ziraat Mühendisinden oluşan bir ekiple kamulaştırma yapılacak parsel için kıymet takdiri yapılır yapılan kıymet takdiri mahkemenin belirlemiş olduğu banka hesabında depo edilir. Daha sonra mal sahibine bilgi yazısı yazılarak uzlaşma toplantısına çağırılır. Uzlaşma toplantısına gelen mal sahibi eğer uzlaşırsa kamulaştırma işlemi tapu tescili yapılarak sonuçlandırılır. Uzlaşmayan mal sahibi ile ilgili kamulaştırma kanunun 10.madde tapu tescil davası açılarak süreç tapu tescili yapılarak sonuçlandırılır.

30. Madde Kapsamında Kamulaştırılacak Taşınmazlar

Mevcut kadastral yollar, belediye ve köye ait yollar, su isale hatları gibi tapusu olmayan ancak maliki ve kullanıcısı belli olan alanlar ile, tapusu köy tüzel kişiliği, belediye tüzel kişiliği gibi kurum kuruluşlara ait olan alanlarda Kamulaştırma Kanunu'nun 30. Maddesine göre uygulama yapılır.

8.5 Santral Kabul Öncesi Hazırlanan İnşaat-Elektrik-Makina Dosyalarının Hazırlanma Süreçleri

Fizibilite raporları, saha özellikleri, izinler ve mevzuatlar uygun olup, projeye başlama kararı alındıktan sonra santralin yapımındaki aşamaların hazırlanması ve onayı yapılır. Bu aşamalarda projede görev alan mühendisler ve mühendislik şirketleriyle bir araya gelerek projenin yapımında izlenecek yollar ve yapımda kullanılacak malzemeler ve ekipmanlar mevzuata uygun olarak belirlenir.

Proje için mevzuata uygun ve yüksek teknoloji içeren ekipmanların belirlenmesi, seçilen ekipmanların kapasitesinin, markasının, modelinin projeye uygunluğu, işinyapımsüresi, fiyatı ve işi yapacak ekibin sahip olması gereken donanımlar belirlenir.

Belirlenen iş planı, malzemeler anahtar teslim modeli ile istekliler arasında açık ihale usulü, belli istekliler arasında ihale usulü veya pazarlık usulü gibi yöntemlerle istenen özelliklere ve şartlara uygun alanında uzman ve deneyimli yüklenici bulunur.

Elektrik tesislerinin modern teknolojiye uygun tesis edilebilmesi için proje onay işlemlerinin, ilgili mevzuat, standart ve şartnamelere uygun olarak yapılması veya yaptırılması, söz konusu tesislerin iletim veya dağıtım şebekelerine uyumlu olarak bağlanması, can, mal ve çevre emniyetinin sağlanması ile proje onaylarını, onaylı projelerine göre yapılan tesislerin kabul işlemlerini ve tutanak onayını yapacak kurum/kuruluş ya da tüzel kişilerin yetkilendirilmesine ilişkin usul ve esasların belirlenmesidir.

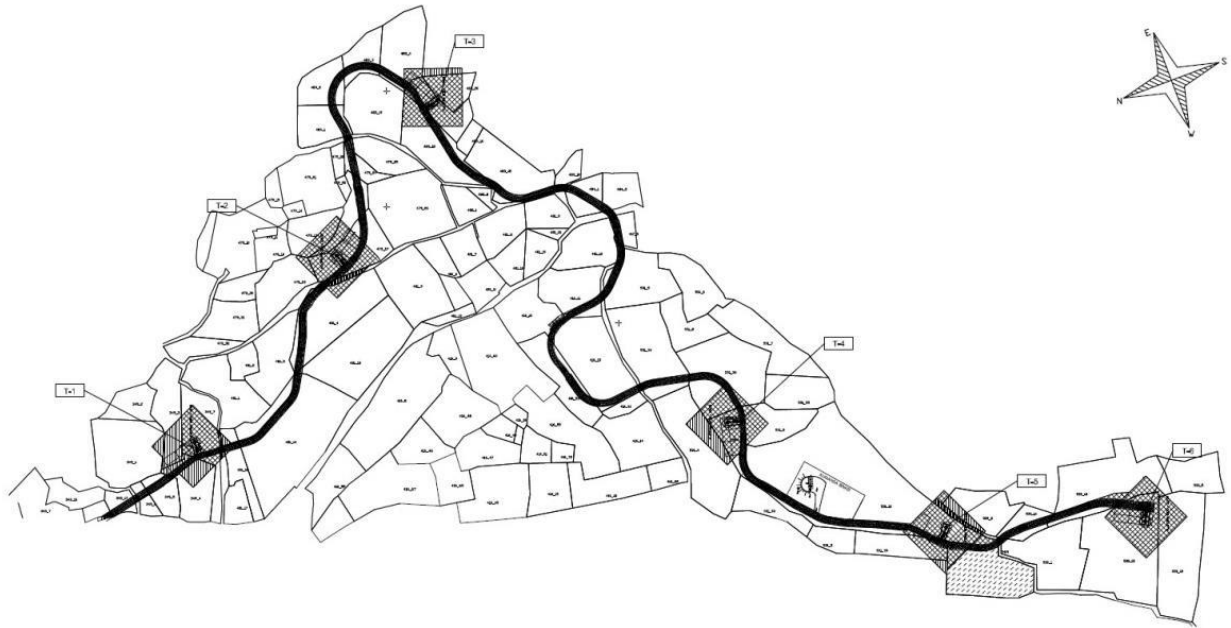
8.6 Projelerin Hazırlanması, Sunulması ve Onayı

8.6.1 Projelerin Hazırlanması

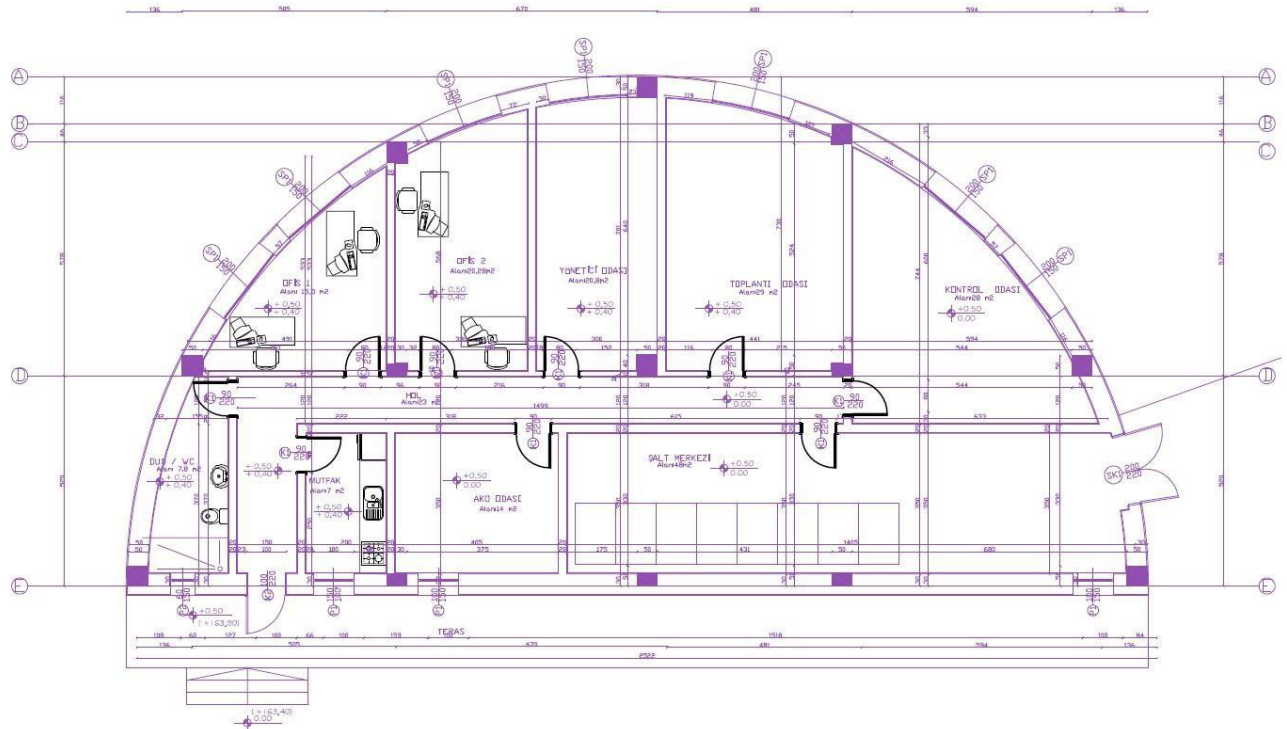
Proje dosyaları, tesis tipine göre asgari olarak “Elektrik Tesisleri Proje Kapsamı” / “Elektirik Üretim Tesisleri Ön Proje Kapsamı”nı (EK-2/EK-4’ü) içerir. İhtiyaç olması halinde, bu proje kapsamlarına ilave pafta, hesap, rapor, bilgi ve belgeler Bakanlıkça belirlenebilir ve Bakanlığın internet sitesinde ilan edilir. Bakanlık dışındaki POB’lar, (Proje Onay Birimi) Bakanlığın olumlu görüşünü almak şartıyla, EK-2/EK-4’te belirtilen kapsamlara ilave pafta, hesap, rapor, bilgi ve belge belirleyebilir ve internet sitelerinde ilan ederler.

Yönetmelik kapsamında, EK-2/EK-4’te belirtilenlerden farklı tesis tiplerine ilişkin projeler için gerekli pafta, hesap, rapor, bilgi ve belgeler Bakanlıkça belirlenir ve Bakanlığın internet sitesinde ilan edilir. Bu kapsamdaki projeler için Bakanlıkça gerekliliği ilan edilen proje kapsamına ek olarak, Bakanlık dışındaki POB’lar (Proje Onay Birimi) Bakanlığın olumlu görüşünü almak şartıyla, ilave pafta, hesap, rapor, bilgi ve belge belirleyebilir ve internet sitelerinde ilan ederler.

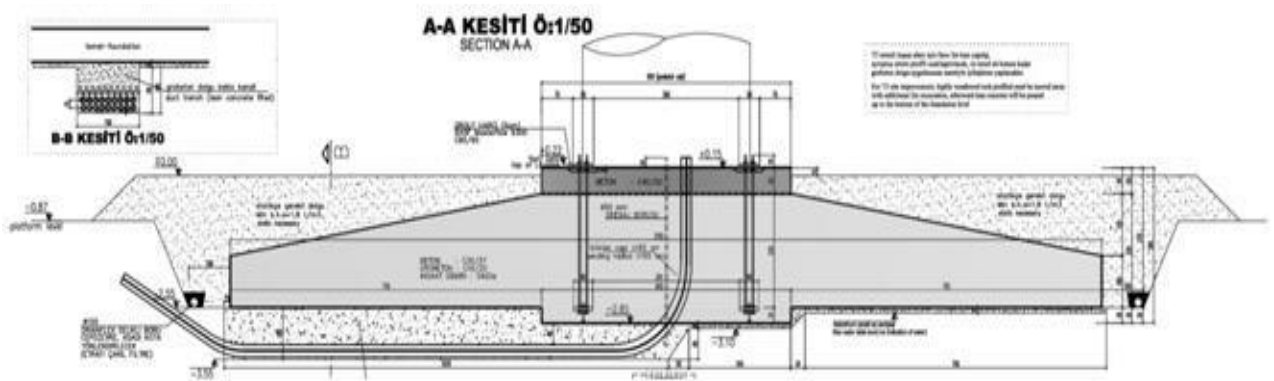
Projeleri, hesap ve raporları düzenleyen ve imzalayan mühendislerin tasarım yaparken; yerinde incelemenin yanında, yürürlükteki ilgili mevzuat, standartlar, uygulama kodları ile ilgili kurum/kuruluşlar tarafından yayımlanan şartname, usul ve esasları dikkate almaları gereklidir.



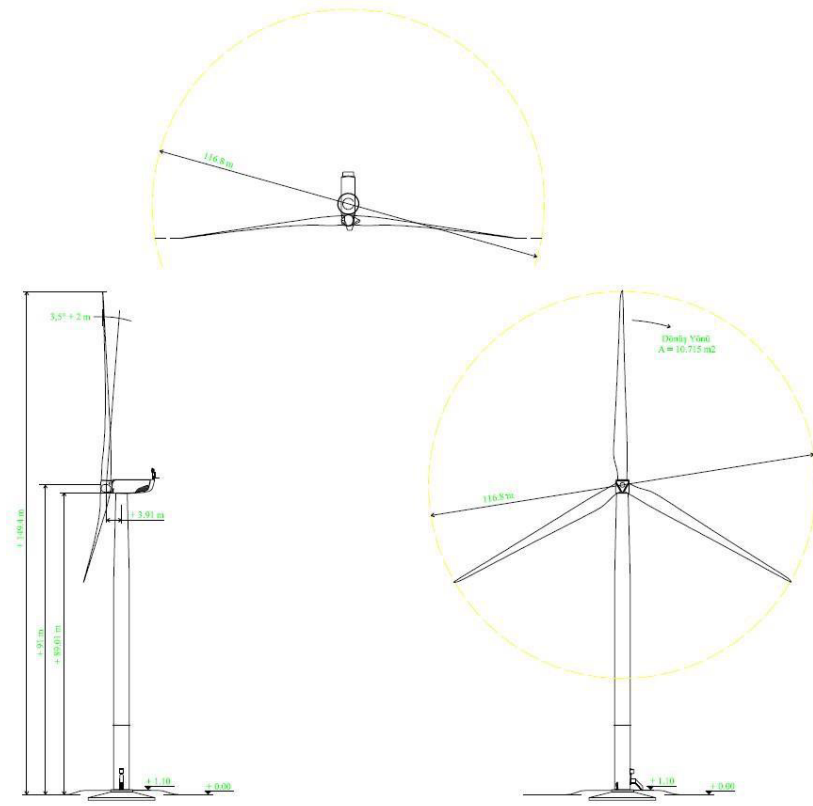
Şekil 8.12 Vaziyet Planı



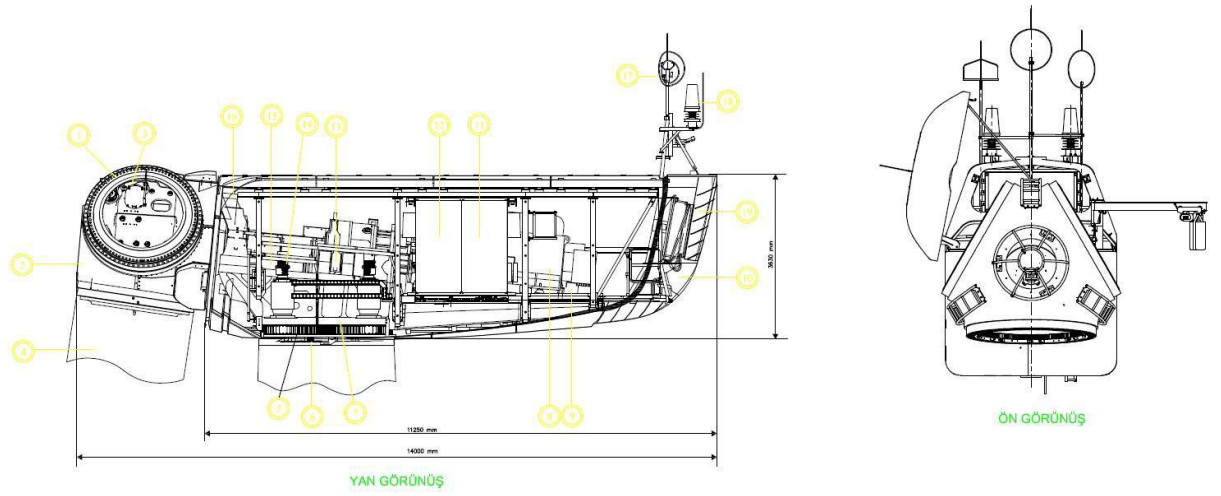
Şekil 8.12 Vaziyet Planı



Şekil 8.13 Türbin Temel Kesiti



Şekil 8.14 Türbin Görünüşleri I



Şekil 8.14 Türbin Görünüşleri II

8.6.2 Projelerin Sunulması

Yetkilendirme Tablosunda aksi belirtilmedikçe, önlisanslı/lisanslı üretim tesisleri için projeler, başvuru örneğine uygun dilekçe ekinde Bakanlık POB'a (Proje Onay Birimi) diğer tesisler için ise ilgili POB'ların internet sitelerinde ilan ettiği dilekçe örneklerine uygun olarak aşağıda verilen belgelerle birlikte ilgili POB'lara sunulur. Bu belgeler:

- a) Lisans/tesis sahibi veya yetkili temsilcisinin imza sirküleri sureti,
- b) (Mülga: RG-25/1/2019-30666)
- c) POB'lar tarafından istenen sayıda proje paftaları,
- d) Projenin idari belgeleri ile teknik rapor ve hesaplarının bir takım çıktısı,
- e) Proje ve belgelerin tamamının POB'lar tarafından istenen formatta ve elektronik ortamda bir adet kopyası.

8.6.3 Projelerin Onayı

Yönetmelik kapsamındaki projelerin incelenmesi ve onayı ilgili POB tarafından yapılır. İlgili mevzuat ve standartlar çerçevesinde hazırlanan projelerin bu Yönetmeliğe kavramsal olarak uygunluğu incelenir. Proje onayı için inceleme aşamasında istenen bilgi, belge, rapor, kaynak, belge, tesiste uygulamaya esas standartların kod/no bilgileri ve paftalar, başvuru sahibi tarafından ilgili POB'a sunulur.

Elektronik ortamda sunulan projelerde ve/veya basılı belge üzerinden yapılan detaylı inceleme sırasında tespit edilen eksik ve hatalı hususlar başvuru sahibine 15 iş günü içerisinde bildirilerek ilgili hususların 15 iş günü içerisinde düzeltilmesi istenir. Tespit edilen eksik ve hataların tamamının bu süre içerisinde giderilememesi halinde projeler yazı ile iade edilir.

Gerekli belgelerin eksiksiz olduğu görüldükten ve detaylı inceleme ile projelerin uygun olduğu anlaşıldıktan sonra, sunulan projelerin onaylandığı hususu yazılı olarak başvuru sahibine bildirilir. Bu fıkra kapsamındaki işlemlerin süresi 15 iş gününü geçemez.

Onaylanan projeler 5 yıl geçerlidir. Söz konusu projelerde herhangi bir değişiklik olması kaydıyla projelere ilişkin geçerlik süresi, lisans/tesis sahibinin talebi üzerine yönetmelikteki şartları da taşıması halinde proje onayını yapmış olan POB tarafından uzatılabilir. İlgili POB'a onaylatmadan elektrik tesislerinin onaylı projelerinde tadil yapılamaz. Üretim tesislerinde elektromekanik teçhizata ilişkin akredite bir kuruluştan alınmış tip sertifikası veya dizayn sertifikası ya da TSE Kritere/Standartlara Uygunluk Belgesi, ekleriyle birlikte imalatçı veya imalatçı adına lisans/tesis sahibi tarafından ilgili POB'a sunulur.

Bu belgeler;

- a) POB tarafından onay işlemine tabi tutulmaz.
- b) POB'un arşivinde muhafaza edilip kayda alınarak talep edilmesi halinde Bakanlığa sunulur.
- c) Aynı teçhizatın kullanılacağı diğer elektrik tesisi projelerinde tekrar talep edilmez.
- d) Listelenerek senede bir defadan az olmamak üzere Bakanlığa bildirilir.

Üretim tesislerine ilişkin İnşaat Uygunluk Raporu lisans/tesis sahibi tarafından ilgili POB'a ekleriyle birlikte sunulur. Bu belgeler ilgili POB tarafından onay işlemine tabi tutulmaz. Proje değerlendirme sürecinde ihtiyaç olması halinde, lisans/tesis sahibi ve/veya lisans/tesis sahibini temsile yetkili kişiler, proje ile ilgili görüşme talebiyle ilgili POB'a çağrılabilir.

EK – 4 (Değişik: RG-25/1/2019-30666)**ELEKTRİK ÜRETİM TESİSLERİ ÖN PROJE KAPSAMI**

ÖN PROJE KAPSAMI		ÖNLİSANSLI / LİSANSLI						AÇIKLAMALAR (Tüm paftalar Türkçe olarak hazırlanmalı ve yetkilendirilmiş branş mühendislerince kaşelenip imzalanmalıdır.)
		HES	RES	GES	JES	BES	MES	
1	Genel Yerleşim Planı	*	*	*	*	*		Planda santral sahası sınırları, proje onay kapsamındaki tüm yapılar, elektrik üretimine esas ana ekipman (motor, türbin, jeneratör, trafo, kazan, güneş paneli vb. ekipman), yönler, kotlar ve koordinatlar gösterilmelidir.
2	Tek-Hat Şeması	*	*	*	*	*	*	İlgili elektrik standartlarına uygun olarak; -tesisin ilgili TM bağlantı noktaları, -ölçü, koruma, senkronizasyon sistemi, -ünite güçleri, -kısa devre hesaplarına göre belirlenmiş primer malzemelerin liste ve karakteristikleri gösterilmelidir.
3	Tesis Bilgi Formu	*	*	*	*	*	*	Bir örneği ilgili POB'un internet sitesinde yayımlanan form doldurulmalı ve kaşeli, imzalı olarak sunulmalıdır.

ÖN PROJE KAPSAMI		ÖNLİSANSLI / LİSANSLI						AÇIKLAMALAR (Tüm paftalar Türkçe olarak hazırlanmalı ve yetkilendirilmiş branş mühendislerince kaşelenip imzalanmalıdır.)
		HES	RES	GES	JES	BES	MES	
4	Fizibilite Raporu	*	*	*	*	*	*	HES’lerde DSİ tarafından onaylanmış rapor sunulmalıdır. Diğer tesis tiplerinde, sunulacak raporun finansal ve teknik analizleri içermesi yeterlidir.
5	Kısa Devre Hesapları	*	*	*	*	*	*	İlgili TM'den başlayarak maksimum koşulları baz alarak (50, 31,5 kA, 16-25 kA veya TEİAŞ tarafından yayımlanmış TM kısa devre güçlerine göre) sistem bağlantı noktasından itibaren 3 faz arıza analizleri ilgili mevzuata ve IEC 60909 standardına uygun yapılmalıdır.

ÖN PROJE KAPSAMI		ÖNLİSANS LI / LİSANS LI						AÇIKLAMALAR (Tüm paftalar Türkçe olarak hazırlanmalı ve yetkilendirilmiş branş mühendislerince kaşelenip imzalanmalıdır.)
		HES	RES	GES	JES	BES	MES	
6	Yetki Yazısı ve Ekleri	*	*	*	*	*	*	Tesis Sahibi ve/veya Yetkili Temsilcisi için; a. İmza sirküleri sureti Yetkilendirilen Mühendis için; a. Tesis sahibi ve/veya yetkili temsilcisi tarafından imzalanmış Yetki Yazısı b. İmza sirküleri / imza beyannamesi sureti c. Diploma sureti ç. Kimlik belgesi sureti d. Bir mühendislik ve/veya müteahhitlik şirketinde görevli mühendis için; 1. Ticaret odasından alınmış, şirketin o işle iştigal ettiğini gösteren belge 2. Şirkette mühendis olarak çalıştığını belgeleyen şirketin antetli yazısı 3. Güncel SGK dökümü Serbest olarak çalışan mühendis için; 1. Serbest Müşavir Mühendis (SMM) Belgesi Lisans sahibi şirkette görevli mühendis için; 1. Şirkette mühendis olarak çalıştığını belgeleyen şirketin antetli yazısı 2. Güncel SGK dökümü
7	Önlisans / Lisans	*	*	*	*	*	*	EPDK Önlisans / Lisansı ekleri ile sunulmalıdır.
8	Sistem Bağlantı Görüşü	*	*	*	*	*	*	TEİAŞ / ilgili EDAŞ tarafından verilen Sistem Bağlantı Görüşü sunulmalıdır.

ÖN PROJE KAPSAMI		ÖNLİSANS / LİSANS						AÇIKLAMALAR (Tüm paftalar Türkçe olarak hazırlanmalı ve yetkilendirilmiş branş mühendislerince kaşelenip imzalanmalıdır.)
		HES	RES	GES	JES	BES	MES	
9	ÇED Belgesi	*	*	*	*	*	*	Tesise ilişkin "ÇED Olumlu Belgesi", "ÇED Gerekli Değildir Belgesi" ya da bu kapsamda ilgili kurumdan alınacak ÇED muafiyet yazısı sunulmalıdır.
10	Su Kullanım Hakkı Anlaşması	*						DSİ ile imzalanan anlaşma, varsa ek mukaveleleri ile birlikte sunulmalıdır.
11	TEA Süreci Başvuru Yazısı		*					Bakanlık, Genelkurmay Başkanlığı, İçişleri Bakanlığı ve MİT Başkanlığı tarafından birlikte belirlenen kamu kurum ve/veya kuruluşlarınca yapılan ve teknik etkileşim iznine esas teşkil eden analiz kapsamındaki RES'ler için sunulmalıdır. TÜBİTAK BİLGEM'e sunulmuş olan TEA Süreci Başvuru Yazısı ekleri ile birlikte verilmelidir.
12	Elektromekanik Teçhizat Teknik Şartnamesi	*	*	*	*	*	*	Elektromekanik yüklenicisi belirlenmiş projelerde; Yüklenici ile imzalanmış teknik şartname verilmelidir. Elektromekanik yüklenicisi henüz belirlenmemiş projelerde; Önlisans / Lisans sahibi firma tarafından hazırlanarak imzalanmış teknik şartname sunulmalıdır.

EK- 2
154-380 kV TRAF0 MERKEZİ / ŞALT PROJE KAPSAMI

PROJE KAPSAMI		AÇIKLAMALAR
1	Tesis Bilgi Formu	Bir örneği ilgili POB'un internet sitesinde yayımlanan form doldurulmalı ve kaşeli, imzalı olarak sunulmalıdır.
2	Yetki Yazısı ve Ekleri	Tesis Sahibi ve/veya Yetkili Temsilcisi için; a. İmza sirküleri sureti Yetkilendirilen Mühendis için; a. Tesis sahibi ve/veya yetkili temsilcisi tarafından imzalanmış Yetki Yazısı b. İmza sirküleri / imza beyannamesi sureti c. Diploma sureti ç. Kimlik belgesi sureti d. Bir mühendislik ve/veya müteahhitlik şirketinde görevli mühendis için; 1. Ticaret odasından alınmış, şirketin o işle iştiğal ettiğini gösteren belge 2. Şirkette mühendis olarak çalıştığını belgeleyen şirketin antetli yazısı 3. Güncel SGK dökümü Serbest olarak çalışan mühendis için; 1. Serbest Müşavir Mühendis (SMM) Belgesi Lisans sahibi şirkette görevli mühendis için; 1. Şirkette mühendis olarak çalıştığını belgeleyen şirketin antetli yazısı 2. Güncel SGK dökümü sunulmalıdır.
3	Sistem Bağlantı Anlaşması	TEİAŞ ile yapılan Sistem Bağlantı Anlaşması sunulmalıdır.
4	ÇED Belgesi	Tesise ilişkin "ÇED Olumlu Belgesi", "ÇED Gerekli Değildir Belgesi" ya da bu kapsamda ilgili kurumdan alınacak ÇED muafiyet yazısı sunulmalıdır.
5	Keşif Özeti	Nevisine göre ayrılmış keşif özeti sunulmalıdır.
6	Kısa Devre Hesabı	İlgili TM ve/veya DM'den başlayarak maksimum koşulları baz alarak (50-31,5 kA, 16-25 kA) veya TEİAŞ tarafından belirlenen TM kısa devre gücü baz alınarak yapılan detaylı kısa devre hesabı sunulmalıdır.
7	Röle Koordinasyon Hesapları	
8	Topraklama Hesabı	Topraklama yönetmeliği veya IEEE 80 2000 standardına göre hesaplanmış, toprak özgül direncine göre ve faz-toprak kısa devre hesaplarına göre iletken kesiti belirlenmiş, topraklama direnci, adım ve dokunma gerilimlerinin normal sınırlar içinde olduğunun gösterildiği topraklama hesapları sunulmalıdır.

PROJE KAPSAMI		AÇIKLAMALAR
9	Gerekli Hallerde Kullanılacak Malzemelerin Garantili Karakteristikleri ve Boyut Çizimleri	YG/AG kablo hesaplarında güç kaybı, gerilim düşümü, akım taşıma ve kısa devre kontrolü de yapılarak raporlanıp eklenmelidir.
10	Aydınlatma Hesabı	
11	Teknik Şartnameler	
12	Genel Vaziyet Planı	Koordinatları içerek şekilde ve uygun ölçekte sunulmalıdır.
13	TM/Şalt Sahası Genel Yerleşim Planı	
14	Tek-Hat Şeması	Tesisin ilgili TM bağlantı noktalarını gösterir kısa devre hesaplarına göre primer teçhizatı belirlenmiş, ölçü ve koruma sistemini içeren tek-hat şeması sunulmalıdır. YG tek-hat şemalarında en az enerjinin temin edildiği noktadan itibaren trafo merkezi, dağıtım merkezi, kesici, ölçü kabini ve benzeri hücre açılımları, teknik özellikleri ile birlikte (güçler, metrajlar, kesitler, koruma ve kilitlemeler ile birlikte) gösterilmelidir. Primer malzemelerin liste ve karakteristiklerini içermelidir.
15	Şalt Sahası Projeleri	
16	Uygunluk Belgesi	1- Çelik Konstrüksiyon, 2- Şalt Teçhizatı Temeli, 3- Trafo Temeli ve 4- Pilon Temeli hesapları için "a" ve "b" seçeneklerinden biri sunulmalıdır.
	a. Tip Proje Onay Yazısı	
	b. Mukavemet Hesapları	Yapıların statik, stabilite ve dinamik hesapları ile betonarme, çelik, vb. tasarım hesaplarını içermelidir.
17	Şalt Sahası Temel Kanal Projeleri	
18	Kablo Kanalı Projeleri	
19	Topraklama ve Dahili Topraklama Projeleri	
20	Yıldırımdan Korunma Projesi	

PROJE KAPSAMI		AÇIKLAMALAR
21	Yangından Korunma Sistemi Planı	
22	Güvenlik Sistemi Projesi	
23	GIS Holü Yerleşim Planı ve Kesitleri	GIS merkezleri için sunulmalıdır.
24	Metal Clad Holü Yerleşim Planı ve Kesitleri	
25	Aydınlatma ve Acil Aydınlatma Planları	
26	Sekonder Koruma Projeleri ve Kumanda / Kontrol Sistemleri	



BÖLÜM-9
ENERJİ PİYASASI VE SATIŞ

BÖLÜM-9

ENERJİ PİYASASI VE SATIŞ

9.1 Rüzgâr Enerjisi Santrallerinde Satış

Elektrik Piyasası, elektrik enerjisinin üretim, iletim, dağıtım, piyasa işletimi, toptan satış, perakende satış, ithalat ve ihracat faaliyetleri ile bu faaliyetlere ilişkin iş ve işlemlerden oluşan bir piyasadır.

Üretildiği anda tüketilmesi gereken elektrik enerjisinde, tüketim aylara, günlere ve günün saatlerine göre farklılık göstermektedir. Bu sebeple, elektrik enerjisi talebi ve arzının her saniye dengelenmesi gerekmektedir. Elektrik Piyasası'nda yürütülen tüm faaliyetler bunun üzerine kuruludur.

2001 yılında yürürlüğe giren 4628 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu ile Türkiye elektrik piyasasının yeniden yapılandırılması amaçlanmıştır. 2013 yılında yürürlüğe giren 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanunu (**EPK**) ile 4628 sayılı kanunun pek çok hükmü yürürlükten kaldırılarak 4628 sayılı Kanunu'nun adı Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu'nun Teşkilat ve Görevleri Hakkında Kanun olarak değiştirilmiştir. Temel amaçlar açısından eski ve yeni EPK arasında ciddi bir fark yoktur

Elektrik Piyasası faaliyetleri 14.03.2013 tarihinde kabul edilen “6446 Numaralı Elektrik Piyasası Kanunu” kapsamında yürütülmektedir. Bu kanun ile “*Elektriğin yeterli, kaliteli, sürekli, düşük maliyetli ve çevreyle uyumlu bir şekilde tüketicilerin kullanımına sunulması için, rekabet ortamında özel hukuk hükümlerine göre faaliyet gösteren, mali açıdan güçlü, istikrarlı ve şeffaf bir elektrik enerjisi piyasasının oluşturulması ve bu piyasada bağımsız bir düzenleme ve denetimin yapılmasının sağlanması*” amaçlanmaktadır.

Yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrik enerjisinin iç piyasada ve uluslararası piyasalarda alım satımında kaynak türünün belirlenmesi ve takibi için üretim lisansı sahibi tüzel kişiye Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK) tarafından Yenilenebilir Enerji Kaynak (YEK) Belgesi verilir. Türkiye elektrik enerjisi sektöründe yenilenebilir enerji santralleri ürettikleri elektriği,

- İkili anlaşma ile tedarik şirketleri, **TETAŞ** ya da **serbest tüketicilere**,
- Gün öncesi planlama/piyasa ve gün içi piyasa kapsamında **PMUM**'a,
- YEK belgelerine istinaden **YEK** Destekleme Mekanizması (**YEKDEM**) kapsamında PMUM'a satabilme imkânına sahiptirler.

Burada rüzgâr enerjisi santrallerinin üretim profili kesikli bir seyir izlediğinden bu santraller ikili anlaşma mekanizmasını tercih etmemektedirler. PMUM, 2013 tarihinde yürürlüğe giren 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanuna göre piyasa işletim lisansı alındıktan sonra Enerji Piyasaları İşletme Anonim Şirketi (**EPIAŞ**) adı altında yeniden yapılandırılacaktır. Böylelikle şu an PMUM tarafından işletilen **GÖP** ve **GİP**, **EPIAŞ** tarafından işletilecektir. **DGP** ise **MYTM** tarafından işletilmeye devam edecektir.

9.1.1 Gün Öncesi Piyasa (GÖP)

Bu piyasa, şu anda TEİAŞ bünyesinde bulunan Piyasa Mali Uzlaştırma Merkezi (PMUM) tarafından yönetilmektedir. GÖP'e katılacak rüzgâr santralleri gün öncesinde, ticaretin gerçekleşeceği ilgili gün için üretim miktarını ve fiyat teklifini PMUM'a bildirir. PMUM gerekli arz ve talep değerlendirmelerini yaparak ticaretin yapılacağı gün için her bir saate ait fiyatları belirler. Belirli zamanlarda da uzlaştırma işlemlerini gerçekleştirerek santrallerin alacak ve borç tutarlarını belirler. Rüzgâr santralleri için bu piyasada en önemli sıkıntı gün öncesinde verdikleri üretim tahminleri ile piyasa işletim zamanında yaptıkları üretimler arasında sapmaların oluşmasıdır. Bu da santrallere dengesizlik maliyeti olarak yansımaktadır.

9.1.2 Dengeleme Güç Piyasası (DGP)

DGP, arz ve talebin gerçek zamanlı olarak dengelenmesi amacına hizmet etmek üzere, on beş dakika içerisinde gerçekleştirilebilen çıkış gücü değişimi ile elde edilen yedek kapasitenin alış-satışının gerçekleştiği ve sistem işletmecisi tarafından işletilen organize toptan elektrik piyasasını ifade eder. Bu piyasa, TEİAŞ bünyesinde yer alan Milli Yük Tevzi Merkezi (MYTM) tarafından yönetilmektedir. Rüzgâr enerjisine dayalı üretim tesisleri dengeleme birimi olma yükümlülüğünden muaf olup, ilgili piyasa katılımcısı tarafından talep edilmesive sistem işletmecisi tarafından uygun bulunması halinde dengeleme birimi olabilirler. Şu anda rüzgâr santralleri için tercih edilen bir piyasa değildir.

9.1.3 Gün İçi Piyasa (GİP)

GÖP'te işlemler fiziki elektrik teslimatından yirmi dört saat önce yapılmakta ve piyasa katılımcıları elektrik üretim ve tüketim planlarını bir sonraki gün için yirmi dört saat olarak sunmaktadır. Böylece Türkiye elektrik üretim-tüketim dengesi yirmi dört saat öncesinden sağlanmaya çalışılmaktadır. DGP ise sistemde öngörülemeyen ve anlık olarak oluşan dengesizlikleri gidermek amacıyla yük alma ve yük atma talimatları verilerek yönetilen bir piyasadır. GİP, bu iki piyasanın yanında katılımcılara daha kısa süre içinde alış satış imkânı sunmaktadır. GİP'te katılımcılar fiziki teslimattan iki saat öncesine kadar elektrik ticareti yapabileceklerdir. Ayrıca GÖP'teki yirmi dört saatlik planlamanın aksine teklifler saatlik olarak verilebilecektir (Elektrik Piyasası Dengeleme ve Uzlaştırma Yönetmeliği,2009). GÖP'te katılımcıların elektrik üretim-tüketim planlarını bir gün öncesinden yapması, gün içinde öngörülemeyen üretim-tüketim değişimlerini telafi etme imkânını ortadan kaldırmaktadır. GİP, gün içinde katılımcılara dengesizliklerini telafi etme imkânı vermektedir. Bunun sonucu olarak; GİP, DGP hacmini düşürerek birincil amacı olan Türkiye elektrik üretim-tüketim dengesinin daha kararlı hale gelmesine hizmet edecektir. Bu piyasa 1 Temmuz 2015 tarihinden itibaren işletilmektedir. Bu piyasanın özellikle rüzgâr santrallerinin GÖP'te düştüğü dengesizlik miktarını azaltmalarına yardımcı olması beklenmektedir.

Özetlemek gerekirse:

- Dengeleme ve uzlaştırma mekanizması 1 Temmuz 2006'da başlamıştır.
- Gün öncesi planlama ve DGP 1 Aralık 2009'da devreye girmiştir.
- GÖP ve DGP 1 Aralık 2011'de devreye girmiştir.
- GÖP, DGP ve GİP 1 Temmuz 2015'te devreye girmiştir.

9.2 Elektrik Piyasası'nda Yer Alan Terimler Nelerdir?

Elektrik Piyasası'nda yer alan önemli terimleri şu şekilde sıralayabiliriz:

Dağıtım Tesis: İletim tesislerinin ve dağıtım gerilim seviyesi 36 kV ve altı gerilim seviyesi ile üretim ve tüketim tesislerine ait şalt sahalarının bittiği noktadan sonraki nihayet direğinden, alçak gerilim seviyesinden bağlı tüketicilerin yapı bina giriş noktalarına kadar, bina giriş ve sayaç arası hariç, elektrik dağıtım için teçhiz edilmiş tesis ve teçhizat ile dağıtım şirketince teçhiz edilen ya da devralınan sayaçlardır.

İletim Tesis: Üretim veya tüketim tesislerinin 36 kV üstü gerilim seviyesinden bağlı olduğu üretim veya tüketim tesisi şalt sahasından sonraki nihayet direğinden itibaren iletim şalt sahalarının orta gerilim fiderleri de dahil olmak üzere dağıtım tesislerinin bağlantı noktalarına kadar olan tesislerdir.

Görevli Tedarik Şirketi: Dağıtım ve perakende satış faaliyetlerinin hukuki ayrıştırması kapsamında kurulan veya son kaynak tedariki yükümlüsü olarak Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu tarafından yetkilendirilen tedarik şirkettir.

Üretim Şirketi: Sahip olduğu, kiraladığı, finansal kiralama yoluyla edindiği veya işletme hakkını devraldığı üretim tesisi ya da tesislerinde elektrik enerjisi üretimi ve ürettiği elektriğin satışıyla iştigal eden özel hukuk hükümlerine tabi tüzel kişidir.

İmdat Grupları: Can ve mal kaybını önlemek amacıyla sadece elektrik enerjisi kesilmelerinde kullanılan elektrojen gruplarıdır.

Merkezî Uzlaştırma Kuruluşu: Piyasa katılımcıları arasındaki ilgili yönetmelikle belirlenecek olan mali işlemleri yürütmek üzere kullanılan, 6/12/2012 tarihli ve 6362 sayılı Sermaye Piyasası Kanunu'na göre merkezî takas kuruluşudur.

Organize Toptan Elektrik Piyasaları: Elektrik enerjisi, kapasitesi veya perakende alış satışının gerçekleştirildiği ve piyasa işletim lisansına sahip merkezî bir aracı tüzel kişilik tarafından organize edilip işletilen gün öncesi piyasası, gün içi piyasası ile sermaye piyasası aracı niteliğindeki standardize edilmiş elektrik sözleşmelerinin ve dayanağı elektrik enerjisi ve/veya kapasitesi olan türev ürünlerin işlem gördüğü ve Borsa İstanbul Anonim Şirketi tarafından işletilen piyasaları ve Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi tarafından organize edilip işletilen dengeleme güç piyasası ve yan hizmetler piyasası gibi elektrik piyasalarıdır.

Türev Piyasalar: İleri bir tarihte teslimatı veya nakit uzlaşması yapılmak üzere elektrik enerjisinin ve/veya kapasitesinin, bugünden alım satımının yapıldığı piyasalardır.

Önlisans: Üretim faaliyetinde bulunmak isteyen tüzel kişilere, üretim tesisi yatırımlarına başlamaları için gerekli onay, izin, ruhsat ve benzerlerinin alınabilmesi için belirli süreli verilen izindir.

Perakende Satış: Elektriğin tüketicilere satışlarıdır.

Toptan Satış: Elektrik enerjisinin ve/veya kapasitesinin tekrar satışı için satışlarıdır.

Serbest Tüketici: Kurul tarafından belirlenen elektrik enerjisi miktarından daha fazla tüketimi bulunduğu veya iletim sistemine doğrudan bağlı olduğu veya organize sanayi bölgesi tüzel kişiliğini haiz olduğu için tedarikçisini seçme hakkına sahip gerçek veya tüzel kişidir.

Son kaynak Tedariği: Serbest tüketici niteliğini haiz olduğu hâlde elektrik enerjisini, son kaynak tedarikçisi olarak yetkilendirilen tedarik lisansı sahibi şirket dışında bir tedarikçiden temin etmeyen tüketicilere elektrik enerjisi tedarikidir.

Tarife: Elektrik enerjisinin ve/veya kapasitenin iletimi, dağıtımı ve satışı ile bunlara dair hizmetlere ilişkin fiyat, hüküm ve şartları içeren düzenlemelerdir.

Tedarikçi: Elektrik enerjisi ve/veya kapasite sağlayan üretim şirketleri ile tedarik lisansına sahip şirketlere verilen isimdir.

Tedarik Şirketi: Elektrik enerjisinin ve/veya kapasitenin toptan ve/veya perakende satılması, ithalatı, ihracatı ve ticareti faaliyetleri ile iştigal edebilen tüzel kişidir.

Tesis: Elektrik enerjisi üretimi, iletimi veya dağıtımı faaliyeti yürütülen veya yürütülmeye hazır tesis, şebeke veya teçhizattır.

Uluslararası Enterkonneksiyon: Ulusal elektrik sisteminin diğer ülkelere ait elektrik sistemi ile senkronparalel, asenkron paralel, ünite yönlendirmesi veya izole bölge yöntemlerinden birinin kullanılmasıyla işletilmesini esas alan enterkonneksiyonudur.

Genel Aydınlatma: Otoyollar ve özelleştirilmiş erişme kontrollü karayolları hariç, kamunun genel kullanımına yönelik bulvar, cadde, sokak, alt-üst geçit, köprü, meydan ve yaya geçidi gibi yerler ile halkın ücretsiz kullanımına açık ve kamuya ait park, bahçe, tarihî ve ören yerlerinin aydınlatılması ile trafik sinyalizasyonu aydınlatılmasını kapsamaktadır.

Enerji Borsası: Elektrik enerjisinin Gün Öncesi ve Spot Piyasa'da ticarete konu olmasını sağlayan bir organize piyasadır.

Gün Öncesi Piyasası (Spot Piyasa): Bir gün sonrası teslim edilecek uzlaştırma dönemi bazında elektrik enerjisi alış-satış işlemleri için kurulan ve Piyasa İşletmecisi (EPİAŞ) tarafından işletilen organize toptan elektrik satış piyasasıdır.

Gün İçi Piyasası: Elektrik teslimat saatinden en az 90 dakika öncesinde elektrik ticareti ve dengeleme faaliyetleri için kullanılan Piyasa İşletmecisi (EPİAŞ) tarafından işletilen organize bir piyasadır.

Dengeleme Güç Piyasası (Gerçek Zamanlı Piyasa): Elektriğin teslimat saatinde arızalar ve/veya tahmin sapmaları nedeniyle arz ve talebin dengelenememesi durumlarında dengeleme faaliyetleri için kullanılan Sistem İşletmecisi (TEİAŞ) tarafından işletilen ve Piyasa İşletmecisi (EPİAŞ) tarafından uzlaştırılan organize bir piyasadır.

İkili Anlaşma: Gerçek ve tüzel kişiler arasında özel hukuk hükümlerine tabi olarak, elektrik enerjisi ve/veya kapasitenin alınıp satılmasına dair yapılan ve Kurul onayına tabi olmayan ticari anlaşmalarıdır.



BÖLÜM-10

**RÜZGÂR ENERJİ SANTRALLERİNİN ÇEVRESEL
ETKİLERİ**

BÖLÜM-10

RÜZGÂR ENERJİ SANTRALLERİNİN ÇEVRESEL ETKİLERİ

10.1 Elektromanyetik Alan Ölçümleri

Elektrik enerjisi çağımızın en önemli enerji kaynaklarından birisini oluşturmaktadır. Teknolojik gelişmeler ve ekonomik kalkınmışlık düzeyine bağlı olarak, elektrikli araç ve gereçlerden yararlanma da her gün biraz daha artmaktadır. Bu ihtiyaçların karşılanması amacı ile yaşam alanlarındaki elektrik ve elektromanyetik alan yoğunlukları da artmaktadır. Elektromanyetik alan görünmez elektrik ve manyetik kuvvet alanlarının kombinasyonudur. Elektrik alanlarının kaynağı voltaj farklılıklarındandır. Voltaj ne kadar yüksek olursa, ortaya çıkan alan o kadar güçlü olur. Manyetik alanların kökeni elektrik akımlarıdır, daha güçlü bir akım daha güçlü bir alanla sonuçlanır. Akım olmasa bile bir elektrik alanı vardır. Akım olduğunda, manyetik alanın büyüklüğü güç tüketimi ile değişecektir ancak elektrik alanının gücü aynı kalacaktır.

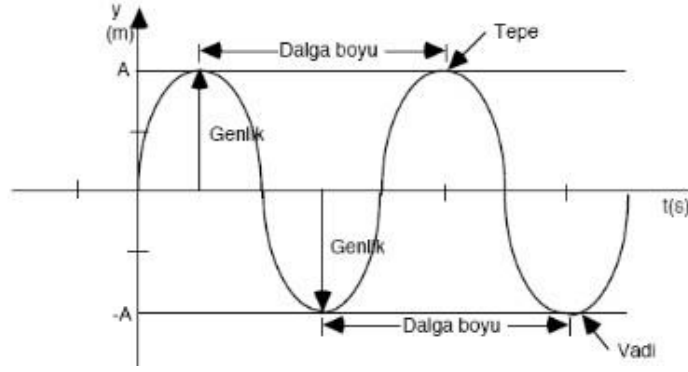
Tablo 10.1 'de elektrik alan ile elektromanyetik alan özellikleri karşılaştırmalı olarak verilmektedir.

Elektrik Alan	Elektromanyetik Alan
Elektrik alan şiddeti voltaja bağlı olarak artar.	Manyetik alan şiddeti akım arttıkça artar.
Ölçü birimi (V/m)'dir.	Ölçü birimi (A/m)'dir. Ayrıca microtesla (μT) veya millitesla (mT) birimleri de kullanılır.
Cihazların açma kapama düğmeleri kapalı konumda bile olduğunda elektrik alan oluşur.	Manyetik alan oluşumu için ortamda elektrik akımı oluşması gerekir. Yani cihazın açık konumda olması gereklidir.
Elektrik alan şiddeti kaynaktan uzaklaştıkça azalır.	Manyetik alan şiddeti mesafe arttıkça azalır.
Bina yapı malzemelerinin büyük çoğunluğu elektrik alan için yalıtım etkisi yapabilir.	Manyetik alan şiddetini azaltan malzeme sayısı son derece sınırlıdır.

Tablo 10.1 Elektrik Alanı ve Elektromanyetik Alan Karşılaştırması

Farklı türlerdeki elektrik hatları, üretim sahasından son kullanıcılara kadar elektrik iletilmesine hizmet eder. Yaygın olarak ve verimlilik nedenleriyle, elektrik uzun mesafelerde 50 veya 60 Hz'de alternatif akım olarak taşınır. Yüksek voltajlı güç hatları veya kablolar kullanılarak yukarıdan veya yeraltından taşınır. Alternatif akım ileten güç hatları, düşük frekanslı elektromanyetik alanlarla çevrilidir. Yüksek voltajlı doğru akım hatları da elektromanyetik alanlar yayarlar. Bu hatların yayıldığı alanların gücü, esas olarak iletilen akımın voltajına bağlıdır.

Elektromanyetik dalgalar dalganın; dalga boyu, frekansı ve hızı ile tanımlanır. Dalga boşlukta ve madde içinde yayılabilen ritmik bir olaydır. Bir iple yaratılan dalga, bir tepe ve bir vadiye sahiptir. (**Görsel 10.1**) Her dalga belli bir dalga boyuna sahiptir. Bir tepeden bir tepeye veya bir vadiden bir vadiye olan toplam mesafeye bir dalga boyu adı verilir.



Görsel 10.1 Elektromanyetik Dalga Boyu

Genlik, bir dalganın normal konumundan yükselme ve alçalma mesafesidir. Uzanımın en büyük ve en küçük olduğu konumlar diye de tarif edilebilir. Genlik, dalgayı ortaya çıkaran enerjinin miktarına bağlıdır. Dalganın enerjisi arttığında genliği de artmaktadır. Tüm dalgalar belli bir frekansa sahiptir. Frekans, bir saniyede belli bir noktadan geçen dalgaların sayısı olarak tanımlanır. Maddenin ileri geri hareketine titreşim hareketi denir. Bir titreşimin frekansı, hertz birimi ile ölçülür. Bir hertz (Hz), bir dalganın her saniyede bir devir veya bir titreşim yapmasıdır. Bir dalganın frekansı ve dalga boyu arasında bir ilişki vardır. Bir dalganın boyu arttığında frekansı azalmaktadır. Uzun dalgalar düşük frekansa, kısa dalgalar ise yüksek frekansa sahiptir.

Elektromanyetik alan ölçümleri 30.08.2013 tarihinde Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı (İSGÜM) tarafından yayımlanan “İŞ HİJYENİ ÖLÇÜM, TEST VE ANALİZİ YAPAN LABORATUVARLAR HAKKINDA YÖNETMELİK” ile ölçüm laboratuvarları kapsamına girmiştir.

Elektromanyetik alan ölçümleri wavecontrol SMP2 EMR cihazı ile TS EN 50413 standardına uygun yapılır.



Görsel 10.2 Elektromanyetik Ölçüm Cihazı

Düşük Frekanslı Elektromanyetik Alanın Vücut ve Sağlık Üzerindeki Etkileri (1 Hz- 1 KHz)

İnsanlar düşük frekanslı elektromanyetik alanlara maruz kaldıklarında, vücudun içinde elektrik alanları ve akımlar oluşur ve bu alanlar vücudun biyolojik işlevlerini etkileyebilir. Düşük frekanslı elektromanyetik alan veya statik elektrik alanı, insan vücudu üzerinde yüzey yükü olarak etkileşime girer. Düşük seviyelerdeki bu etkileşimler vücut tarafından fark edilmez ve sağlık üzerinde etkisi yoktur.

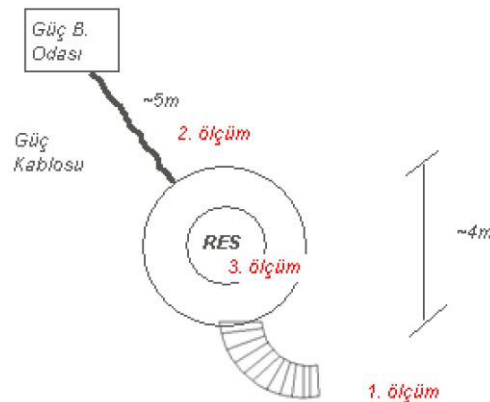
Frekans Aralığı f (Hz)	Elektrik Alan Şiddeti E (kV/m)	Manyetik Alan Şiddeti H (A/m)	Manyetik Akı Yoğunluğu B (T)
1 Hz – 8 Hz	20	$1,63 \times 10^5/f^2$	$0,2/f^2$
8 Hz – 25 Hz	20	$2 \times 10^4/f$	$2,5 \times 10^{-2}/f$
25 Hz – 300 Hz	$5 \times 10^2/f$	8×10^2	1×10^{-3}
300 Hz – 3 kHz	$5 \times 10^2/f$	$2,4 \times 10^5$	$0,3/f$
3 kHz – 100 kHz	$1,7 \times 10^{-1}$	80	1×10^{-4}

Tablo 10.2 ICNIRP (Uluslararası İyonize Olmayan Radyasyondan Korunma Komisyonu)
2010 – (1 Hz- 100 kHz) Mesleki Maruziyet Sınır Değerleri

Elektrik, manyetik ve elektromanyetik alanlara (0 Hz-300 GHz) maruz kalması ile ilgili ölçmeler ve hesaplama işlemlerine ait temel TS EN 50413 standardı kapsamında İSGÜM yetkisi dahilinde elektromanyetik alan ölçümü yapabilmek için firmaların Wavecontrol SMP2 EMR Cihazı edinmeleri gerekmektedir.

10.1.1 RES’lerde Elektro Manyetik Etki

İşletmede olan bir rüzgâr enerji santralinde yapılan ölçümlerde türbinlerden alınan ölçümler **Görsel 10.3** gibidir.



Görsel 10.3 Yapılan Ölçüm Noktaları

1. Nokta			
Ölçüm Türü Pozisyon No.	Pozisyon 1	Pozisyon 2	Pozisyon 3
Elektrik Alanı	2 V/m	2 V/m	2 V/m
Manyetik Alan	11 nT	10 nT	15 T

Tablo 10.3 Ölçüm Yapılan 1. Nokta

2. Nokta			
Ölçüm Türü Pozisyon No.	Pozisyon 1	Pozisyon 2	Pozisyon 3
Elektrik Alanı	2 V/m	2 V/m	2 V/m
Manyetik Alan	1028 nT	120 nT	190nT

Tablo 10.4 Ölçüm Yapılan 2. Nokta

3. Nokta			
Ölçüm Türü Pozisyon No.	Pozisyon 1	Pozisyon 2	Pozisyon 3
Elektrik Alanı	2 V/m	2 V/m	2 V/m
Manyetik Alan	1940 nT	1150 nT	1230 nT

Tablo 10.5 Ölçüm Yapılan 3. Nokta

Tablo 10.6'da evlerimizde kullandığımız bazı elektrikli aletlerin yaymış olduğu manyetik alan değerleri aşağıda verilmiştir.

Ev tipi cihazların tipik manyetik alan değerlerinin farklı mesafelerdeki örneklemeleri
Tablo 10.3 WHO tavsiye değerine göre tipik elektrikli ev cihazlarının manyetik alan değerleri:

Elektrikli Cihaz	3 cm mesafe (µT)	30 cm mesafe (µT)	1 m mesafe (µT)
Saç Kurutma Makinesi	6 – 2000	0.01 – 7	0.01 – 0.03
Tıraş Makinası	15 – 1500	0.08 – 9	0.01 – 0.03
Süpürge	200 – 800	2 – 20	0.13 – 2
Floraslan Lamba	40 – 400	0.5 – 2	0.02 – 0.25
Mikrodalga Fırın	73 – 200	4 – 8	0.25 – 0.6
El radyosu	16 – 56	1	< 0.01
Elektrikli Fırın	1 – 50	0.15 – 0.5	0.01 – 0.04
Çamaşır Makinası	0.8 – 50	0.15 – 3	0.01 – 0.15
Ütü	8 – 30	0.12 – 0.3	0.01 – 0.03
Bulaşık Makinası	3.5 – 20	0.6 – 3	0.07 – 0.3
Bilgisayar	0.5 – 30	< 0.01	
Buzdolabı	0.5 – 1.7	0.01 – 0.25	<0.01
Televizyon	2.5 - 50	0.04 – 2	0.01 – 0.15

Tablo 10.6 Çeşitli Ev Aletlerine Ait Manyetik Alan Değerleri

Çoğu elektrikli ev cihazı 30 cm mesafede genel halk için tavsiye sınırı olan 100 μ T değerinin altında kalmaktadır.

Sonuç: Tablo 10.3-4-5'teki değerler RES'in maksimum 20 metre mesafedeki yaratacağı manyetik alan ile karşılaştırıldığında ev tipi cihazların hepsinin daha yüksek değerler oluşturduğu görülür. RES etrafındaki 100 metreye 100 metrelik alan genel güvenlik için EPDK tarafından ayrıldığından hiçbir EM etkisi söz konusu olmaz. 100 m uzaklıkta oluşabilecek EM enerjinin elektriksel gürültü eşiğinden bile ayrılması mümkün olmayacaktır. Başka bir deyiş ile RES kaynaklı manyetik alanın güvenlik mesafesi dışındaki etkisinin bağımsız olarak ölçülmesi mümkün değildir.

10.2 Rüzgâr Enerji Santrallerinin Bal Arısı ve Arıcılık Üzerine Olası Etkileri

Yapılan literatür taramasında, RES'lerin bal arılarının yaşamlarını ya da bal üretimlerini olumsuz yönde etkilediğini gösteren bir bilimsel çalışmaya rastlanmamıştır. Arıcılık, daha çok varsayım ve yoruma dayanan birkaç bildirişte rüzgâr santrallerinin bal arılarını olumsuz yönde etkilediği ifade edilmiştir. Bunlardan biri, ABD'de görülen kitlesel bal arısı ölümlerinin rüzgâr santrallerinin en çok artış gösterdiği dönemde başlaması rüzgâr santrallerini gündeme getirmiştir. Böyle bir bağlantı sadece bir varsayım olarak kalmış, söz konusu ölümler daha sonradan CCD (Koloni Çöküş Hastalığı) ile ilişkilendirilmiştir. Diğer bir varsayım, rüzgâr türbinleri kanatlarından oluşan; gürültü ve kaçak akımların sebep olduğu kaçak gerilim nedeniyle arıların yönlerini şaşırması ve kaybolmaları şeklindedir. Bu varsayım niteliğinde kalan bildirimlerde yeni teknolojiler ile yok edilebilmekte veya limitlerin altına indirilebilmektedir. Konu ile ilgili olarak daha da önemlisi, rüzgâr santralleri rüzgâr ırmakları üzerine ve yüksek yerlere kurulduğundan böyle yerler arı yaşam alanları değildir. Dolayısıyla, arıların bu tür olumsuzluklardan etkilenmeleri söz konusu olamaz. Türbinler arıların uçuş güzergâhı üzerinde olsalar bile, arıların uçuş yükseklikleri türbin kanatlarına çarpacak yüksekliğin çok altındadır. Diğer yandan, aktif dönemde bir işçi arının ömrü 3 hafta kovan içinde, 3 hafta kovan dışında olmak üzere toplam 6 haftadır. Elektromanyetik ve radyasyondan dolayı arıya göre daha uzun ömre sahip olan diğer canlı ve insanlarda oluşabilecek uzun dönemdeki olası sağlık problemlerinin bal arılarında oluşma şansı yoktur. Üstelik türbin gövdesinin 10m dışında ve iletim hatları çevresinde elektromanyetik alan ya hiç oluşmamakta ya da limit değerlerinin çok altında oluşmaktadır (elektromanyetik ölçüm değerleri raporu).

Genel olarak, RES'ler yüksek yerlere, bol rüzgâr alan rüzgâr havzaları üzerine kurulmaktadır. Rüzgâr bal arılarının yaşamlarını ciddi anlamda olumsuz etkilediğinden bu rüzgârlı alanlar bal arılarının doğal yaşam alanları değildir. Bu nedenle RES'lerin bal arılarının yaşamları üzerine varsayımlara dayanan olumsuz etkilerinin ortaya çıkma şansı da bulunmamaktadır.

Özel bir firmanın Rüzgâr Enerji Santralinde yapılan incelemede kurulu olduğu yer ve yakın civarı gerek bitki örtüsü gerekse yüksek rüzgâr hızına sahip olması nedeniyle profesyonel ve ticari arıcılığa uygun olmamakla birlikte, arılık etrafında rüzgârdan koruyucu önlemler alınarak amatör düzeyde de olsa arıcılık yapılabilir. İşletme kovanlarında yapılan inceleme ve gözlemler bunu doğrularken, bilimsel araştırma ve verilerden yoksun varsayımları da çürütmektedir. (Deneme 10 adet kovan üzerinde santral bölgesinin içinde türbinlere 150 metre uzaklıkta yapılmıştır.)

Sonuç olarak;

Rüzgâr santrallerinin bal arıları, arı yaşamı ve arıcılık üzerine olumsuz etkilerinin olmadığı, tam tersine, bu santrallerin çevre kirliliğine ve sera gazı etkisine sebep olan klasik santrallerin olumsuz etkilerinin azaltılmasına olan katkıları nedeniyle dolaylı olarak çevreye ve arı yaşamına olumlu katkılarının olduğu söylenebilir.



Şekil 10.3 Arıcılık Çalışmaları

10.3 Rüzgâr Enerji Santrallerinde Ses (Gürültü)

Rüzgâr türbinlerinin çevreye olan etkilerinden halk arasında bahsedilen en önemlileri öncelik sırasına göre gürültü, görüntü kirliliği, gölge (shadow flicker), kuş ölümleri ve doğal hayatın (tarım arazileri ve ormanlar) etkilenmesidir. Bu konuda ekonomik gelişmenin ivmesini yavaşlatmadan gerekli iyileştirmelerin yapılması önem kazanmaktadır. Bir diğer önemli husus ülkemizde kalite standardı yüksek türbinlerin kullanılması gerekliliğidir.

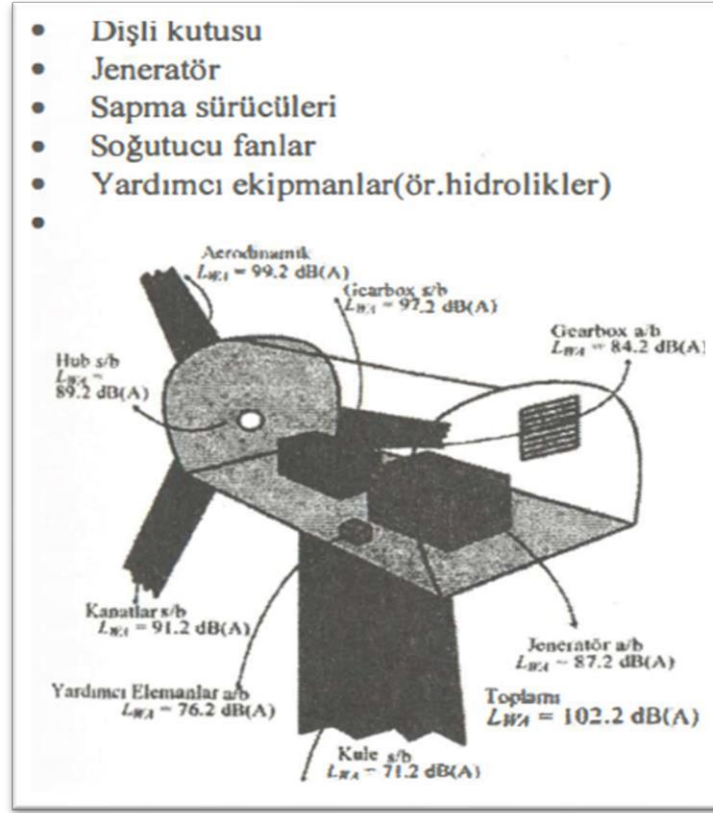
Günümüzde özellikle rüzgâr türbini gürültüsünün insan sağlığına olası etkileri ile ilgili tartışmalar devam etmektedir. Tahmin edilebileceği üzere rüzgâr türbini federasyonları (CWEA; EWEA; AWEA) bir grup akademisyenler, doktorlar ve çevre gürültüsü uzmanları herhangi bir gürültü kaynaklı sağlık probleminin olmadığını savunmakta; buna karşılık diğer bir grup ise özellikle gelen şikayetlerden yola çıkarak hem kısa vadeli gürültü problemleri tespit ettiklerini hem de araştırmaların uzun vadeye yayılması ve rüzgâr türbini gürültüsünden etkilenen kişilerin izlenmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

10.3.1 Rüzgâr Türbini Gürültüsünün Oluşumu

Rüzgâr türbinlerindeki gürültü iki farklı nedenle ortaya çıkmaktadır. Bunların ilki dişli kutusu, soğutucu fanlar, jeneratör, dişli gibi sistem kaynaklı mekanik gürültü, ikincisi ise daha çok çevresel gürültüye neden olan rüzgâr-kanat etkileşimi nedeniyle oluşan aerodinamik gürültüdür. Günümüzde teknolojinin gelişimi ile mekanik kaynaklı gürültü büyük ölçüde önlenmiştir. Bu nedenle şu anda üzerinde ağırlıklı geliştirilme çalışmaları yapılan kısım aerodinamik gürültüdür. Aerodinamik gürültü için tüm türbin üreticileri kanat sesini en aza indirmek için yeni kanatlar üretmektedir.

Aerodinamik gürültüyü 3 ana başlıkta değerlendirebiliriz:

- 1- Düşük frekanslı (<200 Hz), rotor ve kule arası etkileşimden kaynaklanan gürültüdür
- 2- Giren akış türbülans gürültüsü (inflow-turbulence noise) ise atmosferde oluşan türbülans ve kanat ile etkileşimin sonucu ortaya çıkmakta olan geniş bantlı (500Hz-5000Hz) bir gürültüdür.
- 3- Kanat kaynaklı gürültü; kanat üzerinde oluşan sınır tabakasında kararsızlık oluşması veya yine sınır tabakasında oluşan girdapların kanat yüzeyi ile etkileşime geçmesi sonucunda oluşmaktadır.



Şekil 10.4 Rüzgâr Türbin Bileşenlerinin Gürültü Seviyeleri

Şu anda üzerinde en çok çalışılan geniş spektrumlu pervanenin kuyruk kısmı gürültüsüdür. (**Trailing edge noise**).



Şekil 10.5 Gürültü Kaynağı Gösterimi

Şekil 10.5'te görüldüğü gibi gürültü kaynağı kanadın ucu değil, ucuna yakın bir bölgedir ve rotor göbeğindeki kaynaktan daha güçlüdür. Araştırmalar sonucu bu gürültünün frekans aralığının 500Hz-2000Hz arasında olduğunu ortaya koymuştur.

10.3.2 Rüzgâr Elektrik Santrallerinde Gürültü Ölçümleri

Çevresel gürültü ölçümlerinde kullanılan cihaz (sound level meter) Şekil 10.6’da görüldüğü üzere 4 kanallı bir cihaz olup 3 kanalı titreşim, 1 kanalı gürültüyü kayıt altına almaktadır.



Şekil 10.6 Ses Seviye Ölçer Cihazı

Ölçüm Cihazı Teknik Bilgisi:

SVAN 958 Dört Kanallı gürültü ölçüm cihazının teknik özellikleri:

Teknik Özellikler:	Açıklamalar
Titreşim Metresi	Type 1: ISO8041 RMS, Tepe, Max, Min, MTVV, VDV, Geçmiş ölçümleri hafızada depolama
Gürültü Seviyesi Metresi	Tip 1: IEC 651, IEC 804 ve IEC 61672-1 Leq, Lmax, Lmin, Lpeak, Spl, SEL, Lden, Ltm3, Ltm5, istatistikleri: Ln(L1-L99) zaman verisi
Analizör	Gürültü ve titreşim gerçek zamanı 1/1 & 1/3 oktavda FFT analizi
Girdi	4 Kanal (Lemo 4 pin-kanal 1-3 ve TNC-kanal 4) IEPE güç kaynağı
Akseloremetreler	Akseloremetreler için SV 39A Akseloremetresi tüm gövde elemanları için Dytran 3032A1 triaxial el tipi ölçme aleti
Mikrofonlar	SV 22 önceden polarize edilmiş ½” kondansatör mikrofon
Mikrofon Güçlendirici	SV 12 ya da SVM117
Ölçüm Aralığı	0,003 ms ⁻² -1000 ms ⁻² RMS (SV 39A)
Dinamik Ağırlık	100 dB, A/D dönüşüm: 4x20 bit
Sıklık Aralığı	10 Hz-20kHz ses için ve 0,5 Hz-20 kHz titreşim için, Numune Aralığı :48 kHz
Ağırlık Filtreleri	A, C, ve Lin (Tip 1: IEC 651, IEC 804 ve IEC 61672-1) ve W, Bxy, W-Bz, W-Bc, H-A, Wk, Wc, Wd, (ISO 8041, ISO 5249 ve ISO 2631-1)
RMS&RMQ Detektörleri	Dijital doğru RMS&RMQ tepe ölçümü ile birlikte, çözülme 0,1 dB, entegrasyon 24 saate kadar zaman ayarlı, Sabit zaman: yavaş, Hızlı, SLM modunda ani 100 ms-10 s titreşim metresi modunda
Çevresel Koşullar	Sıcaklık: -10 C-50 C Nemlik:90%RH’e kadar yoğunlaştırılmış.
Üretici Firma	SVANTEK Sp.zo.o.ul. Polanya menşeli

Tablo 10.7 Ölçüm Cihazına Ait Teknik Bilgiler

Çevresel Gürültü Ölçümlerinin Kısa Açıklaması:

Rüzgâr türbinleri çevresinde yasal sorumluluklar kapsamında yapılan kontroller çerçevesinde düzenli aralıklarla gürültü ölçümleri yapılır. Bu çevresel gürültü ölçümlerini **TÜRKAK** tarafından akredite olmuş ve Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından yetkilendirilmiş bir çevre laboratuvarının teknik personeli yapar. Bu ölçümler gündüz, akşam ve gece olarak 3 periyotta gerçekleştirilir.

Bu ölçüm periyotları şu şekildedir:

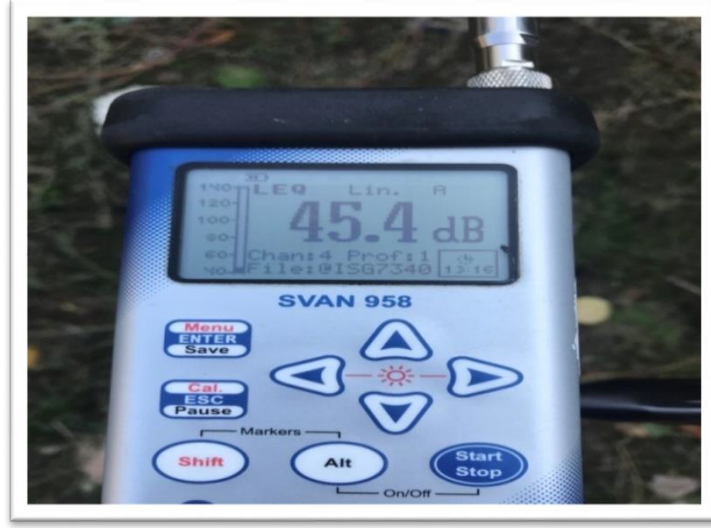
- **Gündüz Saatleri: 07.00-19.00**
- **Akşam Saatleri: 19.00-23.00**
- **Gece Saatleri: 23.00-07.00**

Ölçümler her periyotta türbine en yakın konut önünde veya şikâyet mahallinde 5'er daki- kalık olarak türbin çalışırken ve çalışmazken tekrarlanır. Ölçüm değerleri yukarıda belirtilen ses seviyesi ölçüm cihazı tarafından otomatik kayıt altına alınır.

Uygulama Örneği:



Şekil 10.7 Türbin Çalışmadığı Zaman Ölçüm Değeri $L_N = 40.6 \text{ dB}$



Şekil 10.8 Türbin Çalıştığı Zaman Ölçüm Değeri $L_{N+S} = 45.4 \text{ dBA}$

L_N =Arka Plan Gürültüsü

L_{N+S} =Arka Plan+KaynakGürültüsü

L_S =Kaynak Gürültüsü

Kaynak (türbin) gürültüsünü bulabilmek için aşağıda verilen formülde ölçülen değerleri yerleştirip hesaplamak gerekir.

$$L_S = 10 \log(10^{(L_{N+S}/10)} - 10^{(L_N/10)})$$

$$L_S = 10 \log(10^{(40,6/10)} - 10^{(45,4/10)})$$

$$L_S = 43,65 \text{ dBA}$$

$$\Delta L_A = 43,65 - 40,6 = 3,05 \text{ dBA} < 5 \text{ dBA}$$

Sonuç Olarak:

Ölçüm hesaplamalarından da görüleceği üzere kaynak gürültüsü arka plan gürültüsünü 5 dBA'dan fazla geçmemiş olup bu noktada mevzuata göre (**Çevresel Gürültünün Değerlendirilmesi ve Yönetimi Yönetmeliği**) sorun yoktur diye değerlendirme yapılır.

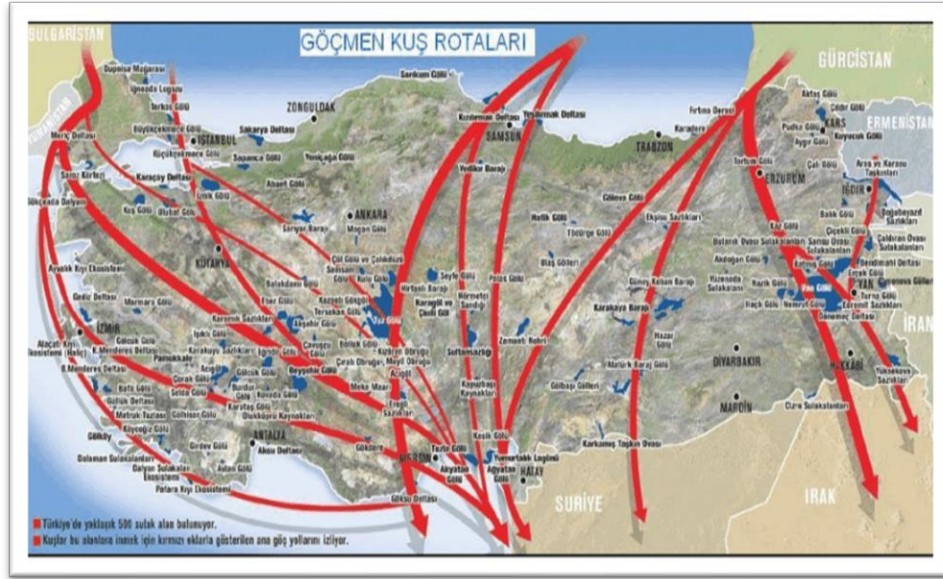


Şekil 10.9 Ölçüm Yapılan Santralden Görüntüler

10.4 Rüzgâr Enerji Santrallerinde Yaban Hayatı ve Ornitoloji Kuş Etkileşimi

Omurgalı sınıfları hareketli olmaları, bulundukları yerlerden çok uzak noktalara olmasa da gidebilmelerini sağlamaktadır. Kuşlar farklı davranış modellerine sahiplerdir. Bu nedenle etki araştırırken tür düzeyinde izlenilmesi gerekir. Bazı göçmen kuşların davranışlarından RES’lerden olumsuz etkilendikleri saptanmıştır. Bu nedenle araştırmacılar, RES’lerin tesis yapılmadan ve tesis yapıldıktan sonra gözlemin en az iki yıl süreyle yapılmasının gerekliliği vurgulanmıştır.

Dünya’da ve Türkiye’de işler durumda bulunan türbinlerin bulundukları alanda yapılan çalışmalar ve elde edilen veriler türbin-kuş etkileşiminin çok ciddi boyutlarda olmadığı yönündedir. Örneğin Drewitt&Langston (2006), İngiltere’de 1234 türbinin bulunduğu 101 işletmede yaptıkları çalışmada, türbinlerin kuşları etkilediğine dair önemli bir bulgu kaydetmemişlerdir. Ancak alandaki teknolojik yapılaşmaya, topografyaya ve tür kompozisyona göre tehditler değişeceğinden, bu kadar farklı değişkenlerin etki boyutlarının bilinebilmesi için her birinin ayrı ayrı incelenmesi gerektiğini vurgulamışlardır. Kuşların genellikle çarpmalardan korundukları ve rüzgâr türbinlerine doğru uçmadıkları bilinen bir gerçektir. Rüzgâr türbinlerine çarpma oranı 1/1000-10000 iken oldukça yüksek rakımlı Belçika’nın Zeebrugge Bölgesi’nde çarpma kayıtları bulunmaktadır. Utgrunden (İsveç)’de türbinlerin bulunduğu alanda 500.000’ini aşkın bir toplulukta oldukça düşük oranda kayıp olduğu Petterson& Stalin (2003) tarafından saptanmıştır. Türkiye’de bu tehdit daha düşük boyutlardadır. Bu Rüzgâr Elektrik Santrallerinden 48 tanesi önemli kuş göç yollarının olduğu alanlarda bulunmaktadır. Bu tesislerden bazıları 2006 yılında faaliyete başlamış, geçen 9 yıllık süreçte önemli kuş göç yollarının olduğu bu bölgelerde kuş ölümlerine ilişkin bir veriye rastlanmamıştır. Bu bölgelerde araştırma yapan araştırmacılar türbinlerin kuşlara olan olumsuz etkilerinin çok çok düşük olduğunu vurgulamışlardır.



Şekil 10.10 Araştırmacılar ve Kurumlar Tarafından Hazırlanmış Türkiye Üzerinden Geçen Kuş Göç Yollarını Gösteren Harita



Şekil 10.11 Rüzgâr Elektrik Santrali Sahasında Yapılan Ornitolojik İzleme Faaliyetleri

10.4.1 Rüzgâr Enerji Santralinde Karkas Arama ve Habitat Kontrolü Çalışmaları

10.4.1.1 Çalışma Yöntemi

RES projelerinin lokal ve göçmen kanatlı formlar üzerine etkilerinin söz konusu olup olmadığını belirlemeye yönelik olarak bütün dünyada istifade edilen temel yöntem İzleme çalışmalarıdır. İzleme çalışmaları, hedef organizma grubunun kanatlılardan birisi olan kuşlar veya diğeri olan yarasalar olmasına göre bazı farklılıklar göstermektedir. Fakat izleme çalışmaları her iki grup için de ana hatları ile aynıdır. Bunlar:

- a) Karkas Aramaları/Kontrolleri
- b) Ornitolojik/Yarasalara Yönelik Gözlemler şeklindedir.

Bu iki çalışma arasında en önemli fark yarasalara yönelik çalışmalar kapsamında ultrasonik donanımlardan istifade edilmesidir. Bunun dışında kalan uygulamalar teoride birbirinden çok farklı değildir.

Aşağıda bahsedilen izleme çalışması 2016 ve 2017 yılları arasında faal bir şekilde çalışan santralde yapılmıştır. (Santral 6 Adet Türbinden oluşmaktadır 6x3 :18MW)

RES işletmesine yönelik olarak talep edilen izleme çalışmalarının esas karkas aramaları/kontrollerine dayanmaktadır. Bu uygulama her çalışma gününde sahaya ulaştıktan sonra türbinler merkezde kalacak şekilde en az 100, en fazla 150 metre çapında dairelerin görsel olarak kontrol edilmesi esasına dayanmaktadır. Bu amaçla her bir türbin için 10 dakika civarında vakit ayırmak yeterli olmaktadır. RES İşletmesi bünyesinde aktif türbinin söz konusu olması ve türbinler arasında çok fazla mesafelerin bulunmaması nedeniyle tüm türbinler civarında karkas aramalarını gerçekleştirmek için küçük sahalarda 1 saat civarında, büyük sahalarda ise bu süre artmaktadır.

Sonbahar dönemine yönelik olarak idare tarafından talep edilen çalışmalardan birisi de habitat kontrollerine yöneliktir (Doğa Koruma ve Milli Parklar Dairesi Başkanlığı). Daha çok ilkbahar döneminde sonuç vermesi beklenen bu çalışma kapsamında daha önce sahada görülmeyen, barınma ya da yuvalama amacıyla sonradan sahayı seçen formların tespit edilmesine yönelik çalışmalar için de sahanın tamamı gezilerek görsel kontroller gerçekleştirilmektedir. Zaten karkas aramaları için türbinler civarı dolaşılmaktadır. RES işletme sahasının çok büyük bir fiziksel sahaya yayılmaması nedeniyle yaklaşık olarak 1,5-2 saat içerisinde sahanın tamamını görsel olarak gözden geçirebilmek mümkün olmaktadır. Çalışmaların sonbahar dönemine yönelik olması ve sonrasında ilkbahar göç dönemine kadar kalan yaklaşık 1 aylık zaman diliminde kış dönemine yönelik olarak da gözlemler ve aramalar gerçekleştirilmiştir. Kasım ayı başından şubat ayı sonuna kadar olan zaman diliminde toplamda 14 günlük saha çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bunun yarısı sonbahar dönemine, kalan diğer yarısı da kış dönemine aittir.

10.4.1.2 Çalışmaların Sonuçları

2016 Yılı Çalışmalarında Elde Edilen Bulgular

RES işletmesine yönelik olarak 2016 yılı sonuna isabet eden ve kış dönemine ait gözlemler de içeren sonbahar dönemi izleme çalışmaları sonucunda türbinler civarında hiçbir kuş ve yarasa karkasına rastlanamamıştır. Bu dönemde üzerinde durulması gereken önemli bir nokta ise RES İşletmesi bünyesinde tesis edilmiş ve işletme aşamasında olan rüzgâr türbinleri ile ilgili olarak gerçekleştirilen çalışmalardır.

RES işletmesine yönelik olarak 2016 yılı sonbahar dönemi 2017 yılının ilk iki ayında gerçekleştirilen, sonbahar göç dönemiyle bağlantılı kış dönemi izleme çalışmaları birbirinin devamı şeklinde olacak şekilde ve 2016 yılının kasım ayı başında başlatılmıştır. Aralıksız olarak sürdürülen çalışmalar 2017 yılı şubat ayı sonlarında tamamlanmıştır. Söz konusu zaman dilimi içerisinde rüzgâr koşullarının uygun olduğu süreler boyunca elektrik üretimi gerçekleştirilerek ulusal sisteme aktarılmıştır. Metin içerisinde de ifade edilmiş olduğu gibi aslında ilkbahar ve yaz döneminde gerçekleştirilmesi gereken saha gözlemleri ve habitat kontrollerinde sonuç vermesi beklenen yuva aramaları bu dönemde de gerçekleştirilmiş, 2016 yılı izleme çalışmalarının tamamlanması sonrasında işletme alanına veya yakın civarına gelerek burayı kendine yurt seçen ve ikinci, hatta üçüncü kuluçka yapan türlere ait bireylerin olup olmadığı kontrol edilmiştir. Bu dönemde, beklendiği üzere bu konularda herhangi bir tespit söz konusu olmamıştır. Çalışmanın gerçek sonuçlarının ilkbahar dönemi saha kontrolleri esnasında elde edilmesi beklenmektedir.

2017 Yılı Nisan-Ağustos Dönemi İzleme Çalışmalarında Elde Edilen Bulgular

RES İşletmesi'ne yönelik olarak 2017 yılı ilkbahar ve yaz mevsimine isabeteden, karkas aramalarının ağırlıklı olarak gerçekleştirildiği ve toplamda 18 gün sürdürülen izleme çalışmalarında işletme aşamasına geçilmiş olan işletmesi kapsamındaki 6 adet rüzgâr türbini ile ilgili olarak gerçekleştirilen çalışmalar iki ana başlık altında toplanmaktadır.

Bunlardan ilki yarasa ve kuş karkas aramaları sonuçları, diğeri de bu dönemde sahada ornitolojik açıdan önceki döneme kıyasla farklı ornitolojik bulguların tespit edilmesine yöneliktir.

1) Yarasa ve Kuş Karkas Aramaları Sonuçları:

a) Yarasa Karkasları Aranmasına Yönelik Çalışmaların Sonuçları: Nisan-Ağustos 2017 dönemi Çeşme-RES İşletmesine ait 6 adet türbinin dibinde ve yakın civarında gerçekleştirilen habitat kontrollerinde hiçbir yarasa karkası tespit edilememiştir.

b) Kuş Karkasları Aranmasına Yönelik Çalışmaların Sonuçları: Nisan-Ağustos 2017 dönemi çalışmaları kapsamında Çeşme-RES İşletmesi bünyesindeki rüzgâr türbinlerinin dibinde ve yakın civarında gerçekleştirilen habitat kontrollerinde hiçbir kuş karkası da bulunamamıştır.

2) Ornitolojik Açıdan Önceki Döneme Kıyasla Farklı Ornitolojik Bulgulara Yönelik Sonuçlar:

RES İşletmesine yönelik olarak 2017 Yılı Nisan-Ağustos dönemi izleme çalışmalarının ornitolojik kısmında önceki dönemlere kıyasla herhangi bir farklılığın olup olmadığı kontrol edilmiştir. Bu kapsamdaki çalışmalar sahada daha önceki dönemlerde tespit edilemeyen kuş türü ya da türlerinin varlığı; statülerde herhangi bir değişiklik, yani daha önce sahada üremeyen formların üreyip üremedikleri veya popülasyon düzeylerinde herhangi bir radikal değişikliğin olup olmadığı gibi konular üzerinde yoğunlaşmıştır.

Toplamda 5 ay süren ve 18 günlük saha çalışmalarının hayata geçirildiği, bu döneme ait izleme çalışmalarında ornitolojik açıdan önceki dönemlerde tespit edilen türler, statüler ve popülasyonlarla ilgili olarak kayda değer farklılıklar, yani artış veya eksikler tespit edilememiştir.



Şekil 10.12 Saha Çalışmaları

10.5 Rüzgâr Enerji Santralinde Peyzaj

10.5.1 Peyzaj Onarımı

Sulak alanlar, su kıyıları, göletler, barajlar, kapatılan maden ocakları, karayolları, demir yolları, limanlar, havaalanları, boru hatları, erozyona duyarlı alanlar ve benzeri şekilde müdahale edilmiş peyzajların onarımı, iyileştirilmesi ve geliştirilmesine yönelik her türlü peyzaj planı, tasarımı, izlenmesi ve denetlenmesidir.

10.5.2 Peyzaj Analizi

Peyzaj planlama süreci içinde envanter ve analiz çalışmalarının uygulanması, sayısal coğrafik sistemler kullanılarak kartografik bilginin analizi ve yorumlanması, ekolojik yapıyı gösteren bölgesel gelişim planlarının hazırlanabilmesi için bölgesel peyzajın değerlendirilmesi, alanın fiziksel, biyolojik ve kültürel kaynak potansiyellerinin, insan aktivitelerinin ve onların kullanım-etki hassasiyetlerinin artırılması amacı ile belirlenmesi ve değerlendirilmesidir.

10.5.3 Biyolojik ve Teknik Onarım

Biyolojik onarım çalışmaları sürecinde, onarımın amacı doğrultusunda ekosistem, bütün ekolojik özellikleriyle uygulama alanı ve bitki örtüsü arasında etkileşim sistemidir. Ekosistem içinde uygulama alanı ve bitki örtüsü olmak üzere her iki ana sistem ögesi sürekli olarak birbirlerine bağımlı olup aralarında çok sıkı bir ilişki bulunmaktadır. Alanın biyotik ve abiyotik faktörleri, bitki örtüsünün gelişmesi ve biçimlenmesini etkilediği gibi aynı şekilde bitki örtüsünden de etkilenmektedir. Gerek otsu gerekse odunsu olsun bitkilerin onarım açısından işlevleri aşağıda sıralanmıştır:

- Toprak üstü kısımları ile yağmur damlalarının enerjilerini absorbe edip, doğrudan toprağa çarpmasını önleyerek toprak yüzeyini korur.
- Toprak yüzeyinde belirli bir yüksekliğe dek yaptığı örtüleme ile yüzeydeki su ve hava hareketini önleyerek bunların erozif etkilerini azaltır.
- Toprakaltı kısımlarıyla toprak kütlelerini derinlere kadar tutarak hareketlerini önlemede yardımcı olur.
- Toprağı gölgeleyip evaporasyonu azaltarak erozyona olan duyarlılığı düşürür.
- Artıklarıyla toprağın organik madde miktarını ve su tutma kapasitesini artırır.
- Transpirasyon yoluyla su döngüsüne katkıda bulunur.

Onarım sürecinde kullanılacak bitki materyalinin seçiminde birçok faktörün dikkate alınması gerekir. Bu faktörler aşağıdaki başlıklar altında toplanabilir.

➤ **Ekolojik Kriterler:** Bitkiler öncelikle getirileceği alanın içinde bulunduğu bölgeye, sonra da alanın mikro-ekolojik özelliklerine uyum göstermelidir. Yıllık sıcaklık dağılımları ile maksimum ve minimum sıcaklıklar, yağış miktarı, toprak ve hava nemi, tuzluluk, kireçlilik, rüzgâr, toprak pH'ı, hava, toprak ve su kirliliği gibi kısıtlayıcı özellikler seçimde önemli rol oynar.

➤ **İşlevsel Kriterler:** Birbirini çeşitli özellikler bakımından tamamlayan bitkiler seçilerek başarı şansı arttırılmalıdır. Toprak yüzeyini iyice örten, yoğun dal ve yaprak dokusuna sahip, yüzeydeki su ve toprak hareketlerini önleyen toprak üstü aksanıma, derin ve güçlü kök yapısına sahip, rizom ve stolonlarıyla alana yayılabilen bitkiler olmalıdır. Gelişme hızı yavaş, dallar kırılmalı olmamalıdır.

➤ **Kültürel Kriterler:** Seçilen bitki; çalışılacak alanın büyüklüğüne bağlı olarak kolay ve bol miktarda üretilebilmeli, özel cihaz, yapı ve kimyasal maddeler gerektirmemelidir. Gerek üretim yerinde gerekse dikildiği ekildiği yerde bakım ihtiyaçları minimal düzeyde olmalıdır.

➤ **Ekonomik Kriterler:** Bitkilerin, uygulama yapılacak alanda en ekonomik biçimde temini, özel bazı soranlar dışında temel ilke olarak alınmalıdır. Birbiri yerine kullanılabilecek bitkilerden en kolay ve ucuz biçimde elde edilebilecek ve ekim- dikimi en ekonomik yolla gerçekleştirilecek, nakliye gideri en düşük, tutma şansı en yüksek bitkiler tercih edilmelidir. Onarım çalışmalarında bitkilendirme sürecinde çeşitli ekim dikim yöntemleri kullanılabilir. Bunların seçiminde mevcut bitkisel materyalin çeşidi, miktarı, uygulama ekipmanı ve işçi mevcudu gibi faktörler rol oynar.

10.5.4 İnşaat Aşaması

10.5.4.1 Uygulama

10.5.4.1.1 Toprak Sıyırma ve Depolama

İnşaat döneminde dikkat edilmesi gereken en önemli aşama iyi bir “**Üst Toprak Yönetimi**”dir. Enerji Santrali Projesi kapsamında inşaat çalışması yapılacak tüm alanlarda üst toprağın sıyırılması ve inşaat süresince alt toprakla karışmayacak şekilde gerekli önlemler alınarak korunması hedeflenmelidir. Bu önlemler aşağıda belirtilmiştir:

- Üst toprak minimum 15 cm, maksimum 30 cm derinliğe kadar sıyırılmalıdır. Üst toprak derinliğinin 15 cm’den daha az olduğu yerlerde, üst toprağın tamamı dikkatlice sıyırılmalı ve ayrı bir yerde depolanmalıdır.
- Üst toprak, araç ve iş makinelerinin sıkıştırmayacağı veya kirlenmeye maruz kalmayacağı yerlerde, kayıp ve bozulmayı en düşük düzeyde tutacak koşullarda depolanmalıdır.
- Üst toprak alt toprakla karıştırılmamalı, ayrı yerlerde depolanmalı veya jeotekstil yayı olarak karışımın önlenmesi gibi uygulamalar yapılmalıdır.
- 2 metreden yüksek olmayan ve yamaç eğimleri 45°’den küçük açık hendeklerle drene olan stok alanlarında toplanmalıdır.
- Yığının üstü, yağışın içeri islemesini azaltacak, ama havasız (anaerob) koşulların gelişimini engelleyecek düzeyde, hafifçe sıkıştırılmalıdır.
- Gerek olduğunda, toprak stokunun dış çevresine stabilizasyon destekleri yerleştirilmeli, taşkınlerden korunması sağlanmalıdır.
- Üst toprak hiçbir şekilde yataklama materyali olarak kullanılmamalıdır.

Böylelikle inşaat sonrasında bitkilendirme sürecinde; bitki gelişimi için en önemli faktör olan toprak (verimli/üst toprak katmanı) korunarak, dikim için uygun ortamlar sağlanmış olacaktır.

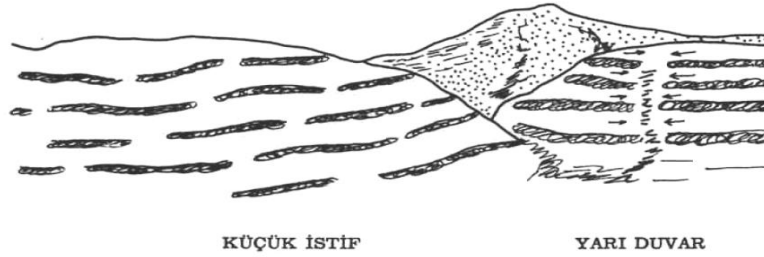
10.5.4.1.2 Geçici ve Kalıcı Erozyon Önlemlerinin Alınması

İnşaat boyunca dikkat edilmesi gereken bir diğer önemli konuda proje alanlarının erozyon açısından değerlendirilmesidir. Erozyon ve heyelan riski proje alanı için çok yüksek olmasa da inşaat döneminde ve inşaat sonrası dönemde özellikle eğimli alanlarda gerekli önlemler alınmalıdır. İnşaat çalışmaları sırasında üst toprak sıyrıldığı, yüzey örtüsü ve ağaçlık alanlar tahrip olduğu, mevcut bitki örtüsü kaldırıldığı, arazi topografyası değiştirildiği ve mevcut stabil arazi plastiği bozulduğu için inşaat tamamlanıncaya kadar gerekli olan noktalarda geçici erozyon önlemleri alınmalıdır. Özellikle RES projelerinde mevcut rüzgâr potansiyelinden yararlanarak maksimum seviyede enerji üretimi için türbinler tepe noktalarına yerleştirilmektedir. Bu noktalara erişim için açılacak yollar arazideki eş yükselti eğrilerinin değişimine, yan ve dik eğimlerde çalışılmasına neden olmaktadır.

Bu alanlarda yapılacak çalışmalarda erozyon ile ilgili geçici önlemlerin alınması gerekmektedir. Böylelikle; toprak kaybına ve arazi veriminin düşmesine, sediman taşınması ile akarsularda su kalitesinin düşmesine ve oluşabilecek bir kayma ile ciddi topografik değişiklikler oluşmasına engel olunabilecektir. Bu nedenle inşaat çalışmalarında üst toprak sıyrıldıktan sonra ilk olarak, alt toprağın kaldırılması aşırı erozyona neden olmayacak ve erozyondan etkilenmeyecek biçimde gerçekleştirilmelidir.

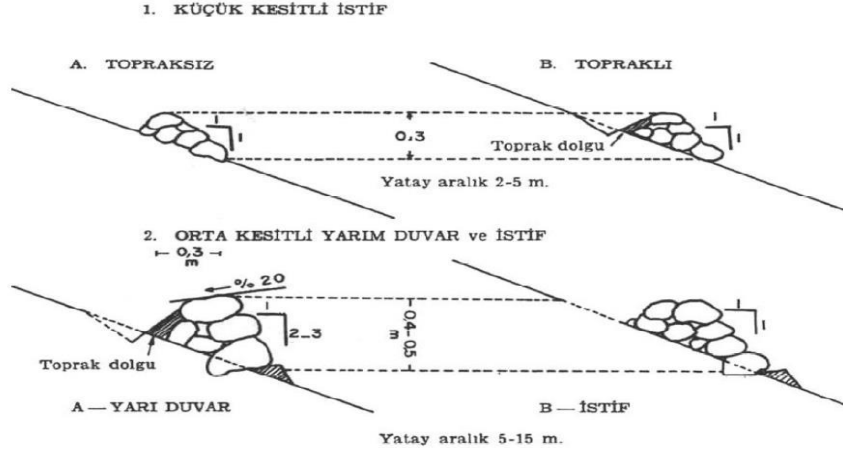
Arazinin hazırlanması, inşaat ve tesis aşamasındaki faaliyetler kapsamında aşağıdaki geçici erozyon önlemleri yürütülebilir:

- Yüzey akışını kesintiye uğratmak ve tabanın oyulmasını önlemek amacıyla, malzeme birikintileri bırakılabilir. (Şekil 10.13)



Şekil 10.13 Yüzey Akışına Karşı Oluşturulan Malzeme Birikintileri

- Eğimlerin kesilmesi gerektiğinde mini savaklar oluşturularak, eğim boyunca akıntının aşağıya deşarjı sağlanabilir.
- Çökmeler, toprak kayıpları gibi durumların önlenmesi için sürekli izleme yapılmalıdır.
- Gerektiğinde, yüzey toprakla ve bir erozyon şiltesiyle kaplanarak, yerli türde tohumla veya çalılarla bitkilendirilebilir.
- Ağaçlandırma ve peyzaj çalışmaları sırasında dikilebilecek bitki türleri bölgenin vejetasyonunda yer alan ağaçlardan kullanılmalıdır.



Şekil 10.14 Malzeme İstifleme Teknikleri



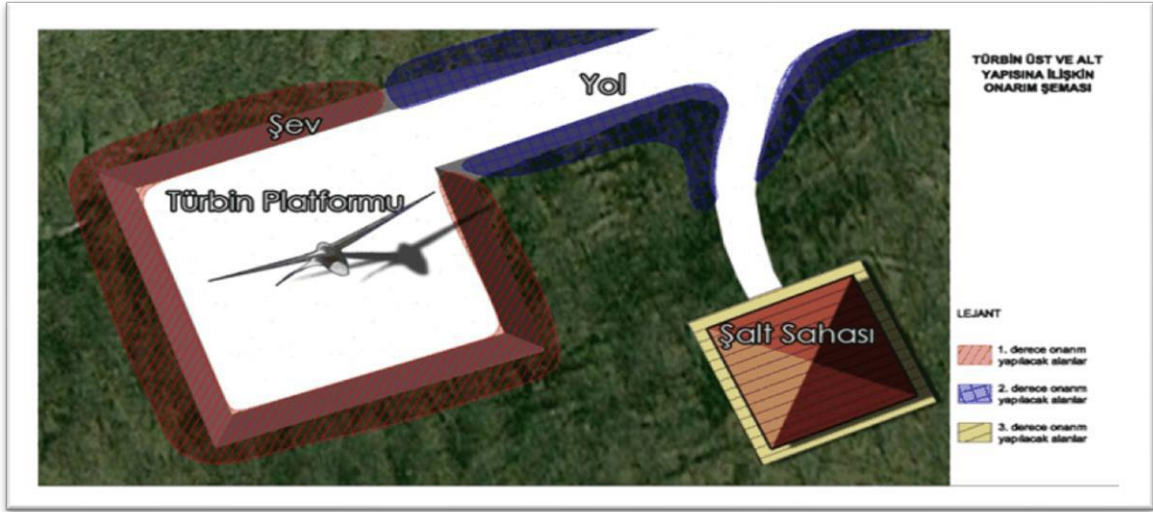
Şekil 10.15 Örnek İstif Çalışması

Alınacak bu önlemler inşaat sırasında tehlikeli bir durumla karşılaşmamak (göçük, heyelan, yıkılma vb.) hem de arazi topografyasında daha fazla zararlar oluşmasına engel olmak için yapılması önerilen uygulamalardır. Ayrıca inşaat sonrasında; peyzaj onarımındaki en önemli hedef stabil olmayan, onarımı yeni yapılmış alanlarda oluşabilecek üst toprak erozyonunu önlemektir.

10.5.5 İnşaat Sonrası

10.5.5.1 Yönetim, Kontrol ve İzleme

İnşaat sonrasında özellikle kazı dolgu çalışmaları (orijinal arazi topografyasının bozulması) ve kalıcı tesis yapılarının inşaatıyla, proje alanın bulunduğu bölgede doğal peyzaj üzerinde fiziksel ve görsel açıdan değişimler meydana gelecektir. Bu değişimlerin boyutu inşaat süresince yapılacak koruma tedbirleri sayesinde minimuma indirilebilir, dolayısıyla onarım çalışmalarının daha hızlı ve kısa sürede büyük başarı oranıyla sonuçlanmasına yardımcı olur. RES inşaat çalışmaları sonrasında türbin platformunun kenarındaki şevler, yeni açılacak yolların kenarlarındaki şevler, şalt sahası ve idari ve sosyal binalar etrafındaki alanlar inşaat sonrasında tamamen değişime uğrayacaktır. İnşaat sonrasında yapılacak peyzaj onarım planı öncelik sırasına göre yapılmalıdır. Buna göre türbin platformu kenarındaki yüksek şevler 1.derecede; yeni açılacak yolların kenarlarındaki şevler 2. derecede ve şalt sahası ve idari ve sosyal binalar etrafındaki alanlar 3. derecede onarım gerektiren alanlardır.



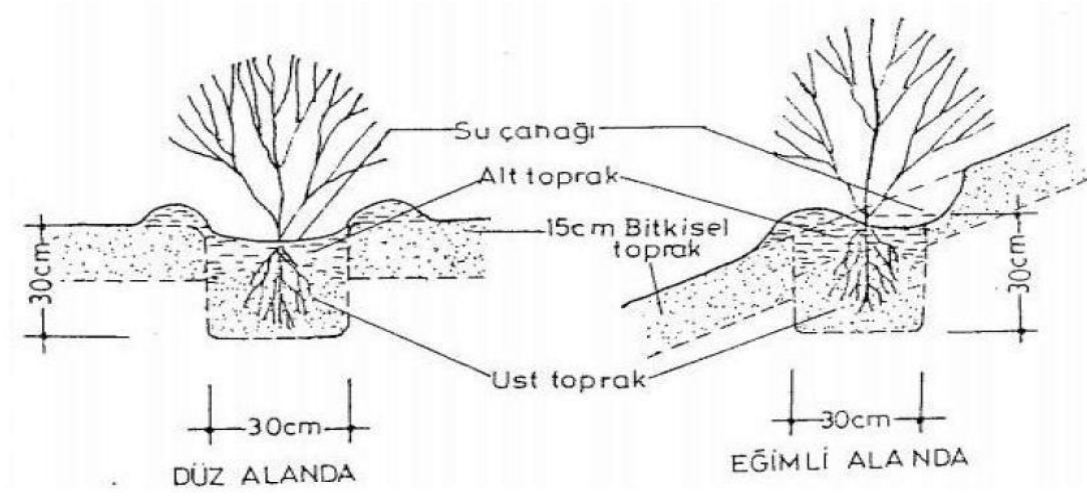
Şekil 10.16 Tübin Üst ve Alt Yapısına İlişkin Onarım Önceliğini Gösteren Şema

10.5.5.2 Bitkilendirme Süreci

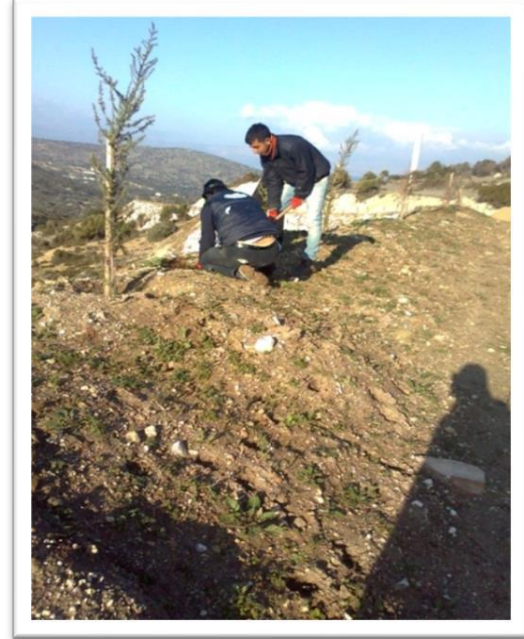
Peyzaj onarım çalışmalarında doğru mühendislik ve teknik uygulamalarıyla birlikte en önemli ana unsurlardan biri de bitki materyalidir. Bitki materyali peyzaj onarım çalışmalarında doğru kullanılmadığı takdirde hem çalışmanın başarısız olmasına hem de istenmeyen peyzaj ortamlarının oluşmasına neden olacaktır. RES projesi sonrasındaki peyzaj onarımı kapsamında yapılacak bitkilendirme çalışmaları ile tübin platformu üzerine hayvanları çekebilecek bitkisel örtünün oluşturulmaması önerilmektedir ancak özellikle tübin platformu kenarında ortaya çıkabilecek yüksek şevlerin erozyona duyarlılığı nedeniyle inşaat çalışmalarını izleyen en kısa zaman içinde bitkilerle stabil duruma getirilmesi gerekmektedir. Değişime uğrayacak platform kenarları, yeni yol güzergâhı ile şalt sahası etrafında uygun bitkilendirmenin başarıya ulaşması aşamasında bitki türü kadar, dikim yöntemlerinin doğru ve uygulamayı yapan personelin uzman olması gerekmektedir.

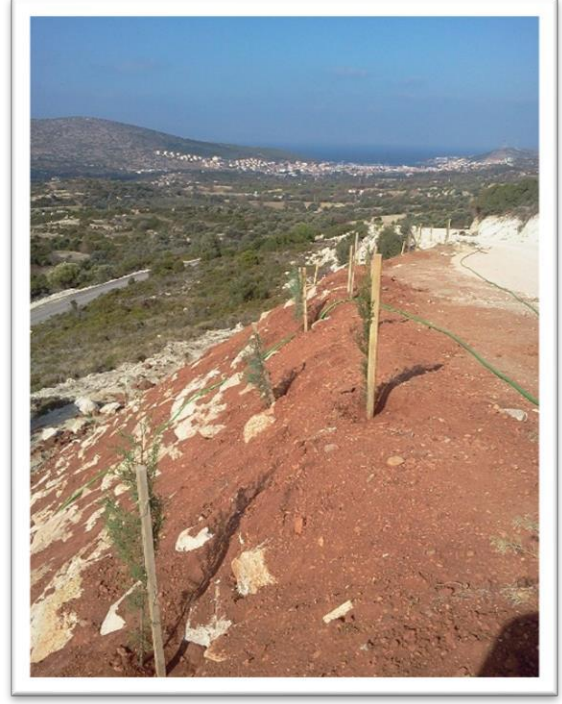
Doğru ve başarılı bir dikim için;

- Alanın ve toprak hazırlığının yapılması (**Şekil 10.17**),
- Alana uygun, sağlıklı ve formu fidanların kullanılması,
- Fidanların dikiminden önce köklerin budaması yapılmalı (ters dönmüş, fazla uzamış), uygun derinlik ve genişlikte çukur açılmalıdır.



Şekil 10.17 Düz ve Eğimli Alanda Bitki Dikim Çukurlarının Hazırlanması





Şekil 10.18 Saha Çalışmaları

10.6 Rüzgâr Enerji Santrallerinde Karbon Piyasası ve İklim Değişikliğine Etkisi

Günümüzün en büyük sorunlarından biri olan küresel ısınma yıllar geçtikçe etkisini iklim değişikliği olarak göstermekte ve dünyanın yaşanılabilirliğini azaltmaya devam etmektedir. Araştırmalara göre küresel ısınmayı durdurmak ve dünyamızın yaşanılabilirliğinin korunması için 2050 yılına kadar zamanımız bulunmaktadır. Ayrıca Dünya Nükleer Birliği'ne (World Nuclear Association) göre, 2040 yılına kadar elektrik talebi günümüz kullanımının 2 katına çıkacak. Küresel ısınmayı yavaşlatmak, hatta geri döndürmek ve enerji ihtiyacını karşılamak için karbonsuz (carbon-free) bir geleceğe ihtiyaç duyulmakta, bunun için de yenilenebilir enerji kaynakları enerji santralleri yaptıkları düşük karbon salınımlarıyla geleceğimizde çok önemli bir yere sahip olacaktır.

Rüzgâr enerjisi de gelecekte öngörülen hızlı büyüme ile dünya elektrik piyasasında giderek daha da önemli bir rol oynamaktadır. Küresel enerji krizi ve çevre kirliliğinin artan şiddeti ile birlikte, temiz enerjinin, özellikle yenilenebilir enerjinin sömürülmesini teşvik etmek, fosil yakıt tüketimini ve karbondioksit emisyonlarını azaltmanın etkili bir yolu haline geldi.

Artan dünya nüfusuyla birlikte, özellikle elektrik için artan bir talep yaratmaktadır. Bu yüzden en yaygın karbon bazlı geleneksel enerji kaynağı olan kömür hem sınırlı sayıda olup hem de yaptıkları karbon salınımlarıyla çevreye fazlasıyla zarar vermektedir. Böylelikle çevreye zararları en az olan zarar vermeyen yenilenebilir ve sürdürülebilir enerji kaynaklarına olan ihtiyaç ortaya çıkmaktadır. Gelecekte yasaların değişmesiyle, yenilenebilir, hibrit depolamalı enerji santrallerinin karbon salınımı olmayacaktır. Dünyadaki sınırlı sayıda yenilenemeyen enerji kaynağı nedeniyle mevcut arzımızı korumak; rüzgâr, güneş ve hidroelektrik gibi yenilenebilir kaynakları en verimli şekilde kullanmak, doğal kaynaklarımızın gelecekte de kullanılabilir olması önemlidir.

Amerikan Rüzgâr Enerjisi Örgütü'nün yaptığı araştırmalar rüzgâr enerjisi kullanımının yarattığı mucizeleri bir kez daha gözler önüne sermektedir. Araştırmaya göre 1 MW rüzgâr enerjisi diğer kaynaklara kıyasla yılda 1,500 ton CO₂, 6,5 ton SO₂ (kükürt dioksit) ve 3,2 ton NO (azot oksit) salınımını engellemektedir.

Türkiye yenilenebilir enerji bakımından bu kadar zenginken, yenilenebilir enerji üretimi ve kullanımı konusunda birçok ülkenin gerisinde kalıyor. Oysa dünyada yapılan araştırmalar rüzgâr enerjisi kullanımının diğer kaynaklara göre hem çevresel anlamda hem de enerji potansiyeli anlamında büyük avantajlara sahip olduğunu kanıtlıyor. Yukarıdaki gerçeklere dayanarak yaşam döngüsü değerlendirme teorisine göre yenilenebilir enerji kaynaklarının diğer kaynaklardan daha fazla karbon emisyonu yaptığını gözler önüne seriyor.

10.6.1 İklim Değişikliği Bir Çevre Sorunu Mudur?

İklim değişikliği ile mücadelenin başlangıçta çevre sorunlarının çözümü odaklı bilimsel ve teknik bir konu olduğu zannedilirken, artan bilgiler ve araştırmalarla birlikte etkilerinin çok daha kapsamlı olduğu görülmüştür. İklim değişikliği yalnızca sıcaklık ve yağış rejimlerini değil, ekonomik ve sosyal hayatı da etkilemektedir. İklim değişikliği bu yüzyılda küresel ekonomiyi yeniden şekillendirecek konuların ön sıralarında yer almaya başlamıştır. Dolayısıyla iklim değişikliği, neden-sonuç bağları açısından bakıldığında tam anlamıyla özgün bir çevre sorunu da değildir. Fen bilimlerinin konusu olduğu kadar aynı ağırlıkta sosyal ve ekonomi bilimlerinin de çalışma alanında yer almaktadır. Bu durum ilgili kesimlerin çok geniş bir perspektifte iklim değişikliği ile mücadelede yer alması ihtiyacını doğurmaktadır.

İklim değişikliğine karşı yenilenebilir enerji çözümleri çoğaltılmalıdır.

Uygulamada, temiz enerjinin ve yenilenebilir enerjinin her ikisi de elektrik üretmek için doğal faktörleri ve güçleri kullanan enerji kaynaklarıdır. Yenilenebilir kaynaklar, sürdürülebilir bir gelecek için mücadelede kritik bir rol oynamaktadır. Çünkü fosil yakıtların aksine, bunlar herhangi bir karbon kirliliği veya diğer ısı hapseden sera gazı üretmemektedir. Yani iklim değişikliğine neden olmadan elektrik üretebilmektedirler. İklim değişikliği konusundaki kaygılar, enerji politikalarını çevreyle ilgili tartışmalarının merkezine koymuştur. Enerji, karbon emisyonlarının temel belirleyicisi durumundadır ve birçok sektörün üretim süreçlerini belirleyen ve devamlılığını sağlayan en önemli girdilerdendir. Karbondioksit (CO₂)'in dışında, metan (CH₄) ve diazot monoksit (N₂O) enerji sektöründen yayılan güçlü sera gazlarıdır. Yenilenebilir enerji, genel anlamda, sürekli devam eden doğal süreçlerdeki var olan enerji akışından elde edilen enerji olarak tanımlanabilir. Uluslararası Enerji Ajansı, yenilenebilir enerji kaynaklarını biyoenjerji, güneş enerjisi, jeotermal enerji, hidrolik enerji, okyanus enerjisi ve rüzgâr enerjisi olarak sınıflandırmaktadır. İklim değişikliği ile mücadelede yenilenebilir enerji kaynakları ve azami enerji verimliliği sağlayan teknolojiler ve yatırımlar epeydir dünya gündemini meşgul etmektedir. Burada kilit nokta, bu enerjinin doğal süreçlerden kaynaklanması ve tüketildiği hızdan daha yüksek bir hızda yenilenmesidir.

10.6.2 Emisyon (Salım) ve Emisyon Azaltımı Ne Demektir?

Gaz ya da gaz ve partikül karışımlarının atmosfere verilmesine emisyon (salım) denir. Azaltım (mitigasyon), iklim değişikliğine neden olan insan kaynaklı sera gazlarının kontrol altına alınması, azaltılması ve tutulmasına yönelik önlemlerdir. Emisyon azaltımı, her türlü sektör faaliyeti sonucu gerçekleşen karbondioksit eşdeğer ton (sera gazlarının küresel ısınma potansiyelinin karbondioksit gazı cinsinden ifade edilen bir metrik ton cinsinden birimi) birimindeki sera gazı emisyonlarının azaltılması, sınırlandırılması veya tutulması anlamına gelir. Azaltım iklim değişikliği bağlamında, sera gazı kaynaklarını azaltmayı ya da karbon yutaklarını artırmayı amaçlayan insan kaynaklı müdahaleleri ifade eder. Karbon yutaklarını artırma faaliyetleri iklim değişikliğinin etkilerine uyumu da içeren geniş bir çerçeveyi kapsar. Bu durum iklim değişikliği ile mücadelede hem sera gazı emisyonlarını azaltmada hem de iklim etkilerine uyum sağlamada çok boyutlu bir yaklaşımı gerektirir.

10.6.3 Karbon Piyasası ve Gönüllü Karbon Piyasası Nedir?

Sera gazı emisyon azaltım sertifikalarının alınıp satıldığı piyasaya denir. Gönüllü karbon piyasaları; hükümetlerin iklim değişikliği ile mücadele hedefleri ve politikalarından bağımsız olarak geliştirilmiş; iş dünyasından, yerel yönetimler, sivil toplum kuruluşları ve bireylere kadar ilgili her kesimin karbon denkleştirme maksadıyla katılım sağlayabileceği niteliğe sahip piyasalardır. Kuruluşlar; faaliyetleri çerçevesinde oluşturdukları sera gazı emisyon miktarlarını hesaplayarak (karbon ayak izlerini ölçerek) bu emisyonlarını azaltmak ve dengelemek için sera gazı emisyon azaltımı sağlayan projelerin üretmiş oldukları karbon sertifikalarını satın alırlar. **Kyoto Protokolü**'nün emisyon ticaretine konu olan esneklik mekanizmalarından yararlanamayan ülkelerde (Türkiye gibi) bu mekanizmalardan bağımsız olarak işleyen, çevresel ve sosyal sorumluluk ilkesi çerçevesinde kurulmuş olan Gönüllü Karbon Piyasası'na yönelik projeler uygulanmaktadır.

10.6.3.1 Karbon Finansmanı Nedir?

Karbon finansmanı, sera gazı emisyon azaltımlarını satın almak üzere bir projeye sağlanan kaynak şeklinde tanımlanmaktadır. Karbon finansmanın kullanılmasına zemin yaratan karbon piyasaları; Kyoto Protokolü'nün 2004'te yürürlüğe girmesinden bu yana büyümeye devam etmektedir.

10.6.3.2 Karbon Ticareti (Emisyon Ticareti) Sistemi Nedir?

Gelişmiş ülkelerin, sayısallaştırılmış sera gazı azaltım hedeflerine ulaşmalarını kolaylaştırmak ve karbon emisyonlarını azaltıcı uygulamaları daha düşük maliyetle gerçekleştirmek; gelişmekte olan ülkelerin ise karbon finansına ve temiz teknolojilere erişimini kolaylaştırmak için Kyoto Protokolü'nde emisyon ticareti mekanizmaları tanımlanmıştır. Karbon ticaret sistemi, basit bir mekanizmadır. Sisteme göre, sera gazı emisyonunu belirlenen hedeften daha fazla azaltan bir şirket ya da ülke, gerçekleştirdiği bu ek indirimi başka bir şirkete veya ülkeye satabilmektedir. Böylece gelişmiş ülkelerin, sera gazı emisyon hedeflerine ulaşabilmek için diğer ülke veya şirketlerin salınım haklarını satın alabilmelerine olanak sağlamaktadır. Bu sistem ile herhangi bir bölgede mevcut olan sera gazı kirliliği diğer bir bölgede sera gazı azaltımı ile dengelenmiş olur. Örneğin; bir firma elektrik kullanımı ve iş seyahatleri nedeni ile 100 ton karbon emisyonuna neden oluyorsa, karbon negatif etkisini sıfırlamak (karbon nötr) için 100 ton karbon kredisi satın alarak bu etkiyi dengeleyebilir.



BÖLÜM-11

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI DESTEKLEME MEKANİZMASI (YEKDEM)

BÖLÜM-11

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARI DESTEKLEME MEKANİZMASI (YEKDEM)

11.1 YEKDEM Nedir?

YEKDEM, Türkiye'nin yerli ve milli enerji politikası kapsamında kurulmuştur. Hükümet, YEKDEM ile enerji yatırımcıları için yenilenebilir enerji kaynaklarının daha cazip hale gelmesini sağlamayı amaçlamaktadır. Bu teşvik ile yatırımlar için cazip bir pazar sunulurken dışa bağımlılığı azaltan ve çevreyi daha az kirleten ve daha az maliyetli olan bir enerji üretimi gerçekleştirilmiş olmaktadır.

YEKDEM ile devlet, yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim faaliyeti gösteren üretim lisansı sahibi tüzel kişilerin bizzat ve LÜY (Lisanssız Elektrik Üretimi Yönetmeliği) kapsamında yenilenebilir enerji kaynaklarından üretim yapan kişilerin bölgelerinde bulundukları görevli tedarik şirketleri aracılığıyla faydalanabileceği fiyatlar, süreler ve bunlara yapılacak ödemelere ilişkin teşvik edici bir ortam hazırlamayı hedeflemektedir.

11.1.1 YEKDEM'in Kuruluş Tarihi ve Faaliyet Kapsamı

YEKDEM 2011 yılında kurulması kararlaştırılarak “5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun” kapsamında faaliyetlerini yürütmektedir. “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Belgelendirilmesi ve Desteklenmesine İlişkin Yönetmelik” ile YEKDEM' in kuruluşu ve işleyişini düzenlemek amacıyla kamu tüzel kişilerinin görev ve yetkileri ile ilgili gerçek ve tüzel kişilerin hak ve sorumluluklarına ilişkin usul ve esasları belirlenmiştir.

11.1.2 YEKDEM'den Kimler Yararlanabilir?

YEKDEM'den enerji üretim tesisleri yararlanabilmektedir. Bu üretim tesislerinin neler olduğu ise, 5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun (YEK Kanunu)'da rüzgâr, güneş, jeotermal, biyokütle, biyokütleden elde edilen gaz (çöp gazı dahil), dalga, akıntı enerjisi ve gel-git ile kanal veya nehir tipi veya rezervuar alanı on beş kilometrekarenin altında olan hidroelektrik üretim tesisi kurulmasına uygun elektrik enerjisi üretim kaynakları olarak sıralanmıştır.

11.2 YEKDEM'de Yer Alan YEK Belgesi'ni Alabilmek İçin Koşullar

YEK belgesi, lisansı kapsamındaki yenilenebilir enerji kaynağından üretilebilir elektrik enerjisinin ulusal ve/veya uluslararası piyasalarda satışında kaynak türünün belirlenmesi ve takibi, lisansı kapsamındaki üretim tesisinde bu yönetmelik kapsamındaki yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektrik enerjisi için YEKDEM kapsamındaki uygulamalardan yararlanılması, yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesisinde üretilen elektrik enerjisinin emisyon ticareti kapsamındaki piyasalarda satışında kaynak türünün belirlenmesi ve takibi için kullanılması amacıyla verilecektir.

11.3 YEKDEM Açısından Önemli Tarihler

30 Ocak 2021 tarihinde çıkan YEKDEM yönetmeliğinin uygulanabileceği tarihler henüz netleşmediği için eski uygulanan tarihler aşağıdaki gibi uygulanacağı düşünülmektedir.

1 Ağustos: Yerli aksam kullanan tesisler için ilgili yönetmelik kapsamında yer alan belgelerin Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğüne sunulması için son tarih.

31 Ekim: Bir sonraki takvim yılı için YEKDEM'den faydalanmak isteyen üretim lisansı sahipleri için başvuru evraklarını Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu (EPDK)'na sunulması ve bir sonraki takvim yılı için 31 Ekim tarihi öncesinde YEKDEM'e kayıt başvurusunda bulunmuş, ancak ilgili başvurusundan vazgeçmek isteyen üretim lisansı sahipleri için başvurunun geri çekilmesi için son başvuru tarihi.

Kasım Ayının İlk On Günü: 31 Ekim tarihine kadar tam ve eksiksiz olarak tamamlanan başvuruların ön YEK listesinde EPDK internet sayfasından duyurulması.

Ön YEK Listesi'nin Yayınlanmasını Takiben Beş Gün: İlan edilen ön YEK listesindeki başvurulara ve/veya bilgilere; üçüncü şahıslar tarafından sadece kişisel hak ihlali nedeniyle ve ilgili üretim lisansı sahipleri tarafından ilana konu bilgilerin düzeltilmesi amacıyla, EPDK'ya yazılı olarak başvuruda bulunulması için tarih aralığı.

30 Kasım: Nihai YEK Listesinin EPDK internet sayfasında duyurulması.

1 Ocak-31 Aralık: YEKDEM Takvim Yılı. 30 Kasım'da yayınlanan Nihai YEK Listesi'nde yer alan üretim lisansı sahipleri takvim yılı boyunca YEKDEM'de yer almak zorundadır.

11.4 YEKDEM'de Yer Alan Tesisler İçin Uygulanacak Fiyatlar

YEKDEM'de yer alan tesislere uygulanacak fiyatlar 30.01.2021 tarihinde çıkan yönetmelik kapsamında fiyat tarifesinde değişiklik yapılmış olup dolar cinsinden TL'ye dönüş yapılmıştır. Uygulanacak tarife 01.07.2021 tarihinden itibaren 31.12.2025 tarihine kadar işletmeye girecek YEK belgeli Yenilenebilir Enerji Kaynaklarına Dayalı elektrik üretim tesisleri için **Tablo 11.1'**de yer alan listeye göre fiyat tarifi uygulanacak ve **Tablo 11.2'**de yer alan yöntemeye göre ise **Tablo 11.1'**de yer alan fiyatların üçer aylık dönemler halinde fiyat güncellemesi yapılacaktır.

Yenilenebilir Enerji Kaynağına Dayalı Üretim Tesis Tipi		YEK Destekleme Mekanizması Fiyatı (Türk lirası kuruş/kWh)	YEK Destekleme Mekanizması Fiyatı Uygulama Süresi (yıl)	Yerli Katkı Fiyatı (Türk lirası kuruş/kWh)	Yerli Katkı Fiyatı Uygulama Süresi (yıl)	
a.	Hidroelektrik Üretim Tesis	40,00	10	8,00	5	
b.	Rüzgâr Enerjisine Dayalı Üretim Tesis	32,00	10	8,00	5	
c.	Jeotermal Enerjisine Dayalı Üretim Tesis	54,00	10	8,00	5	
d.	Biyokütleyle dayalı üretim tesisi	Çöp Gazı / Atık lastiklerin işlenmesi sonucu ortaya çıkan yan ürünlerden elde edilen kaynaklar	32,00	10	8,00	5
		Biyometanizasyon	54,00	10	8,00	5
		Termal Bertaraf (Belediye atıkları, bitkisel yağ atıkları, gıda ve yem değeri olmayan tarımsal atıklar, endüstriyel odun dışındaki orman ürünleri, sanayi atık çamurları ile arıtma çamurları)	50,00	10	8,00	5
e.	Güneş Enerjisine Dayalı Üretim Tesis	32,00	10	8,00	5	

Tablo 11.1 YEK Fiyat Listesi

Lisanslı üretim tesisinde yerli aksam kullanılması ve ilgili yerli aksamın “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarından Elektrik Enerjisi Üreten Tesislerde Kullanılan Yerli Aksamın Desteklenmesi Hakkında Yönetmelik” hükümleri ve diğer ilgili mevzuat kapsamında belgelenmesi halinde ise bu fiyatlara yine YEK Kanunu **Tablo 11.1**’de sayılı cetvelinde yer alan fiyatlardan **beş yıl** süreyle ilave edilir.

YEK Destekleme Fiyatlarının Güncellenmesi Formülü:

$$YEKDEM_{GD} = YEKDEM_{\text{öGD}} \times \left[\left(\frac{26}{100} \times \frac{\dot{U}FE_{A-2}}{\dot{U}FE_{A-5}} \right) + \left(\frac{26}{100} \times \frac{T\dot{U}\square E_{A-2}}{T\dot{U}FE_{A-5}} \right) + \left(\frac{24}{100} \times \frac{KUR_{D-A}}{KUR_{D-B}} \right) + \left(\frac{24}{100} \times \frac{KUR_{E-A}}{KUR_{E-B}} \right) \right]$$

$YEKDEM_{GD}^{\text{§}}$: 3 (üç) aylık dönem için hesaplanan YEK Destekleme Mekanizması Fiyatı (TL/kWh)

$YEKDEM_{\text{öGD}}^{\text{§§}}$: Bir önceki 3 aylık dönem için hesaplanan YEK Destekleme Mekanizması Fiyatı (TL/kWh)

$\dot{U}FE_{A-2}$: Güncel YEK Destekleme Mekanizması fiyatının geçerli olacağı 3 aylık dönemin ilk ayından önceki ikinci aya ait yurt içi üretici fiyat endeksi

$\dot{U}FE_{A-5}$: Güncel YEK Destekleme Mekanizması fiyatının geçerli olacağı 3 aylık dönemin ilk ayından önceki beşinci aya ait yurt içi üretici fiyat endeksi

$TÜFE_{A-2}$: Güncel YEK Destekleme Mekanizması fiyatının geçerli olacağı 3 aylık dönemin ilk ayından önceki ikinci aya ait tüketici fiyat endeksi

$TÜFE_{A-5}$: Güncel YEK Destekleme Mekanizması fiyatının geçerli olacağı 3 aylık dönemin ilk ayından önceki beşinci aya ait tüketici fiyat endeksi

KUR_{D-A} : Güncel YEK Destekleme Mekanizması fiyatının geçerli olacağı 3 aylık dönemin ilk ayından önceki ikinci, üçüncü ve dördüncü aylarında Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası tarafından yayımlanan günlük ABD doları alış kurlarının ortalaması

KUR_{D-B} : Güncel YEK Destekleme Mekanizması fiyatının geçerli olacağı 3 aylık dönemin ilk ayından önceki beşinci, altıncı ve yedinci aylarında Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası tarafından yayımlanan günlük ABD doları alış kurlarının ortalaması

KUR_{E-A} : Güncel YEK Destekleme Mekanizması fiyatının geçerli olacağı 3 aylık dönemin ilk ayından önceki ikinci, üçüncü ve dördüncü aylarında Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası tarafından yayımlanan günlük Euro alış kurlarının ortalaması

KUR_{E-B} : Güncel YEK Destekleme Mekanizması fiyatının geçerli olacağı 3 aylık dönemin ilk ayından önceki beşinci, altıncı ve yedinci aylarında Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası tarafından yayımlanan günlük Euro alış kurlarının ortalaması

Yerli Katkı Fiyatlarının Güncellenmesi Formülü:

$$YKF_{GD} = YKF_{\text{öGD}} \times \left[\left(\frac{26}{100} \times \frac{ÜFE_{A-2}}{FE_{A-2}} \right) + \left(\frac{26}{100} \times \frac{TÜFE_{A-2}}{T FE_{A-2}} \right) + \left(\frac{24}{100} \times \frac{KUR_{D-A}}{KUR_{D-B}} \right) + \left(\frac{24}{100} \times \frac{KUR_{E-A}}{KUR_{E-B}} \right) \right]$$

YKF_{GD} : 3 (üç) aylık dönem için hesaplanan Yerli Katkı Fiyatı (TL/kWh)

$YKF_{\text{öGD}}$: Bir önceki 3 aylık dönem için hesaplanan Yerli Katkı Fiyatı (TL/kWh)

$ÜFE_{A-2}$: Güncel Yerli Katkı fiyatının geçerli olacağı 3 aylık dönemin ilk ayından önceki ikinci aya ait yurt içi üretici fiyat endeksi

$ÜFE_{A-5}$: Güncel Yerli Katkı fiyatının geçerli olacağı 3 aylık dönemin ilk ayından önceki beşinci aya ait yurt içi üretici fiyat endeksi

$TÜFE_{A-2}$: Güncel Yerli Katkı fiyatının geçerli olacağı 3 aylık dönemin ilk ayından önceki ikinci aya ait tüketici fiyat endeksi

$TÜFE_{A-5}$: Güncel Yerli Katkı fiyatının geçerli olacağı 3 aylık dönemin ilk ayından önceki beşinci aya ait tüketici fiyat endeksi

KUR_{D-A} : Güncel Yerli Katkı fiyatının geçerli olacağı 3 aylık dönemin ilk ayından önceki ikinci, üçüncü ve dördüncü aylarında Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası tarafından yayımlanan günlük ABD doları alış kurlarının ortalaması

KUR_{D-B} : Güncel Yerli Katkı fiyatının geçerli olacağı 3 aylık dönemin ilk ayından önceki beşinci,

altıncı ve yedinci aylarında Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası tarafından yayımlanan günlük ABD doları alış kurlarının ortalaması

KUR_{E-A} : Güncel Yerli Katkı fiyatının geçerli olacağı 3 aylık dönemin ilk ayından önceki ikinci, üçüncü ve dördüncü aylarında Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası tarafından yayımlanan günlük Euro alış kurlarının ortalaması

KUR_{E-B} : Güncel Yerli Katkı fiyatının geçerli olacağı 3 aylık dönemin ilk ayından önceki beşinci, altıncı ve yedinci aylarında Türkiye Cumhuriyet Merkez Bankası tarafından yayımlanan günlük Euro alış kurlarının ortalaması

Yenilenebilir Enerji Kaynağına Dayalı Üretim Tesis Tipi		Güncellemeye Esas Üst Sınır (ABD Doları-cent /kWh)	
a.	Hidroelektrik Üretim Tesis	6,40	
b.	Rüzgâr Enerjisine Dayalı Üretim Tesis	5,10	
c.	Jeotermal Enerjisine Dayalı Üretim Tesis	8,60	
d.	Biyokütleyle dayalı üretim tesisi	Çöp Gazı / Atık lastiklerin işlenmesi sonucu ortaya çıkan yan ürünlerden elde edilen kaynaklar	5,10
		Biyometanizasyon	8,60
		Termal Bertaraf (Belediye atıkları, bitkisel yağ atıkları, gıda ve yem değeri olmayan tarımsal atıklar, endüstriyel odun dışındaki orman ürünleri, sanayi atık çamurları ile arıtma çamurları)	8,00
e.	Güneş Enerjisine Dayalı Üretim Tesis	5,10	

Tablo 11.2 YEK Güncellemeye Esas Üst Sınır Listesi



BÖLÜM 12

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAK ALANLARI

BÖLÜM 12

YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAK ALANLARI

12.1 YEKA (YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAK ALANLARI) NEDİR?

Yönetmelikteki tanımına göre YEKA, “kamu ve hazine taşınmazları ile özel mülkiyete konu taşınmazlar üzerinde kurulacak büyük ölçekli kaynak alanları”dır. Başka bir deyişle kamuya ait büyük arazilerin, yenilenebilir enerji santralleri ile değerlendirilmek üzere tahsisidir. Milli Enerji ve Maden Politikamız çerçevesinde 'Daha Çok Yerli ve Daha Çok Yenilenebilir' yaklaşımı kapsamında büyük ölçekli yenilenebilir enerji kaynak alanları (YEKA) oluşturularak yenilenebilir enerji kaynaklarımızın etkin ve verimli kullanılması, bu alanların yatırımcılara tahsisıyla yatırımların hızlı bir şekilde gerçekleştirilmesi, yenilenebilir enerji kaynaklarımıza dayalı elektrik enerjisi üretim tesislerinde kullanılan ileri teknoloji içeren aksamın yurt içinde üretilmesi ya da yurt içinden temin edilmesinin sağlanması ve teknoloji transferinin teminine katkılar elde edilebilmesi hususları benimsenmiştir.

12.2 YEKA Yarışması

YEKA kullanım hakkı yarışmasının, başvuru tarihinin ve alım tavan fiyatının Resmî Gazete’de İlan Edilmesi, YEKA kullanım hakkı yarışma ilanı, Resmî Gazete’de ve Genel Müdürlük internet adresinde yayımlanır. İlanda asgari olarak aşağıdaki bilgilere yer verilir:

- Bağlantı kapasitesi
- Başvuru yapacaklarda aranacak şartlar
- Teminat mektubu, tutarı ve süresi
- Başvuru yeri, tarihi ve zamanı
- Şartnamenin temin edileceği yer ve tutarı
- Elektrik enerjisi alım tavan fiyatı ve alım süresi
- Bakanlık tarafından gerekli görülen diğer bilgiler

Geçerli başvuru sahipleri arasında yarışma yapılması, (Alım tavan fiyatından açık eksiltme yapmak suretiyle en avantajlı fiyat teklifini sunanla sözleşmenin imzalanması) açık eksiltme; en yüksek mali teklif sahiplerinden başlayarak, teklif edilmiş en düşük mali teklifin altına inilmesi şartıyla yeni fiyat teklifinin istenmesi suretiyle yürütülür. Mali tekliflerin eşit olması durumunda açık eksiltmeye hangi başvuru sahibinden başlanacağı hususunu komisyon belirler. Yeni fiyat teklifleri, teklif edilmiş olan bir önceki en düşük fiyat teklifinden az olmalıdır. Teklif sahiplerinin tüm teklifleri ve son teklifleri komisyon tarafından düzenlenen açık eksiltme tutanağına kaydedilerek teklif sahiplerine imzalatılır.

12.3 YEKA Uygulama Esasları

Yenilenebilir enerji kaynak alanlarının belirlenmesinde aşağıdaki esaslar uygulanır. YEKA’ların belirlenmesine ilişkin teknik ve idari çalışmalar Genel Müdürlük tarafından yürütülür. YEKA belirleme çalışması kamu ve hazine taşınmazları ile özel mülkiyete konu taşınmazlarda yapılır. Herhangi bir alanın YEKA olarak değerlendirilmesi için öncelikle o alanın halihazır durumu tespit edilir. Bakanlık, kaynak türü, kaynak potansiyeli ve birim elektrik üretim maliyetlerine göre yenilenebilir enerji kaynak alanlarını derecelendirir. YEKA Kullanım Hakkı Sözleşmesi kapsamındaki YEKA’larda elektrik enerjisi üretim faaliyetinde bulunulabilmesi için önlisans ve üretim lisansı alınması zorunludur.

YEKA'lar için elektrik enerjisi üretim tesisinin inşaat süresi ve her yıl işletmeye alınacak tesis kapasitesi, sunulan ve Genel Müdürlük tarafından kabul edilen iş programında belirtilir. YEKA ihalelerinde yapılması zorunlu olan yerlilik oranı belirtilir. İhaleyi kazananlara 30 yıl lisans ve ihale süreci sonunda çıkan fiyat üzerinden 15 yıl satın alım garantisi verilir.

Yapılmış Olan Yeka Yarışmaları

- Karapınar YEKA-1 GES: YÜKT Modeli
- YEKA RES-1: YÜKT Modeli
- YEKA RES-2: YMKT Modeli

Yapılacak Olan Yeka Yarışması

- YEKA GES-3: YMKT

İlk YEKA ihaleleri 2017 yılında gerçekleşmiştir. Rüzgâr ve güneş enerjisi için her biri 1.000 megawatt (MW) kurulu güce sahip iki ihaleyi, ulusal ve uluslararası ortaklardan oluşan iki ayrı konsorsiyum kazanmıştır. İhalelerde onshore rüzgâr YEKA ihalesinde kilowatt saat başına (kWh) 3,48 sent (US\$ ct/kWh) ve güneş enerjisi YEKA ihalesinde, 6,99 US\$ ct/kWh nihai fiyat belirlenmiştir.

12.4 2020 Mini YEKA İhalesi (Ertelenen)

Mini YEKA, Yenilenebilir Enerji Kaynak alanları yönetmeliğine göre 36 adet ilde her biri 10-15-20 MW GES bağlantı izni verilecek şekilde ihaleler yapılacaktır. İhaleler Ekim 2020'de yapılmaktadır. İhale esnasında "Açık Eksiltme" usulü verilecek tekliflerden en düşük son 3 teklifin geçici teminatları alı konulmaktadır. En düşük teklif veren ve ihaleyi alan firma gerekli yükümlülükleri sağlamazsa sırasıyla diğer 2 firmaya ihale verilecektir. İhaleyi alan firma teminat mektubunu sunarak 45 gün içerisinde arazisini bulma yükümlülüğüne sahiptir.

İhale Detayları

- 1) Türkiye'nin çeşitli illerinde 10 ile 50 MW arasında kapasiteler verilerek toplamda 1000 MW'lık kapasite dağıtılacaktır.
- 2) Her bir yarışma 10-15-20 MW olacak şekilde 74 adet yarışma yapılacaktır.
- 3) Her bir yarışma için 1 yıl süreli 10 MW için 3.500.000 TL, 15 MW için 5.250.000 TL, 20 MW için 7.000.000 TL teminat verilecektir. Firmanın yarışmayı kazanması durumunda ise 10 yıl süreli 10 MW için 7.000.000 TL teminat verilecektir.
- 4) Yarışma kilovatsaat başına elektrik enerjisi alım tavan fiyatı üzerinden açık eksiltme usulüne göre yapılacaktır. En düşük ve son teklife ulaşan firma ihaleyi kazanacaktır.
- 5) Projenin ön lisans süresi 22 aydır.
- 6) Devletin alım garantisi açık eksiltme teklifindeki rakam için 15 yıldır. Projenin lisans süresi ise 30 yıldır.
- 7) İhale taban fiyatı 30 kuruş olarak başlayacaktır.
- 8) Sistem kullanım bedeli Devletin Lisanslı santraller için belirlediği rakamdır.
- 9) İnşaat yapım süresi 22 aydır.



BÖLÜM 13
DENİZÜSTÜ (OFFSHORE) RES

BÖLÜM 13

DENİZÜSTÜ (OFFSHORE) RES

Denizüstü rüzgâr türbini (DRT) çiftliklerinin ilki 1991’de Danimarka’nın Vindeby kasabasında kıyıdan 2 km uzaklıkta ve 4 metre su derinliğinde (11 adet, rotor çapı 35 metre olan her biri 450 kW rüzgâr türbini) yapılmış ve bu tarihten itibaren de bu sektör özellikle Danimarka, Almanya, Birleşik Krallık, Hollanda gibi Avrupa ülkelerinde, özellikle Kuzey Denizi’ne yerleştirilen çiftlikler ile giderek büyümüştür. Bu büyümenin başlıca sebebi açık denizlerde tutarlı/devamlılık gösteren ve yüksek rüzgâr hızı potansiyelinin karaya göre daha fazla olmasıdır. Kara (**onshore**) RES ile denizüstü (**offshore**) DRES arasındaki en önemli farkları anlamak gerekmektedir. Bu farklar:

- Denizüstünde daha kararlı ve yüksek rüzgâr hızlarının bulunması sebebiyle daha fazla enerji üretimi,
- Denizüstü RES’lerde montaj ve inşaat işlerinin daha yüksek meblağlara yapılması,
- Ulaşım ve denizüstü olması nedeni ile bakım maliyetinin yüksekliği,
- Denizüstü RES projelerinde finansman olanaklarının zorluğu,
- Denizüstü RES’lerin işletmesinin karaüstü RES’lerden daha zor olması sayılabilir.

13.1 DRES’lerin Kurulum Aşamaları

Denizüstü RES yapımındaki aşamaları genel olarak üç grup halinde toparlamamız mümkündür. Bunlar şöyle sıralanabilir:

- Proje Aşamasında:
 - Rüzgâr potansiyeli ve bu potansiyelin belirlenmesi için denizüstü ölçüm istasyonları
 - Deniz derinliği ve deniz tabanı yapısı
 - Kıyıya uzaklık
 - Elektrik iletimi ve karadaki enterkonnekte sisteme bağlantı koşulları
 - Denizüstü ve altı doğal koruma alanları ve canlılar
 - Askeri kullanım
 - Sivil havacılık
 - Balıkçılık
 - Deniz trafiği
 - Boru hatları ve kablolar
 - Yerel yetkililerden çeşitli izinlerin alınması
 - Finansal planlama
- Tedarik ve Yapım Aşamasında;
 - Rüzgâr türbinleri seçimi ve montajı
 - Temel seçimi
 - Sualtı kablo döşenmesi
 - Denizüstü trafo merkezi
 - Deniz yapı elemanları
 - Malzemelerin belirlenen bölgeye taşınması ve montajı için gerekli ekip ve ekipmanlar
- İşletme ve Bakım Aşaması

13.2 MICROSITING

Bir açık deniz rüzgâr çiftliği projesini başlatmak için, ilk olarak rüzgâr çiftliği inşaat alanı tanımlanmalıdır. Buna rüzgâr çiftliği makro-yerleşim adı verilir. Bu aşamada, kıyıya olan mesafe, askeri yasak alan gibi kısıtlama alanı, balıkçılık çiftliği, doğal rezerv alanı, ana kanalı ve rüzgâr kaynağı dağılımı dikkate alınan temel konulardır. Kıyıya yakın ve sık suya sahip alanlar tercih edilmelidir. Ardından, ölçülen rüzgâr hızına bağlı olarak rüzgâr türbinleri optimize edilmiş bir şekilde konumlandırılacaktır. Türbinlerin mikro konumlandırma optimizasyonunun kritik bir parçası olduğundan, başka bir terim olan WFLOP, çözümün optimalliğini sağlamak oldukça zor hale gelir. WFLOP'un temel unsurları şu şekilde özetlenebilir:

- **Izgara Modeli:** Tüm alan ızgaralara ayrılır ve her bir ızgaranın merkezi, rüzgâr türbininin potansiyel konumunu temsil eder.
- **Koordinat Modeli:** Türbinler X ve Y koordinatlarında verilir.
- **Amaç İşlevi:** Sermaye maliyetini, işletim ve bakım (O&M) maliyetini ve yıllık enerji üretimini en aza indirmek veya enerji üretimini, uyanıklık kayıplarını dikkate alarak maksimize etmektir.
- Daha uzun bir türbin ömrü sağlamak için, her bir türbin çifti arasındaki minimum mesafe dikkate alınmalıdır.
- **Metodoloji:** Matematiksel programlama yöntemleri kullanılır.

13.3 Deniz Üstü Rüzgâr Hızı Ölçümü Ve Rüzgâr Potansiyeli

Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü'nün Denizcilik Meteorolojisi biriminin deniz taşımacılığı, rüzgâr rejimleri, akıntı sistemleri ve fırtınaların oluşumları hakkında sistematik bilgi ihtiyacını karşılamak ve gemi güvertelerinde gönüllü gemilerce yapılan gözlemlerin belirli bir esasa dayanarak temin edilecek veya Avrupa Orta Ölçekte Rüzgâr Tahmini Merkezinin (European Centre for Medium- Range Weather Forecasts) çeşitli ölçüm sonuçlarını bir araya getirerek matematiksel modelleme ile çıkarılan günlük haritalardaki verilere istinaden ilgili bölgedeki rüzgâr gücü tahmini yapılabilir. Fakat bu değerlerin hiçbiri, DRES santralinde kullanılması planlanan deniz üstü rüzgâr türbin yüksekliğinde deniz üstünde kurulacak bir ölçüm istasyonundaki veriler kadar kesin bir sonuç elde edemez. Bu nedenle, santral kurulacak alanın özelliğine istinaden, bir deniz üstü ölçüm platform veya ölçüm direği kurulur. Ölçüm platformları santral için gerekli olan rüzgâr hızı, rüzgâr yönü, yoğunluk, basınç, sıcaklık gibi ana bileşenlerin yanında denizaltı ekolojisi gibi bilimsel çalışmalara, veri toplamak gibi daha kapsamlı donanımlara sahiptir.

Denizüstünde rüzgâr hızlarının karaya göre çok daha kuvvetli olması ve dalga, denizaltı su akıntıları gibi nedenlerle rüzgâr ölçüm sistemlerindeki yorulma (fatigue) karasal ölçüm sistemlerine göre çok fazladır. Denizüstünde kullanılan meteorolojik sensörler, karaüstünde kullanılanlara göre bazı farklılıklar gösterir. Bu farklılıklar aşağıda belirtilmiştir:

- Isıtmalı Sensör Kullanımı
- Sonik Sensörler Kullanımı
- Korozyona, Neme ve Deniz Tuzuna Karşı Daha Dayanıklı Sensörler olması gerekmektedir.

Bu amaçla World Meteorological Organization sınıflandırmasına göre Secondary Standard meteorolojik sensörler kullanılmaktadır.

Deniz Üstü Rüzgâr Ölçümleri

- Klasik ölçüm direği
- Platform üstü LİDAR/SODAR
- Yüzen LİDAR
- Uydudan Ölçüm

13.3.1 Klasik Ölçüm Direği

Halen standartlarca tavsiye edilmektedir. Ölçüm 10 metre ve %80 göbek yüksekliği arasında olmalıdır. Her 20 metrede bir rüzgâr hızı ölçülmelidir. Her 40 metrede bir ise rüzgâr yönü ölçülmelidir. T/RH ve P direk boyunca en az 3 noktada ölçülmelidir. Klasik ölçüm direğinde karşılaşılan bazı problemler vardır. Platform yüzeyi alt kademedeki ölçüm cihazlarını olumsuz etkilemektedir. Aynı zamanda türbin yüksekliğinde kurulum fazla maliyetlidir.



Şekil 13.1 Klasik Ölçüm Direği

13.3.2 Platform Üstü LİDAR/SODAR Ölçümleri

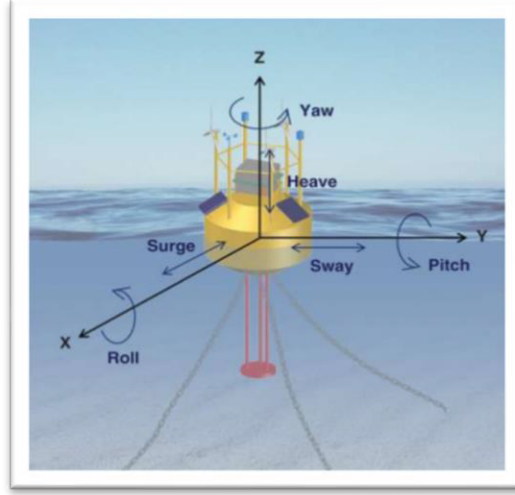
Türbin yüksekliğinde ve tavan yükseklikte ölçüm imkânı bulunmaktadır. Her kademede türbülans hesaplanabilir. Direk maliyetinin yaklaşık 10 katı kurulum/kullanım maliyeti vardır ve tüm artı yönlerine karşılık hala normal ölçüm direğinin problemlerini yaşamaktadır.



Şekil 13.2 Platform Üstü Lidar

13.3.3 Yüzen LİDAR

Platform maliyeti ve platform etkisi yoktur. Dalgalanmalara karşı veri düzeltmesi gerekmektedir. Türkiye için ideal bir ölçüm yöntemidir.



Şekil 13.3 Yüzen Lidar

13.3.4 Uydudan Rüzgâr Ölçümü

Dalgarın görüntüsünden yola çıkarak 10 a.s.l. rüzgâr hız ve yön ölçümü yapılmaktadır. Verilerin modellemelerle 300 metreye kadar taşınabilmesi mümkündür. Direğin konumu ve tarlanın sınırlarını belirlemek için ideal bir ölçüm yöntemidir.

13.4 Denizüstü Rüzgâr Özellikleri

Avrupa ülkelerinin DRES'e geçmelerinde, karadaki rüzgâr için verimli yerlerin azlığı, rüzgârın verimli olduğu yerlerde ise bu bölgelere ulaşım, bakım ve onarım zorlukları gibi sebepler etkili olmuştur. Bunların yanı sıra, deniz üstünde rüzgâr hızının karaya oranla daha yüksek olmasından ötürü DRES'de daha fazla enerji elde ediliyor olması da DRES'in tercih edilmesinde çok büyük bir öneme sahiptir.

Deniz üzerinde esen rüzgârın kendine has bazı özellikleri bulunmaktadır. En önemli özelliği, deniz üstünde rüzgâr hızının, kara üzerindekiinden daha yüksek olmasıdır. Yapılan araştırmaların sonucunda deniz üstü rüzgâr hızının en yakın kara parçasından %20-25 civarında daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Buna ek olarak deniz üzerindeki yüzey pürüzlülüğünün kara üzerindekiinden daha düşük olmasından dolayı, rüzgâr akışının türbülans yoğunluğu da düşüktür. Türbülansın düşük olması da rüzgâr enerji santrallerindeki yorulmanın daha düşük olması anlamına gelir.

13.5 Denizüstü Rüzgâr Enerji Santralleri

Açık deniz rüzgâr türbinleri (offshore), kara rüzgâr türbinleri (onshore) ile oldukça benzer teknolojiye sahiptirler. En büyük farkları açık deniz türbinleri daha fazla enerji yakalar.

Açık deniz rüzgâr türbinlerinde kullanılan aktarma parçaları (drive-trains) kara rüzgâr türbinleri ile aynıdır, bazıları dişli kutuları ve yüksek hızlı jeneratörler kullanırken, diğerleri türbin rotoru ve jeneratör arasında direk aktarım (direct drive) kullanır. Açık deniz rüzgâr türbini kuleleri genellikle çelik boru profillerden inşa edilir. Ayrıca açık deniz rüzgâr türbinlerinin temelleri, karada kullanılanlardan önemli ölçüde farklıdır.

Açık deniz rüzgâr ortalama hızı ve potansiyeli karaya göre çok daha yüksektir. Ayrıca açık denizde pürüzlülük (rüzgârı engelleyebilecek herhangi yapı yükselti veya eğretili) ve alan sıkıntısı olmadığından elde edilen kapasite faktörü çok daha yüksektir. Açık denizde tuzlu suyun aşındırıcı özelliği, rüzgâr hızlarının çok daha yüksek olması karaya kıyasla daha zordur. Buna istinaden deniz suyunun aşındırıcı özelliğine karşı petrol ve gaz platformlarında kullanılan deniz teknolojileri açık deniz rüzgâr türbinlerinde de türbin ömrünü uzatmak amacıyla kullanılmaktadır.

13.5.1 Denizüstü Rüzgâr Türbini Özellikleri

Denizüstü ve karasal rüzgâr türbinleri arasında bazı teknik farklılıklar bulunmaktadır. Bu farklılıkların başında offshore sistemler denizin içine kurulmaktadır. Deniz deyince akla su ve tuz gelmektedir. Yüksek nem ve tuzlu çevre koşullarına bağlı olarak, rüzgâr türbin yüzeyinde korozyonlar meydana gelir. Offshore sistemlerin korozyondan korunabilmeleri için rüzgâr türbin yüzeylerinde etkin bir özel dış koruma kaplaması yer almaktadır.

Onshore rüzgâr türbinlerinin yerleşim yerlerine de yakın olarak kurulabileceği dikkate alınarak başta kanat tasarımı olmak üzere tüm sistem gürültüyü azaltacak şekilde tasarlanmaktadır. Offshore rüzgâr türbinlerinde ise tasarımın temel amacı gürültüden ziyade optimum aerodinamik verimin alınabilmesidir. Bu sebeple offshore rüzgâr türbinlerinin kanat hızları onshore sistemlere göre daha yüksektir. Kanat hızlarının artırılması aşağıda ifade edilen gereklilikleri de beraberinde getirmektedir.

- Kanat katılığı (solidity) azalması sonucu kanadın süpürdüğü alanın düşmesi ve dolayısıyla kanat boyunun kısalması
- Kanadın süpürdüğü alanının düşmesi sonucu rüzgâr türbini çalışırken kanat üzerine etkiyen kuvvetlerin azalması
- Dişli kutusu, ana yatak gibi mekanik aksamın küçülmesi (dişli kutulu sistemlerin kullanılması halinde geçerlidir)

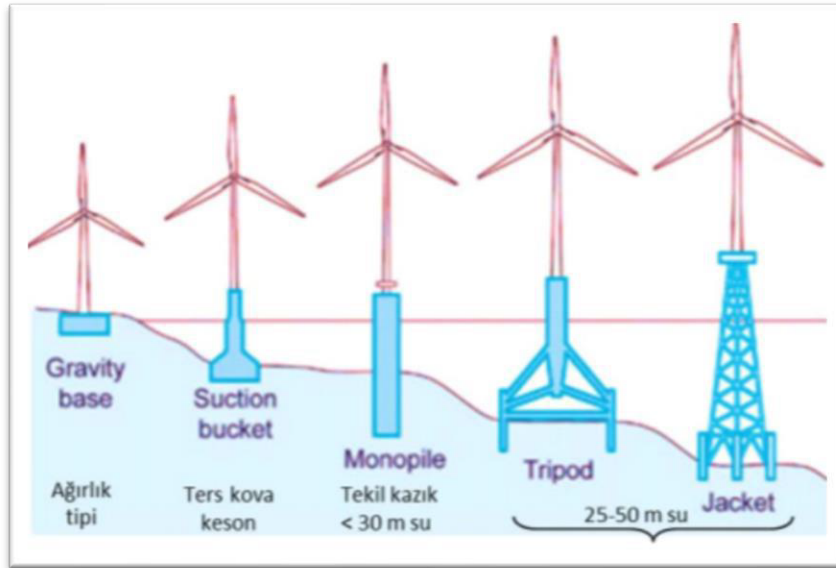
Dişli kutusunun kullanıldığı offshore rüzgâr türbinlerinin periyodik bakım işlemleri de onshore sistemlerden biraz farklıdır. Yağlama sisteminin servis süresi daha uzundur. Birçok yatak otomatik olarak yağlanmaktadır. Dişli kutusunda bulunan özel bir yağ filtreleme sistemi yağın kalitesinin uzun süre korunmasını sağlamaktadır.

Denizüstünde esen rüzgâr hızlarının yüksek ve türbülans yoğunluğunun az olması nedeniyle, rüzgârın bir engele çarptıktan sonra (türbin kanatları) düzelmesi için gerekecek mesafe karasal türbinlerden fazladır. Bu nedenidir ki, karasal türbin arası mesafe pervane çapının 3–5 katı olmakta iken, denizüstü türbinlerde 6–8 kanat çapı olmaktadır. Rüzgâr türbini seçimi ve onların saha içindeki yerlerine konuşlandırılması için profesyonel bir programa ve detaylı saha, rüzgâr, nem, basınç, sıcaklık verilerine ihtiyaç duyulmaktadır.

13.5.2 Kule ve Temel

ADRES'ler genellikle silindirik içi boş kuleden oluşmakta olup deniz seviyesinden yükseklikleri 105 metreye kadar ulaşmıştır. Çok az rastlansa da kafes tipi kuleler de kullanılmaktadır. Kuleler, geçiş elemanları kullanılarak temele monte edilir. Kulelerin monte edildiği temellerin tasarımlarını ve temel seçimlerini belirleyen çeşitli parametreler vardır. Bunlardan birincisi, denizüstü rüzgâr türbininin kurulu gücü, kule yüksekliği ve ağırlıkları, ikincisi temelin kurulacağı deniz tabanının yapısı ve son olarak da temelin yapılacağı yani santralin kurulacağı alandaki su derinliğidir.

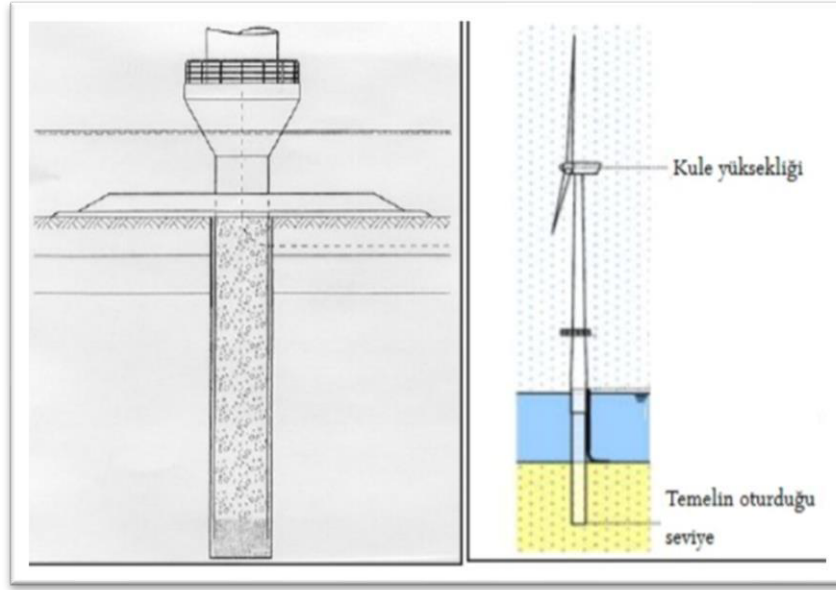
Denizüstü rüzgâr türbinleri için temel inşası; hidrodinamik, rüzgâr yüklemesi ve karmaşık dinamik davranışlarla başa çıkmak demektir. Dalga ve rüzgâr yüklerinin birleşik etkisini ortaya çıkarmak temel inşası için hayati öneme sahiptir. Ayrıca, çok büyük su derinliklerinde gereken yapım işleri, maliyetin önemli bir parçası ve tüm kurulumun titreşimsel karakteristiği üzerinde hayli fazla etkiye sahip olabilmektedir. Gerçekte günümüzde 4 ana tasarım göz önünde bulundurulur. Bunlar: Yerçekimi merkezli (**Gravity**), Tek kazık (**Monopile**), Üçayak (**Tripod**) ve Çeket (**Jacket**) temelleridir.



Şekil 13.4 Kule Tipleri

13.5.2.1 Monopil Temel

Monopil temeller düşük maliyeti, basitliği ve sığ sulara (20 metreden düşük) uygunluğu gibi nedenlerden ötürü ADRES projelerinde en çok kullanılan tasarımlardır. Monopil temel, 500 tona yaklaşan ağırlığı ve 5,1 metreyi bulan çapıyla diğer temel tasarımlarından daha kolay bir şekilde üretilir. Fakat derin sularda, dalgaların şiddetli olduğu ya da türbin boyutlarının büyük olduğu durumlarda tercih edilmezler.



Şekil 13.5 Monopil Temel

13.5.2.2 Yerçekimi Merkezli Temel

Denizüstü RT lerde en yaygın kullanılan temel tipidir. Adından da anlaşılacağı gibi betonun yerçekimi kuvveti üzerine durmaktadır. Bu tip temel hidrodinamik yüklere aşırı duyarlıdır. Hidrodinamik yüklerle kasıt ise, denizlerdeki dalgalardır. Dalganın yüksekliği ise denizin derinliğine bağlıdır. Bu tip temellerin su altında kalan kısımları konik olarak tasarlanmıştır. Sebebi ise buzlanmanın etkilerini azaltmaya çalışmaktır.



Şekil 13.6 Yerçekimi Merkezli Temel

13.5.2.3 Jacket Tipi Temel

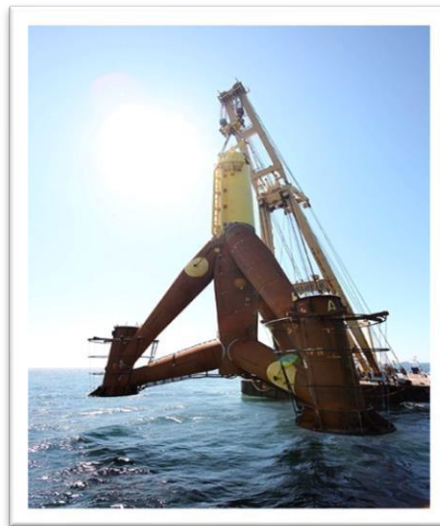
Jacket tipi temel aslında petrol ve gaz endüstrisinde kullanılan açık deniz uygulamalarında kullanılsa da ADRES uygulamalarında da kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzdeki örnekleri 4 yüzeyle olup, uzay kafes yapısından oluşur. Yüksek güçlü türbinleri (5 MW) destekleyebilme ve 40 metreden daha derin sularda çalıştırabilme özelliği bulunur. Monopil temelden daha geniş en kesiti olduğu için dalgadan ve akıntıdan gelen yüklerden oluşan momentlere karşı dayanıklıdır.



Şekil 13.7 Jacket Tipli Temel

13.5.2.4 Tripod Temel

Monopil temelden yola çıkılarak yapılan bu tasarımda temel, 3 ayaküstüne oturtulmuştur. Şekil 13.8’de görüldüğü gibi 3 ayaklı olmasından dolayı dalga ve akıntıdan kaynaklanan momentlere karşı çok dayanıklıdır.



Şekil 13.8 Tripod Temel

Bu zamana kadar yapılan projelerde daha çok monopil ve yerçekimi merkezli temeller kullanılsa da derinliğin çok olduğu ya da karmaşıklıkların bulunduğu bazı yeni projelerde tripod, jacket gibi çeşitli temeller kullanılmaya başlanmıştır.

13.5.3 Elektrik Sistemi ve Donatım

ADRES'lerden üretilen elektrik enerjisinin merkeze iletimi çeşitli aşamalardan oluşur. Rüzgârdan elde edilen enerji öncelikle elektrik enerjisine dönüştürülür. Dönüştürülen elektrik enerjisi toplanarak iletim kablolarıyla karaya ulaştırılır. Karaya ulaşan elektrik enerjisi ise buradan ana trafoya ulaştırılır. Rüzgâr çiftliklerinin karaya olan mesafeleri burada önemli bir öneme sahiptir. Mesafe arttıkça sistem ve donatım masrafları da aynı oranda artış göstermektedir.

13.5.4 Hücreler ve Transformatörler

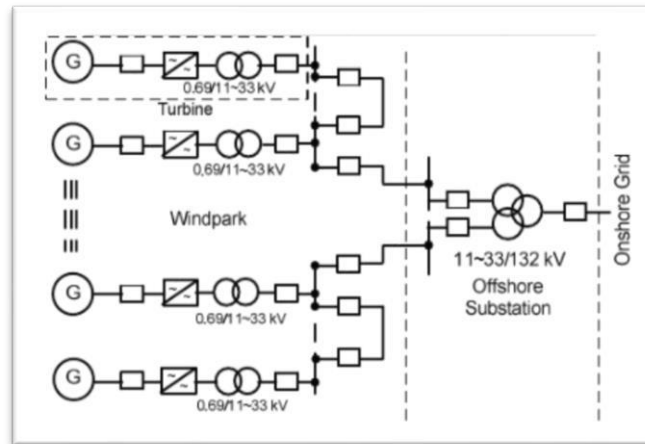
ADRES'ler için kullanılan dönüştürücüler karada kullanılanlardan farklılık gösterir. Karadakilerde olduğu gibi yerin üstüne konmaz. Kulenin üstüne ya da türbinin hemen altına konulur. Açık deniz rüzgâr türbinlerinde, güç genellikle 660 – 690V gibi düşük voltaj seviyelerinde üretilir. Elektrik güç kayıplarını azaltmak için, açık deniz rüzgâr türbininde naselin içine düşük frekanslı transformatör yerleştirilir. Bu transformatörler gerilimi 11 ~ 33 kV orta gerilim seviyelerine yükseltilir.

13.5.5 Toplama Sistemi

Toplama sisteminde sualtı iletken kablolar aracılığıyla transformatörlerden elektrik enerjisi toplanır. Her bir türbin birbirine bağlanarak deniz üstündeki trafoya gitmeden önce birleşir. Bu tasarımdaki amaç kablo maliyetini düşürmektir.

13.5.6 Deniz Üstü Trafo Merkezi

Toplama sisteminden gelen her bir kablo burada bir araya gelir; buradan petrol ve gaz platformuna benzer bir trafo merkezine gönderilir. Kurulacak olan DRES'nin kıyıya olan mesafesine göre trafo merkezi karaya veya denizüstüne yapılır. Deniz üstü trafoların boyutları projeye ve projenin enerji kapasitesine göre değişiklikler gösterir. Toplama sisteminden gelen orta gerilim değeri yüksek gerilim seviyelerine yükseltilir.



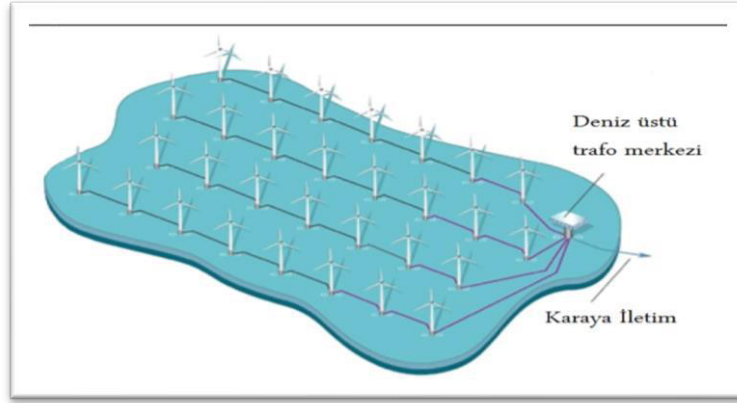
Şekil 13.9 Örnek Bağlantı Şeması

13.5.7 Karaya İletim

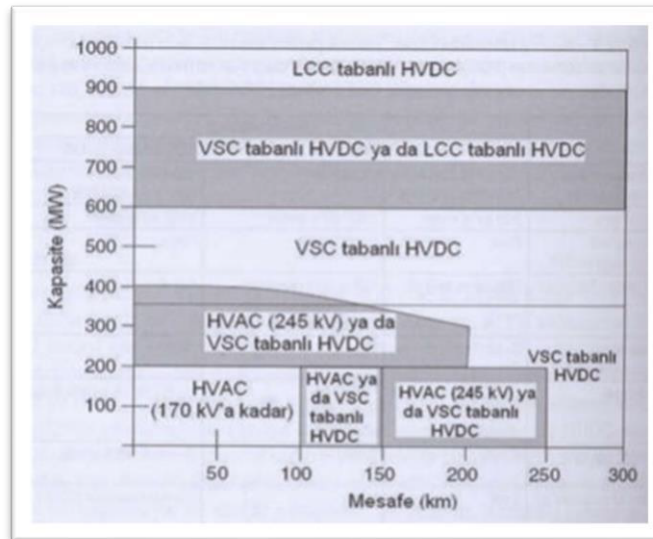
İletim kabloları karaya uygun voltajda ve güç oranında gelir. Kabloların boyutları projelerin kapasitelerine ve iletilecek gücün miktarına göre değişir. Karaya ulaşan elektrik gücü, uygun trafo merkezine gönderilir.

Denizüstü rüzgâr çiftliğinin karaya doğru olan güç iletiminin başlangıcı, her bir rüzgâr türbininin ürettiği gücün, türbin tabanında ya da yakınında yer alan bir orta gerilim yükseltici trafo yardımıyla optimum bir orta gerilim seviyesine sahip alternatif akım şebekesinde toplamaktır. Denizüstü rüzgâr çiftliklerinin karaya olan iletim bağlantıları için üç alternatif vardır.

HVAC (High Voltage Alternate Current = Yüksek Gerilim Alternatif Akım), LCC (Line Commuted Converter = Hat Anahtarmalı Konverter) tabanlı, HVDC (High Voltage Direct Current = Yüksek Gerilim Doğru Akım) veya VSC (Voltage Source Converter = Gerilim Kaynağı Konverteri) tabanlı, HVDC (High Voltage Direct Current = Yüksek Gerilim Doğru Akım) teknolojileridir. Birbirine göre dezavantaj ve avantajları olan bu iletim çeşitlerinin karşılaştırılması Şekil 13.11’de verilmiştir.



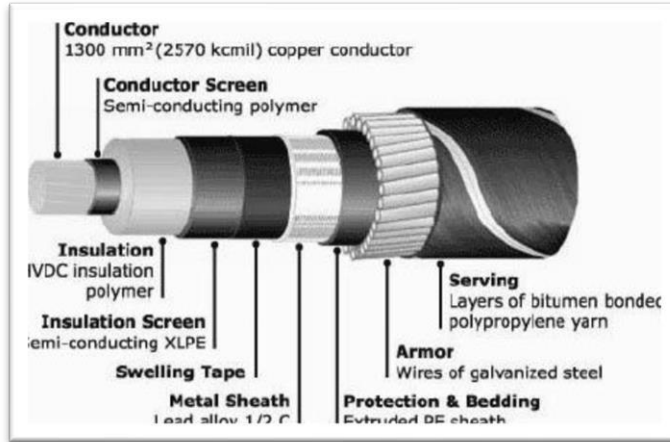
Şekil 13.10 Karaya İletim Bağlantısı



Şekil 13.11 Gerilime ve Mesafeye Bağlı Kullanılan Kablo Çeşitleri

13.5.8 Açık Deniz Rüzgâr Santrali Kablolamaları

Deniz altı iletimi için 3 tip kablo yalıtımı yaygın olarak kullanılmıştır. İzolasyon yapısı ve kalınlığı voltaja bağlı değişkenlik gösterse bile hem yüksek hem de orta gerilim de kullanılabilir. Düşük basınçlı yağ dolu (Low Pressure Oil Filled, LPOF), sıvı dolu (LPFF), sıvı emdirilmiş kâğıtla yalıtımlı kablolar, geçmişte ABD’de denizaltı alternatif akım iletimi için kullanılmıştır. Günümüzde zırhlandırılmış XLP kablolar bu kabloların yerini almaktadır. XLP kabloların dirençleri daha düşük, maliyetleri daha az, alternatif akım uygulamalarında kayıp daha az ve daha uzun üretilebildiği için tercih edilmektedir.



Şekil 13.12 Kablo

Su altı kablolarında deniz/okyanus tabanındaki yüzeylerin farklılıkları ve köpek bağı saldırıları gibi problemlerle karşılaşmaktadır. Bu nedenle kablolar yüzeyde bırakılmak yerine yerin 3 metre altına özel üretilmiş bir araçla gömülür.



Şekil 13.13 Kablo Döşeme

Kablolar bu işlem için özel tasarlanmış gemiler tarafından deniz yüzeyine bırakılır. Bazı engebeli arazilerde yüzeye yerleştirmede dalgıçlarda görev alır. Kablolar ağır ve yüksek basınçlı su altı şartlarına dayanıklı olacak şekilde tasarlanmıştır.

13.6 Montaj, Servis, Bakım

Açık deniz ortam personelinin kara ve türbinler arası gidip gelmesini gerektirir. Bu da ekipman, zaman ve artan riskle birlikte sigorta maliyetlerini artırır. Açık denizde çalışmak bakım ve kurulum zamanını etkileyen fırtınaları da beraberinde getirir, Bu da sonuç olarak yatırım ve işletim maliyetlerini artırır. Orta boyutta dalgalar (2 metre üzeri) kurulumu geciktirebilir ve bakım ekiplerinin türbinlere ulaşımını aksatabilir. Bütün bunlar türbinin emre amadeliğini negatif olarak etkilemektedir. Emre amadelikle başa çıkmanın bir yolu ise türbin bileşenlerinin güvenilirliğinin yüksek olarak imal edilmesidir. Bu sayede bakım ve tamirat için türbinlere ulaşım ihtiyacı azalacaktır. Elbette güvenilirliği yüksek ürün üretmek için belirli bir Ar-Ge çalışması, Ar-Ge çalışması için de zaman ve yatırım gereklidir. Açık deniz rüzgâr projelerinin yatırım harcamalarından biri de kurulum ve bakım için kullanılan şileplerin fiyatlarına bağlıdır ve günlük kiralar değişkendir. Açık deniz rüzgâr tarlalarının hızla artması ilerleyen yıllarda şilep sıkıntısına yol açabilir. Bakım masraflarını açık denizde uygulamak onshore'a göre başlıca yüksek vinç şilep fiyatları ve kötü havalardaki bekleme süreleri nedeniyle 5-10 kat daha pahalıdır.



BÖLÜM 14
HİBRİT ELEKTRİK ÜRETİMİ

BÖLÜM 14

HİBRİT ELEKTRİK ÜRETİMİ

14.1 Hibrit Sistemler Nelerdir?

Birden çok kaynaklı elektrik üretim tesisi; birleşik elektrik üretim tesisi, birleşik yenilenebilir elektrik üretim tesisi, destekleyici kaynaklı elektrik üretim tesisi ya da birlikte yakmalı elektrik üretim tesisi modellerinden biri şeklinde kurulabilecek. Ön lisans ve lisans başvurusunda birden çok ve farklı enerji kaynağından biri “**ana kaynak**” olarak belirlenecek ve diğer kaynak ya da kaynaklar da “**yardımcı kaynağı**” oluşturacak.

Örneğin ana kaynağın rüzgâr olduğu bir santralde güneş yardımcı kaynak olarak kullanılarak elektrik enerjisi üretilebilecek.

14.1.1 Hibrit sistemler sayesinde ne gibi faydalar sağlanacak?

- Tahsis edilmiş kapasiteyi verimli bir şekilde kullanmak,
- Üretimde sürekliliği arttırmak ve üretim eğrilerini yataylaştırmak,
- Kullanım kapasitesinin artırılması yoluyla iletim ve dağıtım yatırım tutarlarının nisbi olarak azaltılması ve verimlilik artışı sağlanması,
- Mevcut üretim tesislerinde bulunan âtıl sahaların değerlendirilmesi,
- Birden fazla kaynağa ulaşma imkânı olan tesislerde diğer kaynakların da ekonomiye kazandırılması,
- Düşük kalorifik değerli yakıtları ikinci bir yakıtla birlikte kullanarak yakıt kullanım verimliliğinin yükseltilmesi,
- Fosil kaynak tüketiminin azaltılması ve karbondioksit emisyon miktarının düşürülmesi.

14.2 Türkiye’de Hibrit Yönetmeliği

8 Mart 2020 tarihinde Resmî Gazete’de Elektrik Piyasası Lisans Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik yayınlanması ile birlikte EPDK birden fazla kaynaktan (**hibrit**) üretim yapılan elektrik santrallerinin lisans süreçlerine ilişkin esaslarını yeniden belirledi. Düzenleme 1 Temmuz 2020 tarihinde yürürlüğe girdi.

Hibrit Üretim Santralleri ile ilgili üç yönetmelik değişikliği ve bir usul ve esaslar tebliği (taslak) düzenlemesi yapılmıştır.

- Elektrik piyasası lisans yönetmeliğinde değişiklik yapılmasına dair yönetmelik
- Yenilenebilir enerji kaynaklarının belgelendirilmesi ve desteklenmesine ilişkin yönetmelik değişikliği
- Yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üreten tesislerde kullanılan yerli aksamın desteklenmesi hakkında yönetmelik değişikliği
- Elektrik piyasasında önlisans veya lisanslara konu üretim tesislerinin santral sahalarının belirlenmesine ilişkin usul ve esaslar

Bu yürürlüğün amacı, özellikle sahada üretimin olmadığı durumlarda, şebekeye gönderilecek destekleyici elektrik ihtiyacını karşılamaktır. Koordineli üretim sayesinde, şebekeye elektrik aktarımı sürekli olarak devam eder.

YEKDEM'den faydalanmayan, sadece Piyasa Takas Fiyatı (PTF) ile çalışan, birçok konvansiyonel enerji üretim tesislerine bu imkân verilmesi halinde yenilenebilir enerji ile tanıştırılmasına ve yenilenebilir enerjinin ülkemizin kurulu gücündeki payının artmasına imkân sağlamaktır. En önemlisi, yenilenebilir kaynakların, konvansiyonel tesislere eklenmesine, konvansiyonel tesislerin gerek iç ihtiyaçlarını karşılamak gerek daha fazla enerji satışı amacı ile, daha fazla ihracat yolu ile temin edilen kaynakların azalmasına ve daha az CQ salımına sebep olacaktır. Ülke ekonomisine katkı sağlanırken, daha temiz bir çevre için konvansiyonel enerji tesisleri büyük bir adım atmış olacaklardır.

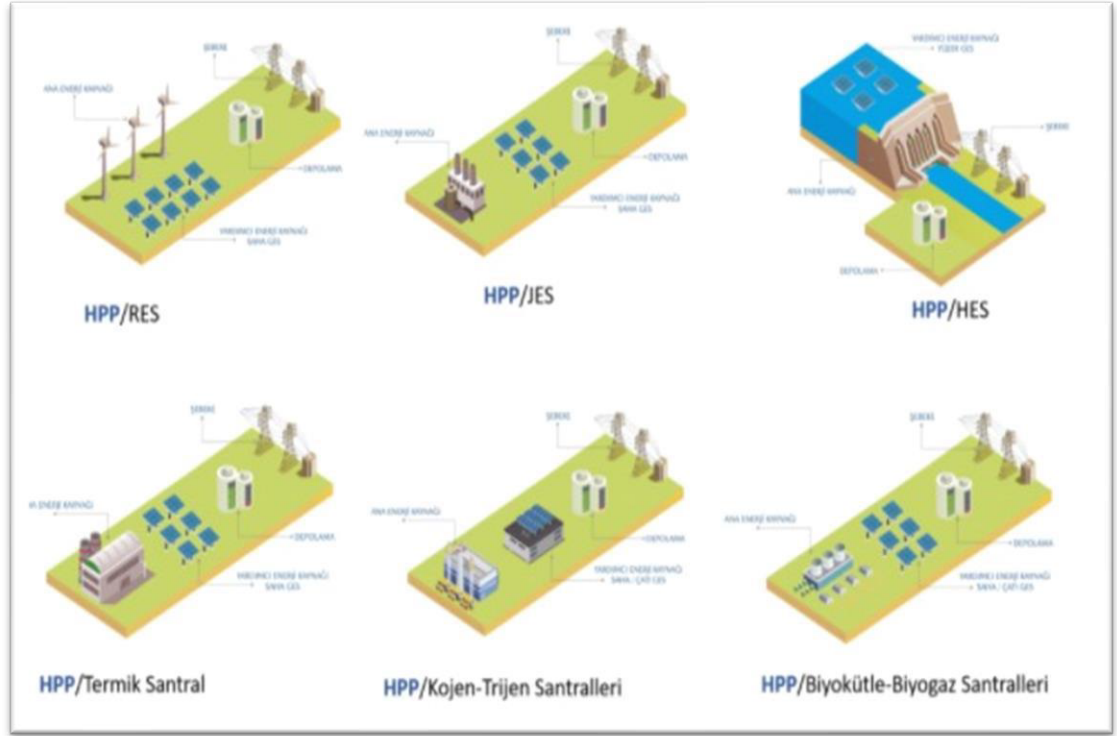
Birleşik elektrik ile birleşik yenilenebilir elektrik üretim tesislerinde:

- Sisteme verilebilecek aktif çıkış gücü, ana kaynağa dayalı geçici kabulü yapılmış olan ünitelerin toplam elektriksel kurulu gücünü aşamaz.
- Birleşik yenilenebilir elektrik üretim tesisinde üretilerek sisteme verilen net enerji miktarı, üretim tesisinde kullanılan yenilenebilir enerji kaynakları için belirlenen fiyatlardan en düşük olanı üzerinden ve tesisin kalan süresi için YEKDEM kapsamında değerlendirilir.
- Destekleyici kaynaklı elektrik üretim tesisinde kullanılan enerji kaynaklarının tamamının yenilenebilir olması halinde, bu tesiste üretilerek sisteme verilen net enerji miktarı üretim tesisinde kullanılan ana enerji kaynağı için belirlenen fiyat üzerinden ve ana kaynağa dayalı ünitenin kalan süresi üzerinden YEKDEM kapsamında değerlendirilir.

Bu yönetmeliğin yararlarına gelecek olursak;

Tüm RES, JES, HES, BES, Kojen/Trijen veya Termik Enerji Santrallerine GES entegrasyonu ile hibrit enerji santrallerinde ortak olarak;

- Santral alanlarında bulunan kullanılabilir boş ve âtil durumdaki alanlar efektif olarak kullanılırken, enerji üretim kayıplarının karşılanması ve daha verimli enerji üretimi sağlanacak.
- Buna ek olarak, Hibrit Enerji Santrali seçeneklerinde, Trafo, OG Hücre ve ENH birim maliyetlerinde ciddi oranda tasarruf elde edilecek.
- Rüzgâr Enerjisi Santrallerinde; daha stabil şebeke ve daha sağlıklı V-f kontrolü sağlanırken, düşük rüzgâr rejimlerinde ya da rüzgâr olmadığında şebekeye enerji iletimi devam edecek.
- Jeotermal Enerji Santrallerinde; kuyu başı pompası, re-enjeksiyon pompası, soğutma suyu pompası, soğutma kulesi fanları, vakum pompası gibi enerji ihtiyacı yaratan işletme giderlerinin karşılanması hedeflenirken, iç ihtiyacı enerjisi yüksek oranda karşılanabilecek.
- Hidroelektrik Enerji Santrallerinde; Yüzer-GES sistemlerinin kurulumu öncelikli olarak baraj tipi santrallerde havzada bulunan suyun buharlaşmasını önleyerek doğaya katkı sağlarken, daha fazla su kapasitesi ile HES enerji üretim hacmini artıracak. Su üzerine kurulan GES sisteminde PV panelin ortam sıcaklığından kaynaklı kayıpları azalacak ve ~15% daha yüksek verimli GES projeleri hayata geçecek.
- Termik Santrallerde; gelecek nesillere daha temiz bir dünya bırakmak için sera gazı emisyonunu azaltma noktasında çok kritik bir rol üstlenirken, işletme iç ihtiyaç elektrik giderlerini minimize edebilecek.
- Kojen/Trijen Santrallerinde; gün içerisinde düşük tüketim rejimlerinde enerji üretimi yaparak, sistemin verimini artıracak.
- Biyokütle/Biyogaz Enerji Santrallerinde ise, kaynak tedariği süreçlerine katkı sağlaması yanında, daha verimli enerji üretimi için sağlıklı bir destek mekanizması oluşturulacak.



Şekil 14.1 Hibrit Sistem Örnekleri



Şekil 14.2 Rüzgâr Güneş Hibrit Güç Sistemi Örneği



BÖLÜM 15

RÜZGÂR ENERJİ SANTRALİ HUKUKSAL SÜREÇLER

BÖLÜM 15

RÜZGÂR ENERJİ SANTRALİ HUKUKSAL SÜREÇLER

Rüzgâr enerjisi yatırımlarında inşaat öncesi ve inşaat aşamasında karşılaşılabilecek hukuki riskler, açılması muhtemel davalar konusunda da kısa bilgi aktarımında bulunmak sağlıklı olacaktır. Her ne kadar proje sahası elektrik üretim için teknik açıdan en uygun yer olsa da lisans koordinatları için de özel mülkiyete konu taşınmazları olan yurttaşların bulunması ve türbin noktaları nedeni ile kamulaştırmalar yapılacak olması, yurttaşların mülkiyet ve çevre kaygıları nedeni ile açılma ihtimali bulunan davalar yatırımlarda öngörülemeyen hukuki riskler yaratacaktır.

15.1 Kamulaştırma İşlemleri ve Kamulaştırma Davası

Kamulaştırma; aslında hepimizin bir şekilde duyduğu, bildiği, belki bazılarımızın doğrudan muhatabı olduğu bir hukukî durumdur. Kamulaştırma dediğimiz husus, özel mülkiyete konu bir taşınmaza, devlete ait kurum ve kuruluşlarca “**kamu yararı**” ilkesi çerçevesinde el konulması ve mülkiyetin hazine adına geçirilmesidir. Rüzgâr enerjisinden elektrik üretim faaliyetinde bulunan önlisans veya lisans sahibi özel hukuk tüzel kişilerinin önlisans veya lisansa konu faaliyetlerine ilişkin taşınmaz temini taleplerine yönelik işlemler, 4.11.1983 tarihli ve 2942 sayılı Kamulaştırma Kanunu ve ilgili mevzuat hükümlerine göre EPDK tarafından yürütülür. Taşınmaz temini talepleri Kurum tarafından değerlendirilir ve uygun görülmesi halinde kurul tarafından karar alınır. Bu kapsamda alınan kararlar, kamu yararı kararı yerine de geçer ve herhangi bir makamın onayına tabi değildir. Kamulaştırma ve/veya devir yoluyla elde edilen taşınmazların mülkiyeti ve/veya üzerindeki sınırlı ayni haklar, üretim tesislerinin mülkiyetine sahip olan ilgili kamu kurum veya kuruluşu adına, bunların bulunmaması halinde ise hazine adına tescil edilir.

Hazine adına tescil edilen veya niteliği gereği tapuda terkin edilen taşınmazlar üzerinde hazine taşınmazlarının idaresiyle sorumlu ve görevli olan kamu kurumu tarafından, lisansın geçerlilik süresi ile sınırlı olmak üzere, lisans sahibi özel hukuk tüzel kişileri lehine bedelsiz irtifak hakkı tesis edilir ve/veya kullanma izni verilir. Bu işlemlere konu edilemeyecek olanlar için ise bedel alınmaksızın kiralama yapılır.

Kamulaştırma, devir, irtifak hakkı tesisi, kullanma izni, kiralama gibi işlemlere ilişkin bedeller ve projeden kaynaklı tazminatlar ile bu işlemlere ilişkin diğer giderler, önlisans veya lisans sahibi özel hukuk tüzel kişileri tarafından ödenir. Hazinenin özel mülkiyetindeki taşınmazlar veya devletin hüküm ve tasarrufu altındaki yerler üzerinde tesis edilen irtifak hakkı, kira ve kullanma izni sözleşmelerinde, sözleşmenin geçerliliğinin önlisans veya lisansın geçerlilik süresi ile sınırlı olacağı hükmü yer alır. Önlisans sahibinin lisans alamaması ya da önlisans veya lisansın sona ermesi ya da iptali hâlinde, önlisans veya lisans sahibi tüzel kişiler tarafından ödenmiş bulunan kamulaştırma bedellerine ilişkin olarak, kamulaştırılan taşınmazların üzerinde irtifak hakkı tesis edilmek, kiralamak ve/veya kullanma izni verilmek suretiyle başka bir önlisans veya lisans sahibinin kullanımına bırakılması durumunda, kamulaştırma bedeli, lehine irtifak hakkı tesis edilen, kiralanmış ve/veya kullanma izni verilen önlisans veya lisans sahibi tarafından kamulaştırma bedelini ödemiş olan tüzel kişiye ödenir.

Kamulaştırma taleplerinin değerlendirmesi ve kamu yararı kararı alınması akabinde kamulaştırılacak taşınmazların değerinin belirlenmesi için kıymet takdir komisyonu oluşturulur ve tahmini bedeli belirlenen taşınmaz sahibi, uzlaştırma komisyonunca uzlaşmaya davet edilir. Buradaki uzlaşma davetinin amacı, taşınmaz sahipleri ile idarenin uzlaşarak kamulaştırma sürecini mahkemeye taşımadan sonlandırmaktır.

Ancak taşınmaz sahiplerinin uzlaşmaya davet edilmesi ve yapılan anlaşma görüşmelerinin sonuçsuz kalması durumunda dava açma hakkı doğacaktır. Bu husus bir dava şartı olarak düzenlenmiştir. Yani idarenin dava açabilmesinin şartı, taşınmazın sahibi ile bedel üzerinde anlaşamaması durumunda meydana gelmiş olur ve idare, sadece bu şartın gerçekleşmesi durumunda dava açabilir; böylelikle taşınmazın bedelinin tespiti ve tescili mahkemeden istenebilir.

Kamulaştırmanın uzlaşma aşamasında satın alma usulü ile yapılamaması halinde idare taşınmaz malın bulunduğu yer asliye hukuk mahkemesine müracaat eder. İdare, taşınmaz malın kamulaştırma bedelinin tespitine ve idare adına tesciline karar verilmesini ister.

Kamulaştırma işlemini yapan idare, davacı sıfatına sahiptir; davalı taraf ise taşınmaz sahibidir. Belirtmek gerekir ki eğer bir taşınmaz paylı mülkiyete konu ise böyle taşınmazlarda, mahkemece, paydaşların tamamının davalı olarak gösterilmesi zorunludur.

Görevli mahkeme, idarenin başvuru tarihinden itibaren en geç otuz gün sonrası için bir duruşma günü belirler. Burada çok önemli bir husus bilinmelidir: Mahkeme tarafından yapılan tebligat gününden itibaren otuz gün içinde, kamulaştırmaya konu taşınmaz malın maliki tarafından, kamulaştırma işleminin iptali için idare mahkemesinde iptal davası açılabilir. Eğer kamulaştırma işlemine karşı idari yargıda iptal davası açıldıysa, dava açanlar, dava açtıklarını ve yürütmenin durdurulması kararı aldıklarını belgelendirmedikleri takdirde, mahkemece yargılamaya devam edilir.

Tarafların bedelde anlaşamamaları halinde hâkim taşınmaz bedelinin tespiti için dosyayı bilirkişi heyetine tevdi eder. Hâkim, tarafların ve bilirkişilerin rapor veya raporları ile beyanlarından yararlanarak adil ve hakkaniyete uygun bir kamulaştırma bedeli tespit eder. Mahkemece tespit edilen bu bedel, taşınmaz mal, kaynak veya irtifak hakkının kamulaştırılma bedelidir. Tarafların anlaştığı veya tarafların anlaşamaması halinde hâkim tarafından kamulaştırma bedeli olarak tespit edilen miktarın, peşin ve nakit olarak veya kamulaştırma bu Kanunun 3 üncü maddesinin ikinci fıkrasına göre yapılmış ise, ilk taksitin yine peşin ve nakit olarak hak sahibi adına, hak sahibi tespit edilememiş ise ileride ortaya çıkacak hak sahibine verilmek üzere 10 uncu maddeye göre mahkemece yapılacak davetiye ve ilanda belirtilen bankaya yatırılması ve yatırıldığına dair makbuzun ibraz edilmesi için idareye on beş gün süre verilir. Gereken hallerde bu süre bir defaya mahsus olmak üzere mahkemece uzatılabilir. İdarece, kamulaştırma bedelinin hak sahibi adına yatırıldığına veya hak sahibinin tespit edilemediği durumlarda, ileride ortaya çıkacak hak sahibine verilmek üzere bloke edildiğine dair makbuzun ibrazı halinde mahkemece, taşınmaz malın idare adına tesciline ve kamulaştırma bedelinin hak sahibine ödenmesine karar verilir ve bu karar, tapu dairesine ve paranın yatırıldığı bankaya bildirilir. Tescil hükmü kesin olup tarafların bedele ilişkin temyiz hakları saklıdır.

15.2 Kamulaştırma İşleminin İptali Davası

Eğer taşınmaz sahibi, kamulaştırma işlemine karşı çıkıyorsa, idari yargıda kamulaştırmanın iptali için dava açar. Kamulaştırma kararlarının iptali davası, idarenin kamu gücünü kullanmak suretiyle haksız ve hukuka aykırı kamulaştırma yapması halinde başvurulacak hukuki yol olarak kabul edilmektedir. Kamulaştırmaya konu taşınmaz malın maliki tarafından 10'uncu madde gereğince asliye hukuk mahkemesi tarafından yapılan tebligat gününden, kendilerine tebligat yapılamayanlara tebligat yerine geçmek üzere mahkemece gazete ile yapılan ilan tarihinden itibaren otuz gün içinde, kamulaştırma işlemine karşı idari yargıda iptal davası açılabilir. İdari yargıda açılan davalar öncelikle görülür. İştirak halinde veya müşterek mülkiyette, paydaşların tek başına dava hakları vardır. Yukarıda da belirtildiği gibi, 30 gün içinde kamulaştırma işlemine karşı hak sahipleri tarafından idari yargıda iptal davası açılması ve idari yargı mahkemelerince de yürütmenin durdurulması kararı verilmesi halinde, adli yargıda açılmış davalarda, idari yargıda açılan dava bekletici mesele olarak kabul edildiği için bunun sonucuna göre işlem yapılır. Kamulaştırma kararını alan makama göre, davanın nerede görüleceği değişir. Kamulaştırma kararı Bakanlar Kurulunca alınmış ise, iptal davası Danıştay'da açılacaktır. Diğer idarelerin aldığı kamulaştırma kararlarına karşı, taşınmazın bulunduğu yer idare mahkemesi yetkili olduğu için o yer idare mahkemesinde dava açılır.

15.3 Acele Kamulaştırma Kararı

Kamulaştırma kararları bazı izlenmesi gereken yolların tüketilmesiyle sonuca ulaşır ve bu hukuki işlemler bazen uzun yıllar alabilir. Ancak öyle bazı olaylar meydana gelir ki, böyle durumlarda taşınmazın vakit kaybetmeksizin kullanılması ve ona el konulması gerekebilir. İşte böyle durumlarda kamulaştırma yapılmak istenen taşınmaz hakkında acele kamulaştırma kararı verilebilir ve bu kararın ardından yalnızca kıymet takdiri yapılır. Kıymet takdirinin yapılması dışındaki tüm işlemler ise daha sonraya bırakılır. Acele kamulaştırma usulü ile kanunda öngörülen koşullara uygun şekilde idare adına, taşınmazın mülkiyetine, tescilden önce el konulması sağlanmaktadır ve taşınmaz enerji yatırımı kapsamında kullanılabilir hale getirilmektedir.

Acelelik kararı, uygulama açısından süreklilik öngörmemelidir, mülkiyet hakkının korunması, kullanılması ve sınırlandırılması yönünden belirsizlik yaratmamalıdır. Mülkiyet hakkı ve bunun sınırlandırılması arasındaki denge gerekçe göstererek sağlanmalıdır. Acele kamulaştırma kararlarında muhakkak aceleliği haklı gösterecek sebepler açıklayıcı bir şekilde belirtilmelidir. Dolayısıyla aceleliği gösterecek sebepler de sınırlı olarak belirtilmiştir.

Yukarıda da bahsettiğimiz gibi istisnai olan işte o başlıklar şunlardır:

- 1) 3634 sayılı Milli Müdafaa Mükellefiyeti Kanununun uygulanmasında yurt savunması ihtiyacına,
- 2) Aceleliğine Cumhurbaşkanınca karar verilecek hallerde,
- 3) Özel kanunlarda öngörülen olağanüstü durumlarda acele kamulaştırma işlemleri yapılabilir.

Acele kamulaştırma davasında bilirkişi marifeti ile kıymet takdiri yapılarak, belirlenen bedel mal sahibi adına mahkeme tarafından açılan banka hesabına yatırılır ve böylece idare tarafından taşınmaza el konulabilir. Bu davalarda; sadece kıymet takdiri yapılacak olup, taşınmazın tescil veya terkinine karar verilemez. El koyma kararından sonra, kamulaştırma süreci sonradan tamamlanır.

Yani acele kamulaştırma kararında ilk taksit ödemesi niteliğindeki bedelin tespiti mahkeme tarafından belirlenmiş olur. Mahkemece verilen taşınmaz mala el koyma kararı tapu müdürlüğüne bildirilir. Taşınmaz malın başkasına devir, ferağ veya temlikinin yapılamayacağı hükmü tapu kütüğüne şerh edilir. El koyma kararından sonra taşınmaz mal 20'nci madde uyarınca boşaltılır.

15.4 Acele Kamulaştırma İşleminin İptali Davası

Acele kamulaştırma kararları, enerji projelerinde yatırım süreçlerine hemen geçebilmek adına hazırlanmış bir yoldur. Ancak vatandaşların mülkiyet gibi çok önemli bir hakkına müdahale edildiği için çok dikkat edilmesi ve hassas davranılması gereken bir süreçtir. Uygulamada bazı hukuki sorunlara yol açması da mümkündür.

Cumhurbaşkanlığı tarafından alınan acele el koyma kararının Resmî Gazete'de yayınlanmasının ardından, 30 gün içerisinde taşınmaz maliki ya da hissedarları tarafından Danıştay'da sadece acele kamulaştırma kararının iptali davası açabileceği gibi acele kamulaştırma işlemi ile birlikte kamulaştırma işleminin de iptali için yürütmeyi durdurma istemli olarak iptal davası açılabilir. Danıştay, acele kamulaştırma kararlarına karşı yürütmenin durdurulması ve iptal kararları verirken ileride doğması muhtemel zararların telafisinin mümkün olamayacağı noktasından hareket etmektedir.

15.5 Çevresel Etki Değerlendirmesi Kararının İptali Davası

Çevresel Etki Değerlendirme (ÇED), gerçekleştirilmesi planlanan projelerin çevreye olabilecek olumlu ve olumsuz etkilerinin belirlenmesinde, olumsuz yöndeki etkilerin önlenmesi ya da çevreye zarar vermeyecek ölçüde en aza indirilmesi için alınacak önlemlerin, seçilen yer ile teknoloji alternatiflerinin belirlenerek değerlendirilmesinde ve projelerin uygulanmasının izlenmesi ve kontrolünde sürdürülecek çalışmalardır. Çevresel etki değerlendirme süreci ise gerçekleştirilmesi planlanan projenin çevresel etki değerlendirmesinin yapılması için; başvuru, inşaat öncesi, inşaat, işletme ve işletme sonrası çalışmaları kapsayan süreçtir.

Proje faaliyetleri kapsamında yapılan başvurularda Çevre Kanunu ve Çevresel Etki Değerlendirilmesi Yönetmeliği gereğince rüzgâr projesinin türbin sayısı ve kurulu gücü dikkate alınarak çevresel etki değerlendirme süreçleri yürütülmektedir. Bu kapsamda yatırımlarda uygun görülen projeler için “ÇED Gerekli Değildir” veya “ÇED Olumlu” kararları verilebilmektedir. “ÇED Olumlu” Kararı, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından, “ÇED Gerekli Değildir” kararları ise yatırımın bulunduğu il çevre ve şehircilik müdürlüğü tarafından verilmektedir. Bu kararlar davaya konu olabilen idari işlemlerdir.

Dava konusu ÇED kararının mevzuata uygun bir şekilde ilanından itibaren yatırımın bulunduğu yer idare mahkemesine 30 gün içerisinde menfaatinin zarar gördüğünü iddia eden ilgililer tarafından yürütmenin durdurulması talepli dava açılacaktır. Bu davalarda savunma süresi dava dilekçesinin tebliğinden itibaren on beş gün olup, bu süre bir defaya mahsus olmak üzere en fazla on beş gün uzatılabilir. Savunmanın verilmesi veya savunma verme süresinin geçmesiyle dosya tekemmül etmiş sayılır. Yürütmenin durdurulması talebine ilişkin olarak verilecek kararlara itiraz edilemez. Ara kararı verilmesi, keşif, bilirkişi incelemesi ya da duruşma yapılması gibi işlemler ivedilikle sonuçlandırılır. Verilen nihai kararlara karşı tebliğ tarihinden itibaren on beş gün içinde temyiz yoluna başvurulabilir.

Danıştay evrak üzerinde yaptığı inceleme sonunda, maddi vakıalar hakkında edinilen bilgiyi yeterli görürse veya temyiz sadece hukuki noktalara ilişkin ise yahut temyiz olunan karardaki maddi yanlışlıkların düzeltilmesi mümkün ise işin esası hakkında karar verir. Aksi hâlde gerekli inceleme ve tahkikatı kendisi yaparak esas hakkında yeniden karar verir. Ancak, ilk inceleme üzerine verilen kararlara karşı yapılan temyizi haklı bulduğu hâllerde kararı bozmakla birlikte dosyayı geri gönderir. Temyiz üzerine verilen kararlar kesindir. Temyiz istemi en geç iki ay içinde karara bağlanır.

15.6 İmar Planı İptal Davaları

Rüzgâr enerji santrallerinin imar planlarının iptali için açılan davalar, imar planları birer idari işlem olarak kabul edildikleri için idari yargının görev alanı içerisindedir. İlgili makam tarafından onaylanan imar planları saptanan ilan yerlerinde bir ay süre ile ilan edilir ve bu süre içerisinde planlara itiraz edilebilir. İtirazlar incelenerek sonuçları itiraz edene tebliğ edilir.

İmar planları onaylanmalarının ardından doğrudan dava edilebilmektedir. İmar plan notları da davaya konu edilebilmektedir. İmar planı iptal için açılan davalarda yetkili ve görevli mahkeme taşınmazın bulunduğu yer idare mahkemesidir. Davacı, imar planından veya değişikliğinden şimdi ve gelecekte yararı bozulan veya bozulacak olan kişiler olabilir. İmar planları, ilan edilecekleri 30 günlük sürenin tamamlanmasını izleyen günden başlamak üzere 60 gün içerisinde dava konusu edilebilecekleri gibi, İK md.8’de belirlenen prosedür uyarınca kendilerini onaylayan makam kararının öğrenilmelerinin üzerine yasal süresi içerisinde dava konusu edilebilirler. İmar planlarının iptaline ilişkin olarak açılacak davalarda, dava konusu imar planını yapma yetkisine sahip olan idare, davalı gösterilmelidir. Dava konusu imar planı bir bakanlıkça yapılmışsa bu bakanlık, büyükşehir belediye sınırları içerisinde büyükşehir belediyeleri, belediye ve mücavir alan sınırları içerisinde yer alan bir alana ilişkin yapılan imar planı ise, yine ilgili belediyeler, belediye sınırları dışında ise bağlı olunan il özel idareleri davalı mevkiinde gösterilmelidir. İdare mahkemeleri yargılama sırasında genellikle keşif ve bilirkişi incelemesi kararı vererek yargılama sürecini yönetmektedir. Yargılama sonunda imar planının iptali durumunda Bölge İdare Mahkemesi nezdinde istinaf müracaatı ve Bölge İdare Mahkemesi kararına karşı da Danıştay’a temyiz hakkı bulunmaktadır.

15.7 Üretim Lisansı İptal Davaları

Elektrik piyasasında üretim faaliyetinde bulunabilmek için önce önlisans, daha sonra önlisans süresinde yükümlülüklerin tamamlanması kaydıyla üretim lisansı alınması gerekmektedir. Önlisans, üretim faaliyetinde bulunmak isteyen tüzel kişilere, üretim tesisi yatırımlarına başlamaları için gerekli onay, izin, ruhsat ve benzerlerinin alınabilmesi için belirli süreli verilen izni ifade etmektedir. Üretim lisansı ise tüzel kişilere piyasada üretim faaliyeti gösterebilmeleri için 6446 sayılı kanun uyarınca verilen izni ifade etmektedir.

Enerji Piyasası Düzenleme ve Denetleme Kurumu üretim lisansını vermekten, ilgili lisans hüküm ve şartlarına uyup uymadıklarını denetlemekten, lisanslara ilişkin onaylar vermekten ve lisans hüküm ve şartlarına aykırı davranıldığı durumlarda, idari para cezası vermek ve lisanslarını iptal etmekten sorumludur.

EPDK tarafından verilen üretim lisansları kapsamında yatırım faaliyetleri gerçekleştirilirken özellikle kamulaştırma, acele kamulaştırma, çevresel etki değerlendirme veya imar planı süreçlerinde vatandaşların lisanslardan haberdar olma durumu söz konusu olmaktadır. Bu kapsamda üretim lisansına konu alanda taşınmazı bulunan ve bu faaliyetlerden etkilenen vatandaşlar üretim lisansının varlığını öğrenilmesinden itibaren 60 gün içerisinde, lisansı veren EPDK'nın bulunduğu yer Ankara İdare Mahkemesi'nde dava açabilmektedir.

Lisans sahibi tüzel kişilerin ilgili mevzuat hükümlerine aykırı davranması durumunda, fiilin niteliğine göre kurum tarafından da dava açılabilir.

Üretim lisansı, mücbir sebep halleri ile lisans sahibinden kaynaklanmayan haklı sebepler dışında üretim tesisinin ilgili lisansta belirlenen inşaat süresi içerisinde kurulmaması veya kalan süre içerisinde kurulamayacağının tespit edilmesi hallerinde iptal edilir.

KAYNAKÇA

- 1) M.Durak S. Özer Rüzgâr Enerjisi Teori ve Uygulama 2008
- 2) Ş. Erkoç İzmir Rüzgâr Sempozyumu / Aralık 2011
- 3) M.S. Ataseven – S. Ataseven /Rüzgâr Ölçüm Sistemleri
- 4) N. S Çetin-H. Çelik, K. Başaran/Rüzgâr Türbinlerinde Kapasite Faktörü/2011
- 5) T. Gülersoy-N.S. Çetin/ Rayleigh Dağılımı Politeknik Dergisi/2010
- 6) E. Kaya 2009/ Çeşme Res Analiz raporu
- 7) Ş. Erkoç 2015/ RES Analiz Raporu
- 8) MGM. Rüzgâr Ölçüm Tebliği
- 9) U. Gültekin 2019/ Türkiye Rüzgâr Enerjisi Yatırımlarının Gelişimi
- 10) H. İbrahim Karadağ 2009/Rüzgâr Enerjisinin Önemi ve Rüzgâr Türbin Tasarım Tezi
- 11) Rüzgâr Santrallerinde İşletme Bakım-A. Onur Kısar
- 12) Prof. Dr. Ali Erdoğan /2014 Çeşme Ornitoloji İzleme Raporu
- 13) Prof. Dr. İlhami Kızıroğlu /2014 Çeşme Ornitoloji İzleme Raporu
- 14) Prof. Dr. Levent Turan /2016 Çeşme Ornitoloji ve Yarasa İzleme Raporu
- 15) Doç. Dr. Mehmet Ali Tabur 2017 TÜREK Sunumu
- 16) Yrd. Doç.Dr. Ali İhsan Öztürk 2016/12 Çeşme Res Raporu Arı Raporu
- 17) Yrd. Doç.Dr. Ahmet Benliay 2012 Peyzaj Onarım Raporu
- 18) Murat Acar Ses Analiz Raporu -2019
- 19) Çalışkan, M., Rüzgâr Enerjisi Gözlem İstasyonları.
- 20) Özgür, M.A. Kütahya’da Seçilen Bir Konumda Rüzgâr Verileriyle Elektrik Enerjisi Üretim Potansiyelinin Bulunması, Y. L. Tezi, Dumlupınar Ün. Fen Bilimleri Enst. 2002,Afyon
- 21) Çalışkan, M., Rüzgâr Enerjisi Potansiyelinin Belirlenmesi, 12-13 Ekim 2001, Kayseri
- 22) Türkiye Rüzgâr Enerjisi İstatistik Raporu, TÜREB- Temmuz/2020.
- 23) Rüzgâr Verisi Ölçümü ve Analizi, Dr. Ferdi Türksöy- 5,7 Nisan 2001.
- 24) Rüzar Türbinlerinin Kurulum ve Bakım Süreçlerindeki Risklerin Tespiti, Değerlendirilmesi ve Çözüm Önerilerinin Sunulması, Tolga MURATDAĞI.
- 25) The Caithness Windfarm Information Forum, Summary of Wind Turbine Accident datato 01 January 2015, <http://www.caithnesswindfarms.co.uk/accidents.pdf>, (Erişim Tarihi: 17/02/2015).
- 26) EUOSHA, Occupational Safety and Health In The Wind Energy Sector, <https://osha.europa.eu/en/tools-and-publications/occupational-safety-and-health-in-the-wind-energy-sector>, (Erişim Tarihi: 19/02/2015).
- 27) EUOSHA, Occupational Safety and Health In The Wind Energy Sector, <https://osha.europa.eu/en/publications/e-facts/e-fact-80-occupational-safety-and-health-in-the-wind-energy-sector/view>, (Erişim Tarihi: 19/02/2015).
- 28) Albrechtsen, E., Occupational safety management in the offshore wind industry-status and challenges, Energy Procedia.
- 29) Atkinson, P., Securing the Safety of the offshore wind workers, Renewable Energy Focus, Sayı: May/June 2010,
- 30) Clarke, P., Health&safety on windfarms-the Power Gen. approach, PowerGen Duff, J., Training Wind Energy Workers, Occupational Health&Safety, 2010.
- 31) Ragheb, M., Safety Of Wind Systems, 2014, <http://www.raghb.co/NPRE%20475%20Wind%20Power%20Systems/Safety%20of%20Wind%20Systems.pdf>, (Erişim Tarihi: 13/05/2015).

- 32) Yang, J., Chang, Y., Zhang, L., Hao, Y., Yan, Q., & Wang, C. (2018). The life-cycle Energy and environmental emissions of a typical offshore wind farm in China. *Journal of Cleaner Production*, 180, 316-324.
- 33) <http://www.enerji-dunyasi.com/yayin/0/ruzgar-enerjisi-yilda-1500-ton-karbondioksit-salinimini-engelliyor> 7162
- 34) World-nuclear.org. 2020. World EnergyNeedsAndNuclearPower | EnergyNeeds Nuclear Energy Meeting Energy Needs- World Nuclear Association. [online] Available at: <<https://www.world-nuclear.org/information-library/current-and-future-generation/world-energy-needs-and-nuclear-power.aspx>> [Erişim 14 Eylül 2020].
- 35) EPDK Lisans Yönetmenliği
- 36) ÇED Yönetmenliği Resmî Gazete Tarihi: 25.11.2014 Resmî Gazete Sayısı: 29186
- 37) İmar Yönetmenliği (3194 Sayılı Kanun)
- 38) Elektrik Tesisleri Proje Yönetmenliği
- 39) E. Arıcı Reslerde Proje Geliştirme ve İzin Süreçleri
- 40) Megeb.meb.gov.tr Yeraltı Hatları – 2019/11
- 41) Kentmuhendislik.com/enerji_nakil_hatti_nedir erişim 2019/11
- 42) B. Güzel Açıkdeniz Rüzgâr enerjisi Fizibilite Adımları ile Bozcada Örnek Çalışması 2012/01
- 43) Dr. Öğr. Üyesi Ferhat Bingöl, Ege Denizi Rüzgâr Atlası ve Deniz Üstü Rüzgâr Ölçümleri. Mustafa Özgür KÖROĞLU, Koray ÜLGİN, Denizüstü Rüzgâr Enerji Santralleri: Çanakkale Örneği.
- 44) <https://www.yenienerji.com/makale/offshore-ruzgar-enerji-santralleri>
- 45) <https://www.pwc.com.tr/tr/sektorler/enerji-altyapi-madencilik/enerji-spotlights/yekauzerine-bir-degerlendirme.html>
- 46) Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları Yönetmeliği 09/10/2016
- 47) Md. Rabiul Islam, Youguang Guo , Jianguo Zhu , A transformer-less compact and light wind turbine generating system for offshore wind farms
- 48) <https://www.enerjigazetesi.ist/yeka-ges-3-yarisma-ilani-yayimlandi>
- 49) Gensed Hibrit Üretim Santralleri Sunumu.
- 50) Li, J., Li, S., & Wu, F. (2020). Research on carbon emission reduction benefit of wind power Project based on life cycle assessment theory. *Renewable Energy*.
- 51) Verma, M. (2018). Wind Farm Repowering Using WAsP Software–An Approach for Reducing CO2 Emissions in the Environment.
- 52) <https://www.enerjiportali.com/elektrik-piyasasi-nedir-elektrik-piyasasi-terimleri-nelerdir/>
- 53) <https://www.enerjiportali.com/konar-hibrit-enerji-santralleri-icin-calismalarini-tamamladi/>
- 54) web.itu.edu.tr/kaynak/windpower.html
- 55) [yapimci.com.tr/iklimin /assets/iklim-degisikligi-eylem-plan-tr](http://yapimci.com.tr/iklimin/assets/iklim-degisikligi-eylem-plan-tr)
- 56) <http://www.iklimin.org/tr/egitim-materyalleri/>
- 57) <https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/302956>
- 58) Bekir Âdem Çakmakçı Kırklareli Üniversitesi Kayalı Kampüsünün Rüzgâr Enerjisi Potansiyelinin Belirlenmesi Yüksek Lisans Tezi
- 59) <https://polen.itu.edu.tr/bitstream/11527/12764/1/301101008.pdf>
- 60) [www.fikir.gen.tr/ruzgar -çeşitleri-nelerdir.](http://www.fikir.gen.tr/ruzgar-cesitleri-nelerdir/) /2019/10
- 61) [www.nenedirvikipedi.com /Fizik/ Rüzgâr -Enerjisi](http://www.nenedirvikipedi.com/Fizik/Ruzgar-Enerjisi) /2019/10
- 62) [www.yegm.gov.tr/Yenilenebilir/Rüzgâr -Rüzgâr -Enerjisi](http://www.yegm.gov.tr/Yenilenebilir/Ruzgar-Ruzgar-Enerjisi) /2019/10

- 63) www.cografyadefterim.com /2019
- 64) www.yelkenokulu.com/meteoroloji-bilgileri-/2019/10
- 65) Nihat Tonguç, Rüzgâr Türbinlerinde Garanti Sonu Kontrol Çalışmaları Sunusu, Genba.
- 66) Elektrik Piyasası Dengeleme ve Uzlaştırma Yönetmeliği, 2009; Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun, 2005).
- 67) Avukat Arsin Demir 2020 Rüzgâr Enerji Santrali Hukuksal Süreçleri
- 68) http://en.wikipedia.org/wiki/Heron_of_Alexandria
- 69) <http://tarihvemedeniye.org/2009/08/irandan-hollandaya-yel-degirmeni/>
- 70) IEC (2017). Wind Turbines- Part 12-1: Power performance measurements of electricity producing wind turbines, Edition 2.0 (Norm 61400-12-1:2017). International Electrotechnical Commission
- 71) MEASNET Procedure: Evaluation of Site-Specific Wind Conditions, Version April 2016. Tech. rep. April. MEASNET
- 72) Murat Hazer Uygunol / Rüzgâr Ölçüm Teknikleri 2020
- 73) Rüzgâr Verilerinin Enerji Üretimi Amaçlı Değerlendirilmesi, Faruk ORAL, Rasim BEHÇET
- 74) Aytek Ay; Hava Yoğunluğunun Rüzgâr Türbinleri Güç Eğrisi Üzerindeki Etkisi
- 75) İSO Çevre ve Enerji Şubesi Eylül 2017, Rüzgâr Enerjisi ve Rüzgâr Türbini Ekipmanlarına İlişkin Genel Bilgilendirme Notu
- 76) Rüzgâr Enerjisinde Kullanılan Asenkron Jeneratörler, Meltem Apaydın, Arif Kıvanç Üstün, Mehmet Kurban, Ümmühan Başaran Filik
- 77) Bir Rüzgâr Türbinin İnternet Tabanlı Olarak Plc ile İzlenmesi ve Kontrol Edilmesi, Yusuf DEBBAĞ Yüksek Lisans Tezi.
- 78) Rüzgâr Türbini Kanat Tasarımı ve Analizi, Berkcan Çakır, Efe Helvacı
- 79) <https://ekolojist.net/ruzgar-enerjisi-lisans-nasil-alinir/>
- 80) ICNIRP (Uluslararası İyonize Olmayan Radyasyondan Korunma Komisyonu)
- 81) Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı (İSGÜM)
- 82) TSE (Türk Standartları Enstitüsü)
- 83) Electronic Journal of Textile Technologies Vol: 3, No: 1, 2009
- 84) <https://www.who.int/news-room/q-a-detail/radiation-electromagnetic-fields>
- 85) N.Korkut Uluaydın EM Koruma EM Alan Raporu

KISALTMALAR:

DSİ: Devlet Su İşleri
MYTM: Milli Yük Tevzi Merkezi
 MW_e : Elektriksel Kurulu Güç
 MW_m : Mekanik Kurulu Güç
A: Amper
AG: Alçak Gerilim
ÇED: Çevresel Etki Değerlendirmesi
DERT: Dikey Eksenli Rüzgâr Türbini
DGP: Dengeleme Güç Piyasası
DMİGM: Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü
DRES: Denizüstü Rüzgâr Enerji Santrali
EİE: Elektrik Etüt İdaresi
EM: Elektromanyetik
EMR: Elektromanyetik Radyasyon
ENH: Enerji Nakil Hattı
EPDK: Enerji Piyasası Düzenleme Kurumu
EPİAŞ: Enerji Piyasaları İşletme Anonim Şirketi
EPK: Elektrik Piyasası Kanunu
GES: Güneş Enerji Santrali
GİP: Gün İçi Piyasa
GÖP: Gün Öncesi Piyasa
GW: Giga Watt
Hz: Hertz
kW: Kilo Watt
kWh: Kilo Watt Saat
LÜY: Lisanssız Elektrik Üretimi Yönetmeliği
MGM: Meteoroloji Genel Müdürlüğü
MW: Mega Watt
MYTM: Milli Yük Tevzi Merkezi
OG: Orta Gerilim
PMUM: Piyasa Mali Uzlaştırma Merkezi
POB: Proje Onay Birimi
RAPSİM:
REPA: Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli Atlası
RES: Rüzgâr Enerji Santrali
RT: Rüzgâr Türbini
TEA: Teknik Etkileşim Analizi
TEDAŞ: Türkiye Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
TEİAŞ: Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
TÜBİTAK: Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TÜRKAK: Türk Akreditasyon Kurumu
V: Voltaj
YEKA: Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları
YEKDEM: Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması
YERT: Yatay Eksenli Rüzgâr Türbini
YG: Yüksek Gerilim
ETKB: Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı

Günümüzde küresel iklim değışikliği beraberinde dünyada olumsuz sonuçlara yol açmıştır. Bu olumsuz sonuçlar, temiz ve sürdürülebilir enerji kaynaklarına yönelimi artırmıştır. Bu kitap, gitgide daha da önem kazanan yenilenebilir enerji kaynaklarından rüzgar enerjisi sektörüne katkıda bulunmak amacıyla hazırlanmıştır.

Bu kitapla birlikte değerli okurlarımız, rüzgar enerjisi sektörünü ve "A'dan Z'ye Rüzgar Santrallerini" tanıma fırsatı bulabileceklerdir. Rüzgar enerjisi sektörüne yönelip bilgi sahibi olmak isteyen ve bu yola gönül vermiş arkadaşlarımıza bir nebze de olsa yol göstermek amacıyla derlenmiş kaynak bir kitaptır. Kitabımızın olabildiğince sade ve anlaşılabilir olmasına özen gösterilmiştir.

Bu kitabın derlenmesi ve yazımı sırasında beni yalnız bırakmayan sevgili eşime, aileme bu kitapta emeği geçen tüm çalışma arkadaşlarıma, aynı zamanda kitabın basımı konusunda bizlere destek olan Nordex Enerji A.ř.'ye ve Enerjisa Enerji Üretim A.ř.'ye değerli katkılarından dolayı çok teşekkür ederim.

Erman Kaya

EKİM 2022

Bu kitap eğitim amaçlı olup, dağıtımı ücretsiz olarak yapılacaktır.