

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**KARAYOLU SINIR ÇİZGİSİ İÇİNDE KALAN ALANLARDA
YENİLENEBİLİR ENERJİ PROJELERİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehmet Burak ÇELEBİ

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı İşletmesi Programı

HAZİRAN 2021

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

**KARAYOLU SINIR ÇİZGİSİ İÇİNDE KALAN ALANLARDA
YENİLENEBİLİR ENERJİ PROJELERİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehmet Burak ÇELEBİ

501181108

İnşaat Mühendisliği Anabilim Dalı

Yapı İşletmesi Programı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Mehmet Emre BAYRAKTAR

HAZİRAN 2021

İTÜ, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nün 501181108 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Mehmet Burak ÇELEBİ, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “KARAYOLU SINIR ÇİZGİSİ İÇİNDE KALAN ALANLARDA YENİLENEBİLİR ENERJİ PROJELERİNİN GELİŞTİRİLMESİ” başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : **Prof. Dr. Mehmet Emre BAYRAKTAR**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Jüri Üyeleri : **Prof. Dr. Esin Ergen PEHLEVAN**
İstanbul Teknik Üniversitesi

Doç. Dr. Halit ÖZEN
Yıldız Teknik Üniversitesi

Teslim Tarihi : **21 Mayıs 2021**

Savunma Tarihi : **10 Haziran 2021**



ÖNSÖZ

Tez konumun belirlenmesinde ve yaptığım çalışmalarda yön gösterici olan, bilgi ve tecrübesini benden esirgemeyen değerli tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Mehmet Emre BAYRAKTAR'a saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca verdiğim kararlarda her daim beni destekleyen biricik aileme, son 8 yılımdaki her anımda yardımını, desteğini ve sevgisini esirgemeyen sevgili nişanlım Cansu ŞAHAN'a, Yüksek Öğrenim eğitimim boyunca yanımda olan Onur SELÇUK ve Niyazi Serhat ÖZADAM'a ve Tez çalışmam kapsamında gerekli verileri sağlayan Karayolları Genel Müdürlüğü çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım.

Haziran 2021

Mehmet Burak ÇELEBİ

İnşaat Mühendisi



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER	vii
KISALTMALAR	xiii
TABLO LİSTESİ	xv
ŞEKİL LİSTESİ.....	xvii
ÖZET	xix
SUMMARY	xxi
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Enerjinin Tanımı ve Önemi	1
1.2 Enerji Kaynakları	1
1.2.1 Yenilenemez enerji kaynakları.....	2
1.2.1.1 Fosil yakıtlar	2
1.2.1.2 Nükleer enerji.....	3
1.2.2 Yenilenebilir enerji	3
1.2.2.1 Güneş enerjisi.....	4
1.2.2.2 Rüzgar enerjisi	4
1.2.2.3 Biyokütle enerjisi	5
1.2.2.4 Hidrolik enerji	5
1.2.2.5 Jeotermal enerji	5
1.2.2.6 Gel-Git enerjisi.....	6
1.3 Karayolları ve Sınır Çizgisi Tanımı	7
1.4 Türkiye'nin Hedefleri.....	7
1.5 Araştırmanın Amacı	8
1.6 Araştırmanın Hedefleri.....	9
1.7 Araştırmanın Yöntemi.....	10
1.8 Tezin Organizasyonu.....	12
2. LİTERATÜR ÇALIŞMASI	13
2.1 Solar Paneller / Güneş Enerjisi / Fotovoltaik Enerji (Solar Photovoltaic)	13
2.2 Rüzgâr Enerjisi (Wind Energy)	16
2.3 Biyokütle Enerjisi (Biomass Energy).....	17
2.4 Literatür Taramasından Çıkarılan Sonuçlar Ve Bu Projenin Motivasyonu	18
3. KARAYOLLARI GENEL MÜDÜRLÜĞÜ ÇALIŞANLARI ANKETİ.....	21
3.1 Geçmişte Karayolları Sınırları İçerisinde Kalan Bölgelerde Katma Değer Sağlamak İçin Uygulanan Projeler	22
3.2 Şu anda karayolları sınırları içerisinde kalan bölgelerde katma değer sağlamak için uygulanan projeler	22
3.3 Geçmişte Karayolları Sınırları İçerisinde Kalan Bölgelerde Katma Değer Sağlamak Araştırılan/Değerlendirilen Fakat Uygulanmayan Projeler	23

4. DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE YENİLENEBİLİR ENERJİYE YÖNELİK KAMU POLİTİKALARI.....	25
4.1 Dünya'da Yenilenebilir Enerjiye Yönelik Teşvik Mekanizmaları.....	25
4.1.1 Tarife garantisi	25
4.1.2 Sabit fiyat garantileri(Feed-in Tariff - FIT)	25
4.1.3 Prim garantisi(Feed-in Premium – FIP).....	25
4.1.4 Kota yükümlülükleri / Yenilenebilir portföy standartları	26
4.1.5 Yenilenebilir enerji sertifikaları	26
4.1.6 İhale yöntemi ile teşvik	26
4.1.7 Net ölçüm sistemi.....	26
4.2 Türkiye'de Yenilenebilir Enerjiye Yönelik Teşvik Mekanizmaları.....	27
4.2.1 Sabit fiyat garantisi.....	27
4.2.2 İhale yöntemi ile teşvik	28
4.2.3 Yeka projeleri.....	29
4.2.4 Net ölçüm sistemi.....	29
4.2.5 Lisans ücretinden muafiyet	30
4.2.6 Yatırım teşvikleri.....	30
4.2.7 Genel yatırım teşvik planı	30
4.2.7.1 Bölgesel yatırım teşvik planı.....	30
4.2.7.2 Büyük ölçekli yatırımlar teşvik planı	31
4.2.7.3 Stratejik yatırımlar teşvik planı	31
4.3 Türkiye'de Yenilenebilir Enerjiye Dair Uygulanan Kanun ve Yönetmelikler	31
4.3.1 Yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımına dair kanun (5346 Sayılı Kanun)	32
4.3.2 Yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımına dair kanunda değişiklik yapılmasına dair kanun (6094 Sayılı Kanun).....	32
4.3.3 Elektrik piyasası kanunu (4628 Sayılı Kanun).....	33
4.3.5 Enerji verimliliği kanunu (5627 Sayılı Kanun).....	33
4.3.6 Elektrik piyasasında lisanssız elektrik üretim yönetmeliği (30772 Sayılı Yönetmelik).....	34
5. GÜNEŞ ENERJİSİ VE TEKNOLOJİLERİ.....	35
5.1 Fotovoltanik (Pv) Teknoloji	35
5.1.1 Tanım	35
5.1.2 Pv teknolojisi bileşenleri	35
5.1.3 Güneşsel potansiyel.....	37
5.1.4 Montaj yerleri.....	37
5.1.5 Ara bağlantı	37
5.2 Fotovoltanik Sistem Maliyetleri	37
5.2.1 Fotovoltanik sistem ilk yatırım maliyeti	37
5.2.2 Fotovoltanik sistem işletme ve bakım giderleri	39
5.3 Karayolları Sınır Çizgisi İçerisinde Kalan Alanlarda Fotovoltanik Güneş Enerji Sistemleri Örnek Vaka Çalışmaları	42
5.3.1 Oregon Ulaştırma Başkanlığı projesi	42
5.3.1.1 Projenin tanımı	42
5.3.1.2 Edinilen dersler	42
5.3.1.3 Projenin yapılmasındaki motivasyonlar	43
5.3.1.4 Proje paydaşları	44
5.3.1.5 Kullanılan teşvikler, politikalar ve maliyet	44
5.3.1.6 Kullanılan iş modelleri	45

5.3.2 Karayolları 2. Şube Müdürlüğü İzmir GES projesi	45
5.3.2.1 Projenin tanımı	45
5.3.2.2 Edinilen dersler	46
5.3.2.3 Projenin yapılmasındaki motivasyonlar	47
5.3.2.4 Proje paydaşları	47
5.3.2.5 Kullanılan teşvikler, politikalar ve maliyet	47
5.3.2.6 Kullanılan iş modelleri	48
5.4 Güneş Enerji Projesi Fizibilite Analiz Aracı	49
5.4.1 Proje uygulama biriminin oluşturulması	49
5.4.2 Aday arazilerin belirlenmesi ve değerlendirilmesi	50
5.4.2.1 Güneş enerjisi potansiyeli	50
5.4.2.2 Fiziksel alan	51
5.4.2.3 Şebeke bağlantısı	51
5.4.2.4 Erişim ve güvenlik	51
5.4.2.5 Bölgesel enerji planlaması	52
5.4.2.6 Arazi Gereksinimleri	52
5.4.3 Aday arazilerinin fizibilite değerlendirmesi	54
5.4.3.1 Yerinde güneş kaynağı değerlendirmesi	54
5.4.3.2 Proje maliyetinin hesaplanması	54
5.4.3.3 Ön finansal analiz	55
5.4.3.4 Çevresel etki değerlendirmesi raporlarının sunulması	56
5.4.4 Güneş enerji sistemleri tesisi kurulumu için gerekli süreler	57
5.4.5 Halkın katılımı ve paydaş katılımı	57
5.4.6 İş modellerinin değerlendirilmesi	59
5.4.7 Güneş enerji kurulumu yapan firmanın belirlemesi	59
5.4.7.1 Bilgi talebi	60
5.4.7.2 Yeterlilik talebi	60
5.4.7.3 Teklif talebi	60
5.4.8 Proje teslimi ve uygulaması	62
5.5 Yer Seçim Kriterleri ve Türkiye’de Uygulama Alanları	64
5.5.1 Yer seçim kriterleri	64
5.5.2 Güneş enerjisi için fırsat bölgeleri	67
6. RÜZGAR ENERJİSİ VE TEKNOLOJİLERİ	71
6.1 Rüzgâr Enerjisi	71
6.1.1 Tanım	71
6.1.2 Rüzgâr enerjisi teknolojisi bileşenleri	71
6.1.3 Başlıca rüzgâr türbini çeşitleri	73
6.2 Teknik Konular	74
6.3 Rüzgâr Enerjisi Sistem Maliyetleri	75
6.3.1 Yatay eksenli rüzgâr enerjisi sistem ilk yatırım maliyeti	75
6.3.1 Yatay eksenli rüzgâr enerjisi sistem işletme ve bakım giderleri	76
6.4 Karayolları Sınır Çizgisi İçerisinde Kalan Alanlarda Rüzgâr Enerjisi Projeleri Örnek Vaka Çalışmaları	77
6.4.1 Ohio eyaleti Northwood kentindeki karayolları bakım tesisi vaka çalışması	77
6.4.1.1 Projenin tanımı	77
6.4.1.2 Edinilen dersler	78
6.4.1.3 Projenin yapılmasındaki motivasyonlar	79
6.4.1.4 Proje paydaşları	79
6.4.1.5 Kullanılan teşvikler, politikalar ve maliyet	80

6.4.1.6	Kullanılan iş modelleri	80
6.4.2	Hatay-Kısık mevki güneş enerjisi-rüzgâr enerjisi vaka çalışması	81
6.4.2.1	Projenin tanımı	81
6.4.2.2	Projeden edinilen dersler	81
6.4.2.3	Projenin yapılmasındaki motivasyonlar	82
6.5	Rüzgâr Enerji Projesi Fizibilite Analiz Aracı.....	83
6.5.1	Proje uygulama biriminin oluşturulması	84
6.5.2	Aday arazilerin belirlenmesi ve değerlendirilmesi.....	84
6.5.2.1	Rüzgâr enerjisi potansiyeli	84
6.5.2.2	Fiziksel alan.....	85
6.5.2.3	Şebeke bağlantısı.....	85
6.5.2.4	Erişim ve güvenlik	86
6.5.2.5	Bölgesel enerji planlaması	86
6.5.2.6	Arazi gereksinimleri	86
6.5.3	Aday arazilerinin fizibilite değerlendirmesi.....	87
6.5.3.1	Yerinde rüzgar kaynağı değerlendirilmesi	87
6.5.3.2	Proje maliyetinin hesaplanması.....	88
6.5.3.3	Ön finansal analiz.....	89
6.5.3.4	Çevresel etki değerlendirmesi raporlarının sunulması	89
6.5.3.5	Arazinin durumunun tespit edilmesi	90
6.5.4	Halkın katılımı ve paydaş katılımı	90
6.5.5	İş modellerinin değerlendirilmesi.....	91
6.5.6	Rüzgâr enerji kurulumu yapan firmanın belirlemesi.....	92
6.5.6.1	Bilgi talebi	92
6.5.6.2	Yeterlilik talebi.....	93
6.5.6.3	Teklif talebi	93
6.5.7	Proje teslimi ve uygulaması	95
6.6	Yer Seçim Kriterleri ve Türkiye’de Uygulama Alanları	97
6.6.1	Yer seçim kriterleri.....	97
6.6.2	Rüzgâr enerjisi için fırsat bölgeleri	98
7.	BİYOKÜTLE ENERJİSİ VE TEKNOLOJİLERİ	103
7.1	Biyokütle Enerjisi	103
7.1.1	Tanım	103
7.1.1.1	Doğrudan yakma	106
7.1.1.2	Havasız çürütme	106
7.1.1.3	Fermantasyon (mayalama)	107
7.1.1.4	Piroliz	107
7.1.1.5	Gazlaşma	107
7.1.1.6	Biyofotoliz.....	108
7.1.2	Biyoyakıtlar.....	108
7.1.2.1	Biyodizel	108
7.1.2.2	Biyoetanol	109
7.1.2.3	Biyogaz.....	109
7.2	Biyokütle Enerji Projesi Fizibilite Analiz Aracı	109
7.2.1	Uygulama biriminin oluşturulması.....	110
7.2.2	Potansiyel alıcıların belirlenmesi	110
7.2.3	Aday arazilerin belirlenmesi ve değerlendirilmesi.....	110
7.2.3.1	Nakliye maliyeti	111
7.2.3.2	Arazi koşulları	111
7.2.3.3	Saha testi	113

7.2.3.4	Fiziksel alan	113
7.2.3.5	Erişim	113
7.2.3.6	Yabani hayvan tehlikesi	113
7.2.4	Hammadde türünün değerlendirilmesi	113
7.2.4.1	Biyodizel amaçlı üretilebilecek ürünler	114
7.2.4.2	Biyootanol amaçlı üretilebilecek ürünler	114
7.2.5	Aday arazilerinin fizibilite değerlendirmesi	114
7.2.5.1	Proje maliyetinin hesaplanması.....	114
7.2.5.2	Ön finansal analiz.....	115
7.2.6	Halkın katılımı ve paydaş katılımı	116
7.2.7	İş modellerinin değerlendirilmesi	116
7.2.8	Proje teslimi ve uygulaması	117
7.3	Yer Seçim Kriterleri ve Türkiye’de Uygulama Alanları.....	118
7.3.1	Biyodizel yer seçim kriterleri.....	118
7.3.1.1	Biyodizel amaçlı üretilebilecek ürünler	118
7.3.1.2	Biyodizel üretimi yapabilecek tesisler	119
7.3.2	Biyootanol yer seçim kriterleri.....	119
7.3.2.1	Biyootanol amaçlı üretilebilecek ürünler	119
7.3.2.2	Biyootanol üretimi yapabilecek tesisler	120
7.3.3	Biyokütle enerjisi için fırsat bölgeleri.....	121
8. İŞ MODELLERİ		125
8.1	Proje Teslim Yöntemi	125
8.1.1	Kamu işverenleri tarafından kullanılan proje teslim yöntemleri	125
8.1.1.1	Geleneksel sistem (tasarım – ihale –yapım).....	125
8.1.1.2	Tasarım-Yapım sistemi	126
8.1.1.3	Yapımcı mal sahibi	128
8.1.1.4	Anahtar teslim sistemi.....	128
8.1.1.5	Yap işlet devret	129
8.1.1.6	Kamu-Özel işbirliği.....	129
8.2	İhale Sistemleri.....	130
8.2.1	Kamu işverenleri tarafından kullanılan ihale sistemleri	130
8.2.1.1	Açık ihale usulü.....	130
8.2.1.2	Belirli istekliler arasında ihale usulü.....	130
8.2.1.3	Pazarlık usulü	131
8.2.1.4	Doğrudan temin usulü	131
8.3	Sözleşme Tipleri.....	131
8.3.1	Kamu işverenleri tarafından kullanılan sözleşme usülleri	131
8.3.1.1	Anahtar teslim götürü bedelli inşaat sözleşmeleri	131
8.3.1.2	Birim fiyatlı inşaat sözleşmeleri.....	132
8.4	Kamu İhale Kanunu’na Göre Yapım İşlerinde İhale Süreci	132
8.4.1	Kamu İhale Kanunu’nun temel ilkeleri.....	132
8.4.2	Mevzuat çerçevesinde kamu ihale sürecindeki işlemler	132
8.4.3	İhale komisyonu	133
8.4.4	Yaklaşık maliyet ve eşik değerler	133
8.4.5	Uygulanacak ihale usulleri.....	133
8.5	Proje Değerleme Yöntemleri.....	134
8.5.1	Statik yöntemler	134
8.5.1.1	Geri ödeme süresi yöntemi	134
8.5.1.2	Ortalama yıllık getiri oranı yöntemi.....	134
8.5.2	Dinamik yöntemler	134

8.5.2.1	Net bugünkü değer yöntemi (NBD)	135
8.5.2.2	İç verim oranı yöntemi (IVO)	135
8.5.2.3	Karlılık endeksi yöntemi (KE)	135
8.5.2.4	Ekonomik katma değer yöntemi (EKD).....	136
9. SONUÇ, ÖNERİ.....		137
KAYNAKLAR.....		140
EKLER.....		144



KISALTMALAR

RES:	Rüzgar Enerjisi Santrali
GES:	Güneş Enerjisi Santrali
REPA:	Rüzgar Enerjisi Potansiyel Atlası
GEPA:	Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası
BEPA:	Biyokütle Enerjisi Potansiyel Atlası
HES:	Hidroelektrik Santrali
YEKA:	Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanı
YEKDEM:	Yenilenebilir Enerji Kaynakları Destekleme Mekanizması
KGM:	Karayolları Genel Müdürlüğü
YEK:	Yenilenebilir Enerji Kaynakları
EPDK:	Enerji Piyasaları Düzenleme Kanunu
TEİAŞ:	Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi
EDAŞ:	Elektrik Dağıtım Anonim Şirketi
ODOT:	Oregon Department of Transportation
ROW:	Right of Way
ÇED:	Çevresel Etki Değerlendirme
PV:	Fotovoltaik



TABLO LİSTESİ

Sayfa

Tablo 3.1 : Anket Çalışmasına Katılanlar Listesi	24
Tablo 5.1 : 1 MW Kurulu Güçteki Fotovoltaik Santralin İlk Yatırım Maliyeti Alt Kalemleri	39
Tablo 5.2 : 1 MW Kurulu Güçteki Fotovoltaik Tesisin Yıllık İşletme ve Bakım Giderleri	41
Tablo 6.1 : 600 kW Kurulu Güçteki Rüzgar Enerji Santralinin İlk Yatırım Maliyeti Giderleri	76
Tablo 6.2 : 600 kW Kurulu Güçteki Rüzgar Enerji Santralinin İşletme ve Bakım Maliyeti Giderleri	77



ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Oregon Eyaletinde Karayolları Sınır Çizgisi İçinde Kalan Güneş Enerjisi Uygulamaları	14
Şekil 2.2 : Ohio Eyaletinin Veterans' Glass City Skyway Köprüsü Güneş Enerjisi Projesi	14
Şekil 2.3 : Town of Carver Güneş Panelleri	15
Şekil 2.4 : Avrupa'da Ses Bariyeri Üzerinde Güneş Enerjisi Uygulamaları	16
Şekil 2.5 : Karayolu Sınır Çizgisi İçindeki Çeşitli Rüzgâr Enerjisi Uygulamaları ...	17
Şekil 2.6 : Karayolu Sınır Çizgisi İçindeki Biyokütle Enerjisi Uygulamaları.....	17
Şekil 4.1 : Teşvik planına göre Türkiye'nin bölgeleri	31
Şekil 5.1 : PV Sistem bileşenler	36
Şekil 5.2 : PV hücre, modül ve dizi tasarımları	36
Şekil 5.3 : Oregon'daki İlk Karayolu Güneş Enerji Projesi	42
Şekil 5.4 : İzmir KGM Bünyesinde Açık Arazi Üzerindeki GES Projesi	46
Şekil 5.5 : İzmir KGM Bünyesinde Otopark Alanı Üzerindeki GES Projesi.....	47
Şekil 5.6 : İzmir KGM Bünyesinde GES Projesi	48
Şekil 5.7 : Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası (GEPA).....	65
Şekil 5.8 : Arazinin Yukarıdan Görünüşü	67
Şekil 5.9 : Arazinin Güneyden Görünüşü.....	67
Şekil 5.10 : Arazinin Yukarıdan Görünüşü	68
Şekil 5.11 : Arazinin Doğudan Görünüşü	68
Şekil 5.12 : Arazinin Yukarıdan Görünüşü	69
Şekil 5.13 : Arazinin Güneyden Görünüşü.....	69
Şekil 6.1 : RüzgarTürbinlerinin Sınıflandırılması	71
Şekil 6.2 : Rüzgar Türbini İç Yapısı	73
Şekil 6.3 : Yatay eksenli rüzgar türbini bileşenleri	73
Şekil 6.4 : Rüzgar Türbinindeki Hava Akışı	74
Şekil 6.5 : Ohio DOT Rüzgar Enerjisi Projesi.....	78
Şekil 6.6 : Ohio DOT Rüzgar Enerjisi Projesi.....	79
Şekil 6.7 : Ohio DOT Rüzgar Enerjisi Projesi.....	80
Şekil 6.8 : Projede Kullanılan Türbin Ve Panel Bilgileri	81
Şekil 6.9 : Kısık Mevki Güneş Enerjisi-Rüzgar Enerjisi Projesi.....	82
Şekil 6.10 : Kısık Mevki Güneş Enerjisi-Rüzgar Enerjisi Uygulama Yer	83
Şekil 6.11 : Türkiye Rüzgâr Atlası	97
Şekil 6.12 : RES'lerin Bölgelere Göre Dağılımı	98
Şekil 6.13 : Arazinin Yukarıdan Görünüşü	99
Şekil 6.14 : Arazinin Doğudan Görünüşü	99
Şekil 6.15 : Arazinin Yukarıdan Görünüşü	100
Şekil 6.16 : Arazinin Güneyden Görünüşü.....	100
Şekil 6.17 : Arazinin Yukarıdan Görünüşü	101

Şekil 6.18 : Arazinin Kuzeyden Görünüşü	101
Şekil 7.1 : Biyokütle Çevrim Teknolojileri	106
Şekil 7.2 : Biyodizel İşletme Sahibi Firmalar	119
Şekil 7.3 : Biyoetanol Üretimi Yapan Firmalar	121
Şekil 7.4 : Arazinin Yukarıdan Görünüşü	121
Şekil 7.5 : Arazinin Doğudan Görünüşü.....	122
Şekil 7.6 : Arazinin Yukarıdan Görünüşü	122
Şekil 7.7 : Arazinin Kuzeyden Görünüşü	123
Şekil 8.1 : Geleneksel Sistem Proje Teslim Yöntemi Organizasyon Şeması	126
Şekil 8.2 : Tasarım-Yapım Sistem Proje Teslim Yöntemi Organizasyon Şeması...	127
Şekil 8.3 : Anahtar Teslim Proje Teslim Yöntemi Organizasyon Şeması.....	129



KARAYOLU SINIR ÇİZGİSİ İÇİNDE KALAN ALANLARDA YENİLENEBİLİR ENERJİ PROJELERİNİN GELİŞTİRİLMESİ

ÖZET

Dünyadaki enerji ihtiyacının yıllar içerisinde artmış ve insanoğlunun bu enerji ihtiyacını karşılamakta olan kömür, doğalgaz gibi yenilenemez enerji kaynaklarının kullanımının artmasına neden olmuştur. Bu enerji türlerinin yanması sonucu oluşan karbondioksit gibi zararlı gazların ve atıkların ortaya çıkması ciddi çevresel sorunlara yol açmaktadır. Ayrıca kömür ve doğal gaz santrallerinin ortaya çıkardığı hava ve su kirliliğinin de insan ve doğa üzerinde olumsuz etkileri bulunmaktadır. Bu tarz zararlarından dolayı ve yenilenemez enerji kaynaklarının zaman içerisinde bitecek olması insanlarda yeni enerji kaynaklarını aramaya itmiştir. Bu kapsamda insanlar ileride yaşanacak arz sıkıntısının önüne geçilmesi için düzenli ve yenilenebilir enerji kaynaklarına yoğunlaşmıştır. Başlıca yenilenebilir enerji kaynaklarından olan rüzgâr, güneş ve hidroelektrik sistemler çevre kirliliği oluşturmeyen temiz enerji kaynaklarıdır. Bu enerji kaynakları fosil yakıtların tersine zaman içerisinde tükenmez doğada kendiliğinden var olan kaynaklardır. Enerji kaynaklarındaki çeşitliliğin artması zaman içerisinde oluşacak enerji krizlerinin de engellenmesine yardımcı olur. Bu kapsamda gerçekleştirilen çalışmamızın amacı, ülkemiz otoyol, devlet ve il yolları sınır çizgisi içinde kalan ve şu anda kullanıma açık olmayan atıl alanların uygun şekilde değerlendirilmesi ve bu alanlarda yüksek katma değer sağlayacak en uygun yenilenebilir enerji projelerinin seçilmesi, geliştirilmesi ve uygulanması için gerekli temel bilimsel çalışmayı tamamlamaktır. Literatür çalışmamızdan elde ettiğimiz veriler ile Dünya’da çeşitli ülkelerde benzer projelerin her geçen gün arttığı gözlenmiştir.

Tez kapsamında Karayolları Genel Müdürlüğü çalışanları ile anket çalışması yapılmıştır. Bu anket çalışmasının amacı, literatürde bulunmayan veya başlangıç aşamasında bulunan karayolları sınırları içerisindeki arazilere katma değer sağlayan projeler hakkında bilgi edinmektir.

Tez kapsamında ayrıca yenilenebilir enerji ile ilgili ülkemizdeki hukuki çerçeve değerlendirilmiştir. Yenilenebilir enerjiye dair günümüze kadar çıkarılan bütün yasalar ve yönetmelikler incelenmiş, Dünya’da ve Türkiye’de kullanılan yenilenebilir enerji kamu politikaları açıklanmıştır.

Tez çalışmamız kapsamında uyguladığımız bir diğer adımı olarak güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi ve biyokütle enerjisi için Türkiye’de ve Dünyadaki vaka çalışmaları yapılmış, vaka çalışmalarında; projeler tanıtılmış, projeden çıkarılan dersler açıklanmış, projenin gerçekleşmesi için motivasyonlar belirtilmiş, projede katkı sağlayan proje paydaşları, teşvikler, politikalar ve kullanılan iş modelleri tek tek açıklanmıştır.

Tez çalışmamızın bir sonucu olarak ‘Fizibilite Analiz Aracı’ geliştirilmiştir. Güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi ve biyokütle enerjisi için ayrı ayrı geliştirilen ‘Fizibilite Analiz Aracı’ ile bu tarz projeleri hayata geçirmek isteyenler için uygulaması gereken adımlar belirlenmiştir. Projenin uygulanacağı arazilerin seçiminde Güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi ve biyokütle enerjisi için dikkat edilmesi gereken noktalar, arazilerin fizibilite değerlendirmesi, proje paydaşlarının seçiminde dikkat edilmesi gereken noktalar, kullanılabilecek iş modelleri değerlendirilmiştir.

Fizibilite Analiz Aracında bulunan yer seçim kriterleri de dikkate alınarak Karayolları Genel Müdürlüğü bünyesindeki atıl durumda bulunan araziler belirlenmiş. Güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi ve biyokütle enerjisi için ayrı ayrı potansiyel fırsat bölgeleri belirlenmiştir.



DEVELOPMENT OF RENEWABLE ENERGY PROJECTS IN HIGHWAY RIGHTS-OF-WAY

SUMMARY

The increasing energy need in the world over the years has led to an increase in the use of non-renewable energy resources such as coal and natural gas. The use of these energy types causes serious environmental problems like air and water pollution. Due to such damages and the fact that non-renewable energy sources will end over time, new energy resources have been started to be searched. In this context, people have focused on regular and renewable energy sources to prevent supply shortages in the future and reduce their impact on the environment. Wind, solar and hydroelectric systems, which are among the major renewable energy sources, are clean energy sources that do not create environmental pollution. These energy sources are inexhaustible resources that exist spontaneously in nature, unlike fossil fuels. Increasing diversity in energy sources helps prevent energy crises that will occur over time.

The aim of this thesis is to appropriately evaluate the areas within the boundary line of highways, state and provincial roads in our country and to complete the basic scientific work required for the selection, development, and implementation of the most suitable renewable energy projects that will provide high added value in these areas. Benefits that could be realized from implementing renewable energy projects in highway ROWs include (i) adding value to empty, unutilized pieces of land in the highway system, (ii) providing additional revenues and cost savings to highway agencies, (iii) ensuring energy security by diversifying energy production, (iv) accelerating the transition to renewable energy as a country, and (v) increasing public interest in renewable energy.

Renewable energy projects for highway ROW are not applicable under all geographic and financial conditions. The primary objective of this thesis was to develop a

Renewable Energy Project Feasibility Analysis Tool for decision-makers in highway agencies and to determine example opportunity zones in Turkey where renewable energy projects could be applied to extract added value from highway ROW. The development of the proposed analysis tool included analysis of financial and technical criteria for different renewable energy project types in the highway ROW including solar energy, wind energy, and biomass energy. To achieve this objective, the research was conducted in three phases. Phase-1 established the state-of-practice of a renewable energy project in highway ROW through data collection by using literature review, interview survey, and case studies of select projects. In Phase 2, the proposed renewable energy project feasibility analysis tool was developed for solar photovoltaic (PV), wind energy, and biomass energy, separately. Finally, using the developed feasibility analysis tools, a few opportunity zones for the application of renewable energy projects in highway ROWs of Turkey were determined in Phase 3.

With the data we obtained from our literature study, it has been observed that similar projects in various countries around the world are increasing day by day. Within the scope of the thesis, a survey was conducted with the employees of the General Directorate of Highways. The purpose of this survey study is to obtain information about projects that do not exist in the literature or the initial phase. Additionally, the public policies made for renewable energy in the Highway Right of Ways such as incentive and support mechanisms are examined and the efficiency of these mechanisms is evaluated.

This research investigated solar, wind, and biomass energy and their implementation. Accordingly, the renewable energy project practices in the right of way were analyzed and examined. The purpose of the case studies was to collect additional detailed qualitative and quantitative data on the high-priority project types identified through literature review. The collected data were combined with the information collected through literature review and survey of transport agencies to develop the proposed renewable energy feasibility analysis tools. In execution of the case of studies, each project was analyzed for (i) technical issues (size, location, positioning, security, etc.), (ii) economic issues (revenues, costs, financing model, incentives, etc.), and (iii) social issues (stakeholders, environmental effects, etc.). Also, other motivations and lessons learned were collected and analyzed.

Based on the data collected (including the literature review, the questionnaire survey, and the case studies), three Renewable Energy Project Feasibility Analysis Tools were developed to assist highway agencies with the application of three renewable energy project types (solar, wind, and biomass) in the highway ROWs. The feasibility analysis tools are expected to assist decision-makers in determining which type of projects are suitable for their local resources and will guide in determining where and how renewable energy projects could be implemented by providing the important points to take into account in the decision-making process. The tools provide a list of technical, financial, and environmental criteria that play an important role in choosing and implementing new renewable energy projects in highway ROW.

Next, using the "Renewable Energy Project Feasibility Analysis Tool", the most suitable locations offered by various local highway agencies and electoral regions for renewable energy projects in the right of way were determined for the project types and 3 opportunity zones for the solar energy projects, 3 opportunity zones for the wind energy projects, and 2 opportunity zones for the biomass energy projects were selected.



1. GİRİŞ

1.1 Enerjinin Tanımı ve Önemi

En temel tanımıyla enerji iş yapabilme yeteneğidir. Tıpkı uzunluk gibi skaler bir büyüklüktür. Yani yalnızca bir sayı ve bir birimle ifade edilen bir büyüklüktür. 8 ana enerji çeşidi vardır. Bunlar potansiyel, kinetik, ısı, ışık, elektrik, kimyasal, nükleer ve ses enerjisidir. Enerjinin Korunumu Kanununa göre enerji hiçbir zaman kaybolmaz sadece başka bir enerji türüne dönüşür. İnsanoğlunun yıllar içerisindeki tecrübeleri doğrultusunda enerjiyi diğer tür enerjilere çevirmeyi başarabilmiştir.

Endüstriyelleşme ile enerjinin önemi daha çok anlaşılmış insanoğlunun hayatının en önemli parçalarından birisi haline gelmiştir. Endüstriyelleşmeden önce enerji ihtiyacı odun, rüzgâr gibi kaynaklardan, insan ve hayvanların kas gücünden karşılanırken makinelerin icadı ile bu enerji gereksinim değişmiş kömür, doğalgaz, hidro-elektrik, nükleer santral gibi enerji kaynaklarına kaymıştır. Enerjinin yoğun olarak kullanımı ile üretim artmış ve insanların yaşam kalitesini belirleyen standartları yükselmiştir. Enerjinin üretimi, kullanımı, dağıtımı bir ülkenin ekonomik ve refah seviyesini belirleyen faktörlerin başında gelmeye başlamıştır.

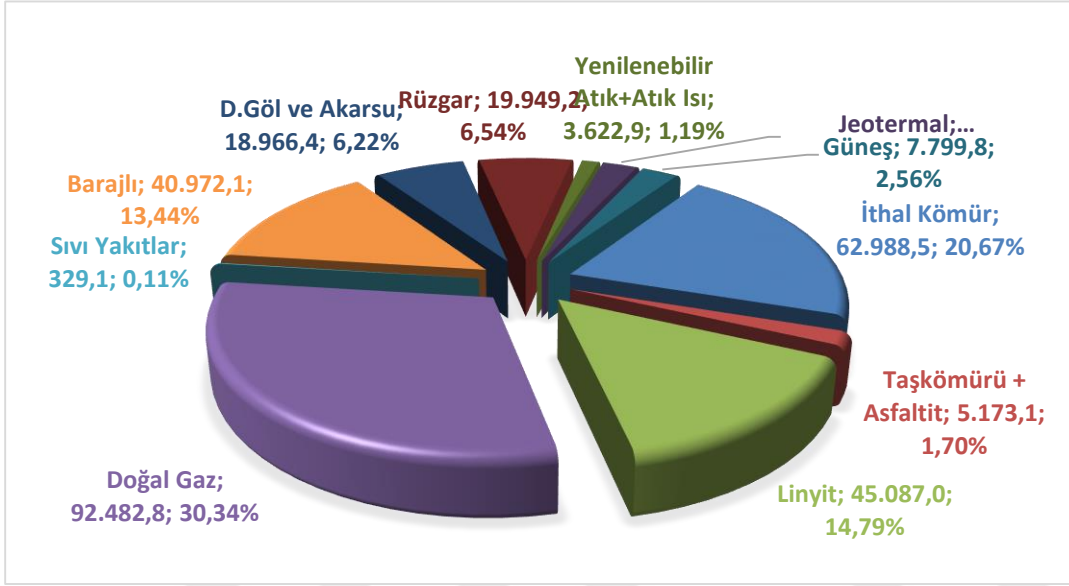
1.2 Enerji Kaynakları

Dünyada enerji kaynakları yenilenebilir ve tükenebilir olmasına, doğrudan ve dolaylı kullanılmasına göre farklı sınıflara ayrılmıştır. Temizleme ve ayrışma dışında herhangi bir değişim göstermeden doğada bulunan enerji kaynaklarına birincil enerji kaynakları denir. Bunlara örnek olarak kömür, ham petrol, güneş, rüzgâr, nehir, bitki örtüsü ve uranyumdur. Birincil enerjinin çeşitli yöntemlerle değiştirilmesi ile kullanılmaya hazır hale gelen enerji kaynaklarına da ikincil enerji kaynakları denir. Elektrik enerjisi, benzin buna örnek olarak verilebilecek enerji türleridir.

Doğada tüketildikten sonra tekrar kullanılamayan enerji çeşitlerine de tükenebilir enerji kaynakları denilmektedir. Petrol, doğalgaz, kömür tükenabilir enerji kaynaklarına verilebilecek başlıca örneklerdendir. Fakat güneş, rüzgâr, biyokütle gibi

enerji türleri doğada kullanılmasına rağmen her zaman var olacak enerji türleri olduğu için bu tür enerjilere yenilenebilir enerji türleri denilmektedir.

TEİAŞ (Türkiye Elektrik İletim A.Ş) 2018 verilerine göre Türkiye’de elektrik enerjisi üretiminde kaynakların başında %30,34 ile doğalgaz gelmektedir. Doğalgazı ithal kömür ve linyit takip etmektedir. Yenilenebilir enerjide hidroelektrik santraller 13,44 ile birinci sıradadır. Toplam veri içerisinde yenilenebilir enerjinin oranı %32,5’dir.



Şekil 1.1 : 2018 Yılı Türkiye Elektrik Enerjisi Üretimine Kaynaklara Göre Dağılımı

Yenilenemez enerji kaynakları, doğada bulunan fakat kullandıkça tükenen enerji kaynaklarını ifade etmektedir. Yenilenemez enerji kaynakları fosil kaynaklı ve çekirdek (nükleer) kaynaklı olarak iki çeşittir.

1.2.1 Yenilenemez enerji kaynakları

1.2.1.1 Fosil yakıtlar

Yıllar öncesinde yaşamış organik maddelerin fosilleşerek enerji yoğun kütlelere dönüşmektedir. Tüketilmesi çok kısa bir zamanda gerçekleşen bu kaynakların yenisinin oluşması uzun zaman alacağı için yenilenemez enerji kaynakları sınıfına girmektedir. Petrol, kömür, doğalgaz, uranyum, toryum gibi doğada bulunan fosil kaynakların yakılması ile ortaya enerji çıkar. Bu tarz enerji ısınmada, araçların hareketinde, elektrik üretiminde kullanılır.

BP tarafından 2018 yılında yayınlanan enerji görünümü raporlarına göre günümüzde insanların kullandığı enerjinin (elektrik, ulaşım, ısınma vb.) yüzde 81'i fosil kaynaklardan sağlanmaktadır. (BP 2018)

1.2.1.2 Nükleer enerji

Uranyum ve benzeri atom parçalarının reaksiyona girerek bir araya gelmesine(füzyon) ya da bölünmesi(fisyon) sonucunda açığa çıkan enerjiye nükleer enerji(çekirdek enerjisi) denilmektedir.

Nükleer enerji üretiminin radyo aktivite kontrolü, atık yönetimi gibi unsurları da içerdiği için ilk yatırım maliyetini oldukça yüksektir. Ayrıca kullanılacak yakıtın kolay taşınabilirliği ve geri dönüşüm sayesinde tekrar kullanılabilir olması nükleer enerjinin avantajlı tarafıdır. Ancak, nükleer silah olacak da kullanılabildiği için ulusal ve uluslararası düzeyde çok sıkı bir denetim mekanizmasına tabi tutulmaktadır. (Savrul, 2010: 32).

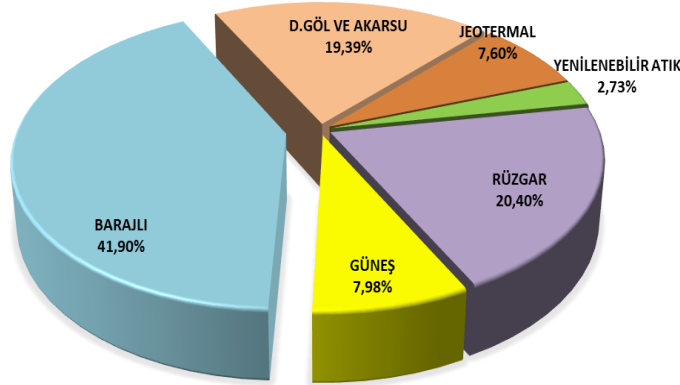
Dünya çapında var olan nükleer enerji santrallerinin yüzde 32'si Amerika'da bulunmaktadır. Amerika'dan sonra yüzde 15 ile Fransa gelmektedir. (BP 2018)

1.2.2 Yenilenebilir enerji

Yenilenemez enerjinin bir sonunun olacağı bilinci ve toplum üzerindeki artan enerji ihtiyacı insanları yeni enerji kaynaklarına itmiştir. Fosil yakıtların alternatifi olarak yenilenebilir enerji düşünülmüş ve hala günümüzde bu alanda ilerlemeler devam etmektedir. Yenilenebilir (tükenmez) enerji kaynakları, doğada bulunup tükenmeden tekrar oluşan enerji türlerine denir. Bu kaynaklar arasında güneş, rüzgar, biyokütle, biyogaz, hidrolik, jeotermal, gel-git, hidrojen sayılabilir. Türkiye, yenilenebilir enerji kaynaklarının çeşitliliği ve potansiyeli bakımından diğer ülkelere göre oldukça zengin bir ülkedir. Ülkemiz, birçok ülkede bulunmayan jeotermal enerjide dünya potansiyelinin %8'ine, dünya üzerinde bulunduğu konumdan dolayı önemli bir güneş enerjisi potansiyeline, yer şekil özellikleri ve su kaynakları nedeniyle önemli bir hidrolik enerji potansiyeli ve önemli ölçüde bir rüzgâr potansiyeline sahiptir. (YILMAZ 2012)

Yine şekil 1.2'de görüldüğü gibi TEİAŞ'nin 2018 Türkiye'nin yenilenebilir kaynaklardan elektrik enerjisi üretiminin dağılımına bakıldığında barajlardan sağlanan hidroelektrik santralleri %41,9 ile birinci sırada, rüzgar enerjisi %20,4 ile ikinci sırada

ve göl ve akarsulardan elde edilen enerji de yüzde 19,39 ile üçüncü sırada bulunmaktadır.



Şekil 1.2 : 2018 Yılı Türkiye'nin Yenilenebilir Kaynaklardan Elektrik Enerjisi Üretiminin Göre Dağılımı

1.2.2.1 Güneş enerjisi

Güneş enerjisi, güneşin çekirdeğinde bulunan hidrojen gazını helyuma dönüştüren füzyon reaksiyonu sonucu ortaya çıkan çok güçlü bir enerjidir. Bu enerjinin güneş ışınları ile dünyamıza gelmesi ile doğrudan ısı enerjisi olarak ya da gerekli dönüşümler sağlanarak elektrik enerjisi olarak da kullanılabilir. Dünyaya gelen güneş ışınlarının enerjisi, dünya üzerinde kullanılan enerjinin kat ve kat fazlasıdır. Güneş enerji bir çok alanda kullanılmasına rağmen en çok fotovoltanik ve ısı güneş teknolojilerinde kullanılmaktadır. Isıl güneş teknolojilerinde güneş enerjiden ısı elde edilir. Diğer yandan güneş enerjisinin direkt olarak kullanıldığı yarı iletken olan fotovoltanik hücreler ise güneş ışınlarını elektriğe çevirebilmektedir. Fotovoltanik hücrelerin çeşidine göre üzerine düşen ışınları %5 ile %30 arasında bir verimle elektrik enerjisine dönüştürebilmektedir. (Ketenci 2019)

1.2.2.2 Rüzgar enerjisi

Rüzgâr enerjisi, güneş radyasyonlarının dünya üzerindeki kara ve deniz parçalarını farklı derecede ısındırması sonucu oluşan nem, hava sıcaklığı, basınç farkının dengelenmesi için hareket eden hava hareketleri sonucunda oluşur. Yüksek basınçtan alçak basınca hareket eden hava sonucunda rüzgar oluşur. Oluşan rüzgardan mekanik enerji veya elektrik enerjisi üretilmektedir. Rüzgar türbinlerinin dönmesi ile kinetik enerji oluşur. Bir jeneratör ile de bu kinetik enerjiyi elektrik enerjisine dönüştürülür. Mekanik enerji ile tarih boyunca kuyulardan su çekmek için

kullanılmıştır. Elektrik enerjisi üretmek için ise Rüzgar Enerji Santralleri(RES) kurulmaktadır.

1.2.2.3 Biyokütle enerjisi

Biyokütle enerjisi, içerisinde karbonhidrat bileşikleri bulunduran bitkisel ve hayvansal kökenli maddelerden elde edilen enerji çeşididir. Bitkiler fotosentez ile güneşten aldığı enerjiyi kimyasal enerjiye dönüştürmeleri sonucu açığa çıkan enerjidir. Günümüzde, biyokütle enerji kaynakları kullanılarak ile biyoetanol, biyodizel ve biyogaz gibi yakıt çeşitleri elde edilmektedir. Biyoetanol ve biyodizelin elde edilmesinde çeşitli bitkiler veya hayvansal yağlar kullanılmaktadır. Biyogaz ise organik maddelerin (bitkisel ve hayvansal atıklar, şehir ve endüstriyel atıklar) oksijensiz ortamda fermantasyonu sonucu oluşan ağırlıklı olarak metan ve karbondioksit gazıdır.

1.2.2.4 Hidrolik enerji

Hidrolik enerji, nehirler üzerine kurulan barajlar suyun birikmesi ve biriken suyun potansiyel enerjisi kullanılarak türbinlerin döndürülmesi ile elektrik enerji elde etme işlemidir. Bu amaçla hidroelektrik santrallerinden (HES) yararlanılmaktadır. Suyun düşme yüksekliği ve suyun miktarı santralde bulunan türbinlerin dönüş hızını etkilemektedir. Türbinlerin kazandığı kinetik enerji ise bir jeneratör ile elektrik enerjisine dönüştürülür.

1.2.2.5 Jeotermal enerji

Jeotermal enerji, yerkürenin içerisindeki doğal ısı ile ısınmış olan basınç altındaki sıcak su, buhar, gazdan yararlanılarak enerji elde etme işlemidir. Elektrik elde edilmesi ve ısıtma amacıyla kullanılmaktadır.

Yerkabuğundan sızan sular magma tarafından ısınan kaya ile temas eder. Bu temas sırasında ısınan su yeryüzüne gayzerler şeklinde çıkar. Suyun yeryüzüne çıkışı genellikle 150 °C civarındadır. Jeotermal açıdan Türkiye coğrafik ve jeolojik konumu itibari ile aktif bir kuşak üzerinde yer almaktadır. Bu nedenle jeotermal enerjisinde dünyada sayılı ülkeler arasındadır.

1.2.2.6 Gel-Git enerjisi

Gel-git enerjisi, Ay'ın çekim kuvveti ile deniz ve okyanus sularının yükselip alçalması ile oluşan seviye farkının değerlendirilmesi ile üretilen enerji çeşididir. (Mimarlar ve Mühendisler Odası 2015)

Gel-git enerjisi Ay ile deniz ve okyanustaki suların kütesinin çekim kuvveti ile oluşur. Deniz ve okyanustaki suların bu kuvvet etkisi ile yükselip alçalması ile oluşan enerji çeşididir.

Tablo 1.1'de görüldüğü gibi TEİAŞ'ın verilerine göre 2006 yılından itibaren toplam kurulu güç içerisindeki yenilenebilir enerjinin payı yıllar içerisinde artmaktadır. Ayrıca güneş enerjisinin de 2014 sonrasında başlaması ve yıllar içinde hızlı yükselişi dikkat çekmektedir.

Tablo 1.1 : 2000-2018 Yılları Arasında Yenilenebilir Kaynaklı Kurulu Gücün Türkiye Toplam Kurulu Gücü İçerisindeki Payının Yıllar İtibariyle Gelişimi

YILLAR	HİDROLİK	JEOTERMAL	RÜZGÂR	GÜNEŞ	BİYOKÜTL E *	YENİLENEBİLİ R KURULU GÜCÜ	TÜRKİYE TOPLAM KURULU GÜCÜ	Birim (Unit) : MW YENİLENEBİLİ RİN PAYI %
2000	11.175,2	17,5	18,9		10,0	11.221,6	27.264	41,2
2001	11.672,9	17,5	18,9		10,0	11.719,3	28.332	41,4
2004	12.645,4	15,0	18,9		13,8	12.693,1	36.824	34,5
2005	12.906,1	15,0	20,1		13,8	12.955,0	38.843	33,4
2006	13.062,7	23,0	59,0		19,8	13.164,4	40.564	32,5
2008	13.828,7	29,8	363,7		38,2	14.260,4	41.817	34,1
2010	15.831,2	94,2	1.320,2		85,7	17.331,3	49.524	35,0
2012	19.609,4	162,2	2.260,6		147,3	22.179,5	57.059	38,9
2014	23.643,2	404,9	3.629,7	40,2	227,0	27.945,0	69.519	40,2
2015	25.867,8	623,9	4.503,2	248,8	277,1	31.520,8	73.146	43,1
2016	26.681,1	820,9	5.751,3	832,5	363,8	34.449,6	78.497	43,9
2017	27.273,1	1.063,7	6.516,2	3.420,7	477,4	38.751,1	85.200	45,5
2018	28.291,4	1.282,5	7.005,4	5.062,8	621,9	42.264,0	88.550	47,7

* Endüstriyel Atık Dahil.

1.3 Karayolları ve Sınır Çizgisi Tanımı

2918 sayılı Karayolları Trafik kanunun 3. Maddesine göre karayolu, “Trafik için, kamunun yararlanmasına açık olan arazi şeridi, köprüler ve alanları” şeklinde tanımlanır. Türkiye Cumhuriyeti’nde karayollarının sorumluluğu Ulaştırma ve Altyapı Bakanlığı bünyesindeki Karayolları Genel Müdürlüğüne aittir.

Karayolları sınır çizgisi ise Karayolları Kenarında Yapılacak Ve Açılacak Tesisler Hakkında Yönetmeliğinin 1. maddesine göre “Kamulaştırma yoluyla veya kanunlarla kamuya terk veya tahsis edilmiş karayolunda, mülke olan sınır çizgisi, diğer karayollarında, yarmada, şevden sonra hendek varsa hendek dış kenarı, hendek yoksa şev üstü kenarı, dolguda şev etek çizgisi, yaya yolu ayrılmış karayolunda ise, yaya yolunun mülkle birleştiği çizgidir.” şeklinde tanımlanır. Yol yapımı için kamulaştırma yapılırken yol gövdesinin inşa edileceği yerler ile birlikte yolun peyzaj ve ağaçlandırma sahası, kar yağışı yoğun olan bölgelerde kar kümelerinin atılacağı alanlar, servis yolu, emniyet sahası, ileriki yıllarda genişletilmesi muhtemel olan yollarda kamulaştırma sınırına dâhil edilir. Tarım alanlarında ki özel ve tüzel kişiliklere ait taşınmazların yol inşaatından sonra arta kalan kısımları alan ve geometrik olarak tarım yapmaya elverişli değil ise bu kısımlar da kamulaştırma sınırları içerisine alınır. Bu sebepten dolayı yer yer geniş yer yer dar olmak üzere karayolları kenarlarında Karayolları Genel Müdürlüklerine bağlı boş araziler bulunmaktadır. Yola yapacağı gölgeleme ve devrilme tehlikelerine karşılık bu arazilere ağaç dikilmesi de uygun değildir.

1.4 Türkiye’nin Hedefleri

On Birinci Kalkınma Planının 378.4. maddesine göre “Enerji alanında; yerli ekipman kullanımı, Ar-Ge, teknoloji transferi, kamu alımları gibi hususları içerecek mekanizmalar ile yeni yatırım modelleri hayata geçirilecektir”. 491. maddeye göre “Yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik üretimi artırılacak, yenilenebilir enerji üretiminin şebekeye güvenli bir şekilde entegrasyonunun sağlanması amacıyla gerekli planlama ve yatırımlar gerçekleştirilecektir.” Ayrıca “YEKA benzeri modeller sayesinde yenilenebilir kaynakların elektrik enerjisi üretiminde daha yoğun bir şekilde kullanılması sağlanacaktır.” şeklindedir. (T.C Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı 2019)

On birinci kalkınma planına göre yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik üretimindeki payı 2018 yılında %32,5 iken 2023 yılında %38,8 olması hedeflenmektedir. (T.C Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı 2019)

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı'nın yayınladığı 2019-2023 Stratejik Planına göre de sürdürülebilir enerji arz güvenliğinin sağlanması için Hedef 1.1. “Yerli ve yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik kurulu gücünün toplam kurulu güce oranının %59’dan %65 seviyesine yükseltilmesi sağlanacaktır.” şeklindedir. Bu hedefin stratejileri arasında YEKA ve benzeri modeller ile elektrik enerjisi üretiminde yenilenebilir kaynakların daha aktif bir şekilde kullanılması yer almaktadır. (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2019)

1.5 Araştırmanın Amacı

Karayolları sınır çizgisi içinde kalan, herhangi bir şekilde değerlendirilmeyen alanların yenilenebilir enerji üretimi gibi (güneş, rüzgâr, biyokütle, vs.) alternatif ve yenilikçi bir yolla, kamu hizmetini aksatmayacak şekilde “katma değer” sağlanması son zamanlarda bazı Avrupa ülkelerinde ve Amerika Birleşik Devletleri’nde yeni kaynak yaratmak ve mevcut işletme maliyetlerini düşürmek amaçlı münferit projeler şeklinde uygulanmış ve gayet olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Fakat literatür özetinde bahsedilecek bu yenilikçi projeleri ilk uygulayan ülkelerde bile şu anda bu tür projeler emekleme çağında olup, yasal prosedürler, teknik ve ekonomik fizibilite ve çevresel hususlar ile ilgili olan faktörlerden dolayı projelerin planlanması ve uygulanmasında önemli belirsizliklerle karşı karşıya gelmekte ve düzenli, sistematik uygulamalar mümkün olmamaktadır.

Türkiye açısından bakacak olursak yukarıda bazı örnekleri verilen yenilenebilir enerji projelerinin ülkemizde karayolları sınır çizgisi içinde kalan alanlarda bilinen düzenli bir uygulaması yoktur. Yenilenebilir enerji projeleri, Türkiye'nin enerji ihtiyacında çeşitliliğin artması ve dışa bağımlılığını azaltması açısından kritik bir öneme sahiptir. Bu doğrultuda, önerilen bu araştırmanın amacı ülkemiz otoyol, devlet ve il yolları sınır çizgisi içinde kalan alanların uygun şekilde değerlendirilmesi ve bu alanlarda yüksek katma değer sağlayacak en uygun yenilenebilir enerji projelerinin seçilmesi, geliştirilmesi ve uygulanması için gerekli temel bilimsel çalışmayı tamamlamaktır.

Karayolları sınır bölgesi içerisindeki alanlara yenilenebilir enerji projelerinin geliştirilmesi;

- Karayollarındaki boş arazilere değer kazandırılması
- Karayolları Genel Müdürlüğüne ek gelir sağlaması
- Sera gazı gibi zararlı gazların yayılmasını azaltması
- Enerji üretim ve dağıtım yöntemlerinin çeşitlenmesi ile enerji güvenliği sağlanması
- Ülke olarak yenilenebilir enerjiye geçişin hızlanmasına katkı sağlanması
- Halk tarafında yenilenebilir enerjiye ilginin artması gibi pozitif etkileri bulunmaktadır.

1.6 Araştırmanın Hedefleri

Yukarıda açıklanan amaçtan yola çıkarak önerilen bu projede aşağıda belirtilen beş hedef belirlenmiştir:

1. Gelişmiş ülkelerde karayolları sınır çizgisi içinde kalan alanlarda uygulaması tamamlanmış, uygulanmakta olan veya uygulanması için ön çalışmanın yapıldığı tüm yenilenebilir enerji proje alternatiflerinin belirlenmesi ve bunların uygun kategoriler altında sınıflandırılması
2. Belirlenen yenilenebilir enerji projesi alternatiflerinin ülkemizde karayolları sınır çizgisi içinde hayata geçirilmesi ile alakalı mevzuat, düzenleme, yönetmeliklerin ve teşviklerin incelenmesi ve ileride engel teşkil edebilecek sorunların giderilmesi için varsa hukuki çerçevede yapılması gereken değişikliklerin belirlenmesi
3. Belirlenen yenilenebilir enerji projesi alternatifleri ile ilgili teknik, mali ve çevresel kriterlerin kapsamlı analizini sağlayacak olan, bu projelerin ülkemizde planlanması ve uygulanmasında ilgili kuruluşlar tarafından kullanılacak “Yenilenebilir Enerji Projesi Fizibilite Analiz Aracı”nın (Renewable Energy Project Feasibility Analysis Tool) geliştirilmesi
4. Geliştirilen “Yenilenebilir Enerji Projesi Fizibilite Analiz Aracı”nı kullanarak belirlenen proje türleri için ülkemiz otoyol, devlet ve il yolları sınır çizgisi içinde kalan en uygun lokasyonların ve fırsat bölgelerinin belirlenmesi

5. Proje sonuçlarının yayınlanması ve ilgili kurumların haberdar edilmesi

1.7 Araştırmanın Yöntemi

Araştırmanın yöntemi 4 iş paketinden oluşmaktadır.

İş Paketi 1: Karayolu Sınır Çizgisi İçinde Kalan Alanlardaki Yenilenebilir Enerji Projesi Uygulamalarının Derlenmesi ve İncelenmesi

İş paketi 1'in hedefi, ülkemiz karayolu sınır çizgisi içinde kalan alanların yenilenebilir enerji üretimi için kullanılması konusunda eksiksiz bir seçenek yelpazesi sunmak ve başarıya ulaşma potansiyeli olan projelerin kapsamlı bir envanterini çıkarmaktır. İş Paketi-1, dört alt iş paketinden oluşmaktadır.

1.1. Literatür Taraması

Bu alt iş paketinin amacı yayınlanan akademik makaleleri, danışmanlık raporlarını, belgelendirilmiş araştırmaları ve kamuya sunulmuş diğer bilgi kaynaklarını inceleyerek yürütülen kapsamlı literatür incelemesini tamamlamaktır.

1.2. Karayolları Genel Müdürlüğü Çalışanları Anketi

Araştırmacının (1.1) Literatür Taraması alt iş paketi tamamlandığında, karayolu sınır çizgisi içinde kalan alanlara uygulanmış ve hakkında herhangi bir makale, proje raporu vb. yayınlar yapılmış yenilenebilir enerji projeleri hakkında eksiksiz bilgi donanımı olacaktır. Ancak, başlangıç aşamasında olan veya herhangi bir sebepten ötürü daha kamuoyuna duyurulmamış pilot projeler, özellikle yenilenebilir enerji gibi teknolojisi hızla gelişen alanlarda sıkça görülmektedir.

Bu nedenle, yukarıda bahsedilen şekilde herhangi bir yenilenebilir enerji projesini atlamamak için, (1.2) alt iş paketinde, karayolu sınır çizgisi içinde kalan alanların geleneksel olmayan biçimde yenilenebilir enerji projeleri için kullanılması hakkında iletişim kurulan kurumlardan bilgi talep edecektir.

1.3. Karayolu Sınır Çizgisi İçinde Kalan Alanlardaki Yenilenebilir Enerji Projesi Uygulamalarının Kapsamlı Envanteri

(1.1) ve (1.2) alt iş paketleri tamamlandıktan sonra önerilen bu proje ile en alakalı ve güvenilir, yüksek öncelikli yenilenebilir enerji projesi çeşitleri (1.4) alt iş paketinde değerlendirilmek üzere belirlenecektir.

1.4. Başarılı, Takdir Toplamış Yenilenebilir Enerji Projesi Uygulamalarının Vaka Çalışması

Bu alt iş paketinin amacı, örnek vaka çalışmaları (case study) yaparak (1.3) alt iş paketinde belirlenen yüksek öncelikli proje türleriyle ilgili ayrıntılı teknik, ekonomik, sosyal ve benzeri verileri toplamaktır. (1.4) alt iş paketinde toplanan veriler, İş paketi-3’de “Yenilenebilir Enerji Projesi Fizibilite Analiz Aracı”nın içeriğini geliştirmek için (1.1) ve (1.2) iş paketlerinde elde edilen bulgularla bir araya getirilecektir.

İş Paketi-2 : Ülkemiz Karayolu Sınır Çizgisi İçinde Kalan Alanlarda Uygulanacak Potansiyel Yenilenebilir Enerji Projeleriyle Alakalı Hukuki Çerçevenin Değerlendirilmesi

İş paketi-2’nin amacı ülkemizin karayolu sınır çizgisi içinde kalan alanlardan potansiyel olarak daha fazla katma değer elde edebileceği hukuki yapıyı ve var olan yasal kısıtlamaları değerlendirmek ve bu araştırmada tanımlanan potansiyel yenilenebilir enerji projelerini uygulanabilir hale getirmek için yasalarda veya yönetmeliklerde yapılacak potansiyel değişiklikleri belirlemek olacaktır.

İŞ PAKETİ-3: “Yenilenebilir Enerji Projesi Fizibilite Analiz Aracı”nın Oluşturulması
“Yenilenebilir Enerji Projesi Fizibilite Analiz Aracı”nın hedefi, kavranması ve kullanması kolay ve ülkemizin karayolu sınır çizgisi içinde kalan alanlardaki söz konusu yenilenebilir enerji projelerini başarıyla tasarlamak ve yönetmek üzere verilen bilgilerin bir platform olarak kullanılabileceği bir araç oluşturmaktır.

Ayrıca, Karayolları Genel Müdürlüğü bölgelerine ve bölge yöneticilerine, kendi yerel kaynaklarına hangi tür projelerin uygun olduğunu belirlemede yardımcı olacak ve yenilenebilir enerji projelerinin nerede ve hangi şartlarda uygulamaya geçirileceğini saptamada rehberlik edecektir.

İŞ PAKETİ-4: Yenilenebilir Enerji Projeleri İçin Fırsat Bölgelerinin Belirlenmesi

Bu iş paketinin amacı “Yenilenebilir Enerji Projesi Fizibilite Analiz Aracı”na dahil edilen yüksek öncelikli proje türleri için ülkemizdeki fırsat bölgelerini (opportunity zones) ve en uygun aday sahaları belirlemektir. Ülkemiz karayolları sınır çizgisi içinde kalan alanlardaki mevcut kaynakları sistematik biçimde İncelenmesi ve bu projede geliştirilecek “Yenilenebilir Enerji Projesi Fizibilite Analiz Aracı”nın kullanılması yoluyla söz konusu kaynakların yenilenebilir enerji projesi uygulamasındaki alternatif

kullanım potansiyelinin değerlendirilmesi, Karayolları Genel M¼d¼rl¼ę¼'ne ve ilgili kurumlara, proje geliştirmek ¼zere en uygun b¼lgeler hakkında net bir fikir verecektir.

1.8 Tezin Organizasyonu

Tezin 2. Kısımında tek tek g¼neř, r¼zgar ve biyok¼tle enerjileri için literat¼r taraması yapılmış bu literat¼r taramasından çıkan sonuçlar ve motivasyonlar açıklanmıştır. Tezin 3. Kısımında Karayolları Genel M¼d¼rl¼ę¼ çalışanları ile yapılan anket çalışması ve bu anket çalışmasının ıktıları açıklanmıştır. 4. Kısımda Yenilenebilir Enerji ile alakalı D¼nya'da ve T¼rkiye'deki Enerjiye y¼nelik Kamu politikaları, teşvikler ele alınmış ayrıca T¼rkiye ¼zelinde Yenilenebilir Enerji'nin kanunlar nezdinde geçmişi incelenmiştir. Tezin devamında sırası ile g¼neř enerji, r¼zgar enerjisi ve biyok¼tle enerjisi için tanım, maliyet, vaka çalışmaları, fizibilite analiz aracı, yer seçimi kriterleri ve T¼rkiye'de uygulama alanları ele alınmıştır. Tezin devamında Fizibilite Analiz Aracı kapsamında kullanılan İş Modelleri tanıtılmış ve Sonuç, ¼neri kısmına geçilmiştir.

2. LİTERATÜR ÇALIŞMASI

Katma değer elde etmek için karayolu sınır çizgisi içinde kalan alanların geleneksel olmayan biçimde yenilenebilir enerji üretimi için kullanılması hakkındaki temel fikirleri sunmayı, konu hakkında var olan literatürü özetlemeyi ve çeşitli ülkelerden uygulama örneklerine göz atmayı amaçlanmaktadır. Literatürde karayolları sınır çizgisi içerisindeki yenilenebilir enerji projeleriyle ilgili birçok çalışma yer almaktadır. Bu çalışmalar genel olarak karayollarında güneş enerjisi, karayollarında rüzgar enerjisi ve karayollarında biyokütle enerjisi diye ayrılmaktadır. Türkiye özelinde literatürde bu konuda bir çalışma bulunmamaktadır. Genellikle Avrupa, Amerika Birleşik Devletleri'ndeki bazı çalışmaların bir kısmı aşağıda tartışılmıştır. Biz de literatür çalışmalarını 3 ayrı başlık altında tartışılacaktır. Bunlar karayollarında güneş enerjisi projeleri, karayolunda rüzgar enerjisi projeleri ve karayolunda biyokütle enerjisi projeleridir.

2.1 Solar Paneller / Güneş Enerjisi / Fotovoltaik Enerji (Solar Photovoltaic)

Uzun yıllardan beri güneş enerjisinin çeşitli küçük ölçekli karayolu üstyapı uygulamaları mevcuttur. Bunlar arasında portatif değişken yazı tabelaları, trafik sinyalleri, yanıp sönen uyarı ışıkları, trafik sayaçları ve karayolu aydınlatmaları bulunur. Son yıllarda ise elektrik giderlerini düşürmek ve karayollarının karbon ayak izini azaltmak amacıyla orta ölçekli ve büyük ölçekli güneş enerjisi uygulamaları giderek daha fazla dikkate alınmaya başlanmıştır.

Oregon, 2008 Aralık ayında Portland General Electric ile yapılan kamu-özel ortaklığı aracılığıyla karayolu sınır çizgisi içinde güneş enerjisi sistemi kuran Amerika Birleşik Devletleri'nin ilk eyaletidir (Şekil 2.1). Bu projede, Tualatin bölgesinde bulunan I-5 ve I-205 kavsak bağlantı yollarına yerleştirilen toplam 104 kW'lık solar paneller bulunmaktadır. Bu panellerden elde edilen enerji I-5 / I-205 kavşağının elektrik ihtiyacının üçte birini karşılamaktadır. 2011 yılında Oregon Ulaştırma Dairesi bu projeyi anlatan ve çeşitli tecrübelerin derlendiği bir kılavuz yayınlamıştır (Ponder vd., 2011). 2012 yılında, Oregon Ulaştırma Dairesi, Wilsonville'nin güneyindeki I-5

üzerinde bulunan Baldock dinlenme tesisine 1.75 mW'lık eyaletin karayolu sınır çizgisi içinde kalan ikinci güneş enerjisi sistemini faaliyete geçirmiştir. Su sıralarda ise I-205'in kuzey tarafında, West Linn'deki Oregon Karayolları bakım ve depolama tesisine kurulacak 3.0 mW'lık başka bir güneş enerjisi projesinin son detayları üzerinde çalışılmaktadır (Office of Innovative Partnerships and Alternative Funding Innovative Partnerships Program, 2015).



Tualatin

Baldock

West Linn

Şekil 2.1 : Oregon Eyaletinde Karayolları Sınır Çizgisi İçinde Kalan Güneş Enerjisi Uygulamaları

(Kaynak: Office of Innovative Partnerships and Alternative Funding Innovative Partnerships Program, 2015)

Ohio eyaletinin Veterans' Glass City Skyway Köprüsü güneş enerjisi projesi, karayolu sınır çizgisi içindeki alanlardan enerji elde edilen başka bir örnektir (Şekil 2.1). 2010'da, Ohio Ulaştırma Dairesi, Toledo Üniversitesi ile birlikte Toledo, Ohio'da I-280 karayolu sınır çizgisi içinde kalan alanlara 100 kW'lık bir güneş enerjisi sistemi kurmuştur. Buradan üretilen elektrik, enerji şebekesine gönderilmekte ve üzerine 384 LED ampul takılmış, 196 fit yüksekliğinde bir direği olan Veterans' Glass City Skyway Köprüsü'nün elektrik ihtiyacının önemli bir bölümünü karşılanmaktadır (US DOT Federal Highway Administration, 2015).



Şekil 2.2 : Ohio Eyaletinin Veterans' Glass City Skyway Köprüsü Güneş Enerjisi Projesi (The Blade, 2015)

Amerika Birleşik Devletleri'nde güneş enerjisi sistemlerinin karayolu sınır çizgisi içinde kullanımıyla ilgili bahsedeceğimiz son uygulama ise Massachusetts eyaletindeki Town of Carver bölgesinde 2012 yılında faaliyete geçirilmiş bulunan 112-kW'lık sistemdir (Şekil 2.2). Bu projeden üretilen elektrik enerjisi yakın civardaki bir atık su arıtma tesisinin enerji ihtiyacını karşılamaya destek olmaktadır. Bahsedilen bu projeler Amerika Birleşik Devletleri'nde güneş enerjisi sistemlerinin karayolu sınır çizgisi içinde kullanımıyla ilgili hayata geçirilmiş önemli projelerdir. Görüldüğü gibi bu birkaç projenin de çok kısa geçmişleri bulunmaktadır. Güneş enerjisinin dünya üzerinde önemi ve kullanımının da artmasıyla, son zamanlarda bu tür projelere ilgi giderek artmaktadır. Oregon Ulaştırma Dairesi'nin paylaştığı verilere göre son bir kaç yıl içerisinde Amerika Birleşik Devletleri'nden 36 eyalet ve dünya çapında da 15 ülke Oregon Ulaştırma Dairesi'nden karayolu sınır çizgisi içinde geliştirdikleri güneş enerjisi projeleri hakkında bilgi almıştır. Bu ülkelerden bazıları Kanada, İngiltere, Almanya, İsrail, Çin, Japonya, Güney Kore ve Avustralya'dır (Office of Innovative Partnerships and Alternative Funding Innovative Partnerships Program, 2015).

Literatürde, güneş enerjisi sistemlerinin karayolu sınır çizgisi içinde kullanımına dair Amerika Birleşik Devletleri harici ülkelerden de çeşitli örnekler mevcuttur. Bu ülkelerde uygulama Amerika Birleşik Devletleri'ne göre daha eski olsa da genelde güneş enerjisi panellerinin otoyol kenarlarındaki mevcut ses bariyerlerine monte edilmesi yoluyla elektrik üretilmesi ile sınırlı kalmıştır (Şekil 2.4). Örnek vermek gerekirse bu sistemin uygulandığı başlıca ülkeler Almanya, İsviçre, Avusturya, Hollanda ve Avustralya'dır (US DOT FHWA Office of Planning, Environment and Realty, 2015; PVResources, 2015).



Şekil 2.3 : Town of Carver Güneş Panelleri



Brennero, İtalya

Munih, Almanya

Chur, İsviçre

Şekil 2.4 : Avrupa’da Ses Bariyeri Üzerinde Güneş Enerjisi Uygulamaları (Office of Innovative Partnerships and Alternative Funding Innovative Partnerships Program, 2015)

2.2 Rüzgâr Enerjisi (Wind Energy)

Rüzgâr, rüzgâr türbinleri vasıtasıyla elektrik üretmek için kullanılabilir. Rüzgâr enerjisi, rüzgârı oluşturan hava akımının sahip olduğu hareket (kinetik) enerjisidir. Rüzgâr türbini sistemlerinin üretebileceği enerji miktarı küçük rüzgâr türbinlerinde 100 kW'ın altında başlayıp büyük ölçekli türbinlerde 2,5 mW'ya kadar ulaşabilir. Karayolu sınır çizgisi içinde kalan alanların boyutu orta ve büyük ölçekli türbinleri yerleştirmek için genellikle çok küçüktür. Fakat küçük ve mikro rüzgâr türbini (1.5 kW kapasiteli) teknolojilerindeki son gelişmeler, rüzgâr enerjisinin daha önceden mümkün olmayan birçok yerde kullanılmasının önünü açmıştır, örneğin karayolları boyunca (Bayraktar vd., 2013).

Amerika Birleşik Devletleri’nde Missouri ve Texas eyaletleri rüzgâr enerjisi üretimini karayolları dinlenme tesislerinde hayata geçirmişlerdir. Missouri eyaletinde Conway dinlenme tesisine iki tane 1.2 kW’lık Windspire (dikey) rüzgâr türbini monte edilmiştir (Windspire Energy Inc., 2015). Texas eyaletinde ise Amarillo ve Lubbock dinlenme tesislerinde ikişer tane 50 kW’lık rüzgâr türbini hizmete sokulmuştur (Prozzi vd., 2012). Bu iki eyaletin haricinde su sıralar Ohio, Massachusetts, Illinois ve Washington eyaletleri de, karayolu sınır çizgisi içinde kalan alanlara veya karayolu dinlenme alanlarında rüzgâr enerjisi üretmenin fizibilite çalışmasını yapmaktadırlar (Volpe Center, 2012; Chapman ve Wiczowski, 2009). Amerika Birleşik Devletleri’ne ilaveten, İsrail de rüzgâr enerjisini karayolu sınır çizgisi içinde kullanarak elektrik üretme çalışmaları yapmaktadır. Şekil 2.5’te görüldüğü gibi İsrail’in uygulaması otoyol aydınlatma direklerinde mikro rüzgâr türbinleri kullanarak gerekli elektrik ihtiyacının karşılanmasına yöneliktir. Fransa’da Paris ve Lyon arasındaki A6

otoyolunda 1.5 kW kapasiteli bir rüzgâr türbini test amaçlı kullanılmaktadır. Hollanda’da A12 ve A20 otoyolları sınır çizgileri içinde rüzgâr türbinlerinden üretilen elektrik enerjisi kullanılmaktadır (Volpe Center, 2012; Bayraktar vd., 2013).



Conway dinlenme tesisindeki dikey rüzgâr türbini

Massachusetts’te belirlenen otoyol kenarı rüzgar enerjisi uygulama alanı

İsrail’de otoyol kenarındaki mikro rüzgâr türbinleri

Şekil 2.5 : Karayolu Sınır Çizgisi İçindeki Çeşitli Rüzgâr Enerjisi Uygulamaları
(Volpe Center, 2012; Windspire Energy Inc., 2015)

2.3 Biyokütle Enerjisi (Biomass Energy)

Yeşil bitkilerin güneş enerjisini fotosentez yolu ile kimyasal enerjiye dönüştürerek depolaması sonucu oluşan biyokütle, biyolojik kökenli fosil olmayan organik maddelerdir. Karayolu sınır çizgisi içinde kalan alanlarda, enerji üretmek için kullanılan fosil yakıtların yerini alacak pazarlanabilir, ekonomik değeri olan biyokütle veya biyoenerji mahsulleri üretilebilir ve işlenebilir. Bu biyoenerji mahsulleri arasında otsu bitkiler ve çimler, odunsu biyokütle ve yağ tohumu mahsulleri sayılabilir.



North Carolina

Tennessee

Utah

Şekil 2.6 : Karayolu Sınır Çizgisi İçindeki Biyokütle Enerjisi Uygulamaları(Prozzi vd. 2012; Volpe Center, 2012)

Literatürden örnek vermek gerekirse, Amerika Birleşik Devletleri’nde Kuzey Carolina, Michigan, Tennessee, ve Utah eyaletlerinde geliştirilen “Freeways to Fuels” (F2F) projeleri, biyoyakıt, ısı ve elektrik üretimi için karayolları sınır çizgisi içinde kalan alanlarda biyoenerji mahsulleri yetiştirme, toplama ve kullanma çalışmaları yapmaktadır (Şekil 2.6). Bu projelerde, otoyol topraklarına ve iklimine adapte

olmalarından dolayı dallı darı (switchgrass), ketencik (camelina), tarla çobançantası (field pennycress), kanola (canola) ve Çin hardalı (oriental mustard) üzerinde çalışılmaktadır. North Carolina’da dört adet bir dönümlük arazilere yaklaşık 1350 kg tohumla kanola ekimi ilk olarak 2009 yılında yapılmış ve biyoyakıt olarak islenmek üzere 378 litre ham kanola yağı üretilmiştir. Bu projelerde üretilen biyoyakıtlar genellikle karayolları müdürlüklerine ait yol bakım ve onarımında kullanılan araçlarda kullanılmaktadır (Volpe Center, 2012; Prozzi vd., 2012; The Colombus Dispatch, 2015).

2.4 Literatür Taramasından Çıkarılan Sonuçlar Ve Bu Projenin Motivasyonu

Yukarıda verilen literatür özetinden de görüldüğü gibi karayolları sınır çizgisi içinde kalan, herhangi bir şekilde değerlendirilmeyen alanlardan, yenilenebilir enerji üretimi (güneş, rüzgâr, biyokütle, vs.) gibi çeşitli alternatif ve yenilikçi yollarla, kamu hizmetini aksatmayacak şekilde “katma değer” sağlanması son zamanlarda bazı Avrupa ülkelerinde ve Amerika Birleşik Devletleri’nin bazı eyaletlerinde yeni kaynak yaratmak ve mevcut işletme maliyetlerini düşürmek amaçlı uygulanmış ve olumlu sonuçlar elde edilmiştir. Bu tür yenilenebilir enerji projelerinin ekonomik katkıları haricinde çevre dostu olmalar, karbondioksit salınımını azaltmaları gibi önemli özellikleri vardır. Bu sebeple bu tür projelerin ülkemiz karayolu sınır çizgisi içinde uygulanmalarının altyapısını oluşturmak için gerekli çalışmaları yapmak önem arz etmektedir.

Yukarıda bahsedilen karayolları sınır çizgisi içinde uygulanmış yenilenebilir enerji projeleri incelendiğinde görülen önemli ayrıntı ise proje uygulamalarının teknik, mali, hukuki, kurumsal vb. nedenlerden dolayı her seferinde farklı şekilde geliştirilmiş olduklarıdır. Mesela güneş enerjisi projeleri bazen otoyol kenarında yola paralel olarak, bazen karayollarına ait boş arazilerde, bazen de güneş panellerinin otoyol kenarındaki ses bariyerlerinin üzerine monte edilmesi yoluyla hayata geçirilmiştir. Rüzgâr enerjisi uygulamalarında, elektrik üretmek için farklı projelerde farklı boyut ve kapasitede türbin çeşitleri kullanılmıştır. Biyokütle enerjisi üretiminde ekilen ürünler çevresel koşullara göre farklılık göstermiştir. Önerilen bu çalışmada, geniş bir literatür araştırması yapılmış ve ülkemizde bu düzeyde yapılmış bir çalışmanın bulunmadığı tespit edilmiştir. Ayrıca, literatürde bahsedilen projelerin mevzuat ve yönetmelikler, iklim koşulları, coğrafi koşullar gibi yerel olarak büyük farklılıklar

gösteren değişkenlere bağlı olması, bu konuda ülkemiz koşullarını dikkate alan bir çalışmanın geliştirilmesi zorunluluğunu ortaya koymaktadır.

Bu sebepten ötürü önerilen bu projede belirlenecek yenilenebilir enerji proje alternatiflerinin ülkemizde karayolu sınır çizgisi içinde hayata geçirilmesi ile alakalı mevzuat, düzenleme, yönetmeliklerin ve teşviklerin İncelenmesi ve ileride engel teşkil edebilecek sorunların giderilmesi için varsa hukuki çerçevede yapılması gereken değişikliklerin belirlenmesi belirlenecek yenilenebilir enerji proje alternatiflerinin ülkemizde planlanması ve uygulanmasıyla alakalı teknik, mali ve çevresel kriterlerin kapsamlı analizinin yapılması; bu proje türleri için ülkemiz otoyol, devlet ve il yolları sınır çizgisi içinde kalan en uygun lokasyonların, fırsat bölgelerinin belirlenmesi gerekmektedir.



3. KARAYOLLARI GENEL MÜDÜRLÜĞÜ ÇALIŞANLARI ANKETİ

Önceki bölümde makale, proje raporu vb. gibi yayınlar yapılmış kamuya açık bilgi kaynaklarının sonuçları sunulmuş ve yenilenebilir enerji projeleri hakkında eksiksiz bilgi sahibi olunmuştur. Literatür taramasının ardından başlangıç aşamasında olan veya herhangi bir sebepten ötürü kamuoyuna sunulmamış pilot projelerin kaçırılmamasının sağlamak için Karayolları Müdürlüğünde çalışanlara kapsamlı bir anket yapılmıştır. Anket formu ‘A) İletişim Bilgileri’ ve ‘B) Kurumunuzun Katma Değer Projeleri ile ilgili Tecrübeleri’ olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. İletişim bilgileri kısmında katılımcıdan adı, unvan/meslek, çalıştığı kurum, telefon numarası ve e-mail adresi gibi bilgiler içermektedir.

Anketin diğer kısmı olan ‘Kurumunuzun Katma Değer Projeleri İle İlgili Tecrübeleri’ kısmında ise katılımcılardan gelir elde etmek ya da masrafları dengelemek için karayollarının sınır bölgelerinde kalan alanların alternatif kullanımı hakkında aşağıdaki üç soru sorulmuştur:

- 1) Kurumunuz geçmişte karayolları sınırları içerisinde kalan bölgelerde katma değer sağlamak için herhangi bir proje uyguladı mı?
- 2) Kurumunuz şu anda karayolları sınırları içerisinde kalan bölgelerde katma değer sağlamak için herhangi bir projenin uygulanmasını araştırıyor / değerlendiriyor mu?
- 3) Kurumunuz, geçmişte karayolları sınırları içerisinde kalan bölgelerde katma değer sağlamak için herhangi bir projenin uygulanmasını araştırdı / değerlendirdi, ancak devam etmemeye karar verdi mi?

Katılımcılardan ayrıca cevapları evet ise projeleri kısaca tanımlamaları, daha fazla bilgi verebilecek irtibat kişilerini, ilgili internet sayfalarını veya diğer belgeleri ilgili kutucuklara eklemeleri istenmiştir.

Anket çalışması Karayolları Genel Müdürlüğü (Ankara) ve Karayolları 1. Bölge Müdürlüğünde(İstanbul) bulunan değişik birimlerdeki insanlarla yüz yüze görüşmeler ile yapılmıştır. Son olarak temasa geçilen yaklaşık 30 çalışandan 6 tanesi ile anket yapılmıştır. Aşağıdaki bölümler elde edilen sonuçları özetlemektedir.

3.1 Geçmişte Karayolları Sınırları İçerisinde Kalan Bölgelerde Katma Değer Sağlamak İçin Uygulanan Projeler

Bu bölümde 1.sorudan ‘Kurumunuz geçmişte karayolları sınırları içerisinde kalan bölgelerde katma değer sağlamak için herhangi bir proje uyguladı mı?’ alınan cevaplar değerlendirilmiştir. Ankete katılan 6 kişiden 5’i bu soruyu hayır 1 kişi de evet olarak işaretlemiştir.

Evet cevabını veren kişinin cevabı ise ‘Akıllı Ulaşım Sistemleri Şube Müdürlüğü’nün saha uygulamaları trafiğin doğru akışını sağlamak ve karayollarına dair tüm süreçleri optimize edilmesi üzerinedir. Trafiğin doğru yönetimi enerjiden tasarruf edilmesini sağlamaktadır. Düzgün trafik akışı araçların daha az dur kalk yapmasını sağlamakta ve daha az CO₂ salınımını sağlamaktadır. Bu kapsamda sınır bölgelerini içerisinde kullanılan tabela ve işaretler önem arz etmektedir. Kurumumuz da sahadaki flaşörleri güneş enerjili flaşörler seçerek yenilenebilir enerji konusundaki hassasiyetini göstermektedir.’ şeklinde olmuştur.

Anket sürecinde mülakat yaptığımız diğer kişiler de genel olarak bildikleri yenilenebilir enerji uygulamaları olarak güneş enerjili flaşörleri örnek göstermişlerdir. Fakat bu uygulamalarda en büyük sıkıntının Türkiye’nin bazı bölgelerinde aletlerin çalınmasıyla karşılaştıklarını ve aynı zamanda yeterince güneş enerjisi alınamayan kış mevsiminde flaşörlerin yanıp sönmemesinin zayıf olduğu bu durumda sürücüler için olumsuz sonuçlar doğurabileceğini, güneş enerjili flaşörler yerine araç ışığında parlayan fosforlu levhaların daha verimli olacağı görüşünü bildirdiler.

3.2 Şu anda karayolları sınırları içerisinde kalan bölgelerde katma değer sağlamak için uygulanan projeler

Bu bölümde 2.sorudan ‘Kurumunuz şu anda karayolları sınırları içerisinde kalan bölgelerde katma değer sağlamak için herhangi bir projenin uygulanmasını araştırıyor / değerlendiriyor mu?’ alınan cevaplar değerlendirilmiştir. Ankete katılan 6 kişiden 4’ü hayır cevabını vermesine karşılık 2 kişi ise evet cevabını vermiştir.

Evet cevabını veren bir kişinin cevabı ‘Akıllı ulaşım sistemleri merkezlerinin kurulmasıyla beraber yol, hava ve trafiğe dair verilerin anlık olarak merkeze ulaşması ve burada yönetsel kararlara dönüştürülmesi nihayetinde; yol kullanıcılarının daha çabuk bilgilendirilmesi ve yönlendirilmesi sağlanmaktadır. Keza aynı şekilde

kurumumu kendi saha ekiplerini de daha aktif kullanma şansına erişecektir. Akıllı ulaşım sistemleri merkezlerinin yerleri kesin olarak belirlenmemesine karşın karayolları sınırları içerisinde kalan bölgelerde yapılması düşünülmektedir. ‘ şeklinde olmuştur.

Evet cevabını veren diğer kişi ise ‘Karayolu tünellerinde için gerekli elektrik enerjisinin tamamının ya da bir kısmının yenilenebilir enerji kaynakları ile sağlanması konusu üzerinde fizibilite çalışması yapılması planlanmaktadır.(irt. Mehmet TOKGÖZ, 05304641148)’ şeklinde olmuştur.

Bu proje kapsamında görüştüğümüz kişiden aldığımız bilgiye göre Kocaeli sınırları içerisinde yer alan KGM 1.Bölgeye bağlı Korutepe ve Gültepe otoyol tünellerinin yenilenebilir enerji kaynakları ile aydınlatılması için hem mevcut kaynakların rasyonel kullanımının hem de rüzgar ve güneş enerjisi tekniklerine dayalı bir aydınlatma sistemi kullanılmasının fayda-maliyet analizinin yapılması hedeflenmekte olduğu ve tahminlerinin rüzgar enerji ile en yüksek fayda-maliyet oranına ulaşacaklarını düşündükleri belirtildi.

3.3 Geçmişte Karayolları Sınırları İçerisinde Kalan Bölgelerde Katma Değer Sağlamak Araştırılan/Değerlendirilen Fakat Uygulanmayan Projeler

Bu bölümde 3. sorudan ‘Kurumunuz, geçmişte karayolları sınırları içerisinde kalan bölgelerde katma değer sağlamak için herhangi bir projenin uygulanmasını araştırdı / değerlendirdi, ancak devam etmemeye karar verdi mi?’ alınan cevaplar değerlendirilmiştir. Ankete katılan 5 kişi hayır cevabını vermiş 1 kişi ise soruyu cevaplamak istemediğini belirtmiştir.

Ankete katılan kişilerin unvan/meslek ve çalıştığı kurum tablo 3.1’de verilmiştir.

Tablo 3.1 : Anket Çalışmasına Katılanlar Listesi

Unvan/Meslek	Çalıştığı Kurum
Trafik Yönetim Sistemler Mühendisi	KGM Genel Müdürlüğü
Yol Etüt ve Proje Şube Şefi	KGM Genel Müdürlüğü
Trafik Güvenliği Daire Başkanı	KGM Genel Müdürlüğü
Ar-Ge Daire Başkanlığı	KGM Genel Müdürlüğü
Kontrol Şefi	KGM 1.Bölge
Ar-Ge Başmühendisi	KGM 1.Bölge

4. DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE YENİLENEBİLİR ENERJİYE YÖNELİK KAMU POLİTİKALARI

4.1 Dünya'da Yenilenebilir Enerjiye Yönelik Teşvik Mekanizmaları

Hükümetlerin enerji ihtiyaçlarını yenilenemeyen enerjilerden karşılama istekleri, sektörde oluşan krizler ve ülkelerin diğer ülkelere olan bağımlılıklarını azaltmak amacıyla yenilenebilir enerjiye olan ilgisi zamanla artmıştır. Zaman içerisinde yenilenebilir enerji maliyetleri gelişen teknoloji ile düşmüş olsa da hala diğer enerji kaynaklarına göre daha maliyetlidir. Hükümetler de yenilenebilir enerjinin kullanımını arttırmak için çeşitli teşvikler sağlamaktadır. (Yılmaz 2015)

Dünya genelinde çoğunlukla uygulanan yenilenebilir enerji teşvik mekanizmaları; fiyat tabanlı teşvikler (sabit fiyat garantisi, prim garantisi), zorunlu kota ve yeşil sertifika piyasası, ihale yöntemiyle teşvik ve yatırım teşvikleridir.

4.1.1 Tarife garantisi

Sabit Fiyat Garantisi (Feed-in Tariff) ve Prim Garantisi (Feed-in Premium) fiyat tabanlı teşvik sistemleridir. Bu sistemler üretilen enerjinin fiyatının belirlenmesi için kullanılan piyasa araçlarıdır.

4.1.2 Sabit fiyat garantileri(Feed-in Tariff - FIT)

Sabit fiyat garantisi, elektrik üreticilerine üretecekleri elektrikleri kWh başına sabit bir fiyattan satın alınacağını garantisini veren bir teşvik mekanizmasıdır. SFG, yenilenebilir enerjide en önemli ve en uzun süreli kullanılan enerji politikalarından birisidir.

4.1.3 Prim garantisi(Feed-in Premium – FIP)

Prim garantisi SFG uygulamasına benzemesiyle beraber birkaç farklılığı bulunmaktadır. PG üreticilere elektrik üretmeleri halinde prim vermeyi taahhüt eder. Bu durumda üreticiler hem sattıkları enerjiden hem de primden bir gelir sağlamaktadır.

Prim garantisinin değişik kullanım koşulları bulunmaktadır. Bunlardan en çok kullanılanlar; sabit prim, alt ve üst sınır içeren değişken prim, piyasa fiyatlarına entegre sabit primdir.

4.1.4 Kota yükümlölükleri / Yenilenebilir portföy standartları

Kota yükümlölükleri, enerji üretici firmalardan belirli bir oranda enerjiyi yenilenebilir enerjiden sağlanmasını zorunlu kılmıştır. Bu uygulamanın amacı yenilenebilir enerji üretiminin artırılması sağlamaktır. Kota yükümlölükleri hükümet tarafından, üretici gibi tüketicilere de belirli bir oranda yenilenebilir enerji ile üretilen enerjinin kullanılmasını zorunlu kılmaktadır.

4.1.5 Yenilenebilir enerji sertifikaları

Kota yükümlölüğü sistemi birçok ülkede Yenilenebilir Enerji Sertifikaları ile uygulanmaktadır. Bu sertifika yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen enerjinin resmi olarak kabul edilebilmesi amacıyla üreticilere verilmektedir. Bu sertifikalar alınıp satılarak kotasını dolduramayan üreticilere sertifika satın alarak kotasını doldurmasına yardımcı olmakta, kotasını doldurup fazladan yenilenebilir enerji üreten firmalara da ek gelir sağlamasına yardımcı olmaktadır.

4.1.6 İhale yöntemi ile teşvik

İhale yönteminde hükümet istediğı projenin gerçekleşmesi için ihale açar ve yüklenici firmaların istedikleri fiyata teklif verilmesi sağlanır. Bu tür projeler genelde yeşil sertifika piyasasının olmadığı bir sistemlerde yenilenebilir enerji projelerinin yapılması için kullanılır.

4.1.7 Net ölçüm sistemi

Net ölçüm faturalandırmaya ilişkin bir mekanizmadır. Net ölçüm sisteminin uygulama alanı genellikle küçük çaplı projelerdir.

Net ölçüm politikalarının amacı; yenilenebilir enerjiden üretilen enerjinin kullanılacak enerjiden bol olması durumunda ihtiyacın üzerinde üretilmiş olan elektrik enerjisinin değerlendirilerek, özel yatırımlar için teşvik yaratmasıdır.

Net ölçüm sistemi müşterilerin yenilenebilir enerjiden elektrik üretmesini ve aşırı üretimi değerlendirmesini sağlamaktadır. Elektrik ölçümü ile üretilen elektriğı ve kullanılan elektriğın ölçülmesi sağlanır. Güneş enerjisi gibi dönemsel elektrik üretimi

gerçekleşen projelerde verilen teşviklerle elektrik üretilmeyen zamanlarda ekonomiye olumlu etki yapılması sağlanır. (AYDOĞAN, Yenilenebilir Enerjide Kamu Politikaları Ve Türkiye 2018)

4.2 Türkiye’de Yenilenebilir Enerjiye Yönelik Teşvik Mekanizmaları

Türkiye’de yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretimini teşvik etmek için çıkarılan ilk kanun ‘5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun’dur. Günümüzde Türkiye mevcut politikaları ile gelişmiş ülkelerin gerisindedir. Bu bölümde Türkiye’de uygulanan teşvik mekanizmaları ele alınacaktır.

4.2.1 Sabit fiyat garantisi

Fiyat tabanlı teşvik olarak Türkiye’de sabit fiyat tarifesi uygulanmaktadır. Türkiye’de de Dünya’da olduğu gibi en çok kullanılan teşvik mekanizması sabit fiyat garantisidir. Üreticiler bu teşvik ile ürettikleri elektriği sabit fiyattan satabilmektedir. Bu mekanizmanın en çok kullanılma sebeplerinden birisi de basit olmasıdır. (ESER ve POLAT 2015)

Türkiye’de sabit fiyat garantisi 2005 yılında yürürlüğe giren 5346 sayılı kanunla ilk olarak uygulama adımları başlamıştır. 2005 yılında destek süresi 7 yıl iken, 2010 yılında yürürlüğe giren 6094 sayılı kanun ile 10 yıla uzatılmıştır. 31.12.2015 tarihinde Bakanlar Kurulu Kararı ile sabit fiyat garantisinden faydalanabilmek için gerekli süre 31 Aralık 2020 tarihine uzatılmıştır. 2015 sonrası elektrik piyasasındaki fiyatların YEKDEM fiyatlarının altında seyretmesi, döviz kurlarındaki artışlar gibi sebeplerle YEKDEM’e ilgi arttı. Bunun sonucunda yenilenebilir enerjide artan üretim ile birleşince YEKDEM maliyetlerinde büyük bir artışı beraberinde getirdi. İlk YEKA projesinde ihaleyi kazanan fiyat olan 6.99 cent/kWh aslında YEKDEM projelerinde güneş enerjileri için geçerli olan 13.3 cent/kWh’lik destekleme fiyatı ile karşılaştırıldığında çok altında kaldığı görülmektedir. Bu da kamu üzerinde ciddi bir maliyet yükü oluşturmaktadır. Bu nedenle sabit fiyat garantisinin aynı koşullarda devam etmemesi kamu adına anlayış ile karşılanabilir. Fakat bankalarında kendi risklerini garantiye almak amacıyla yenilenebilir enerji yatırımlarında sabit fiyat garantisi olmadan yenilenebilir yatırımlarının finansmanına sıcak bakmadıkları için yeni şartlar ile YEKDEM’e devam edilmesi sektörle ilgilenen herkesin ortak

beklentisidir. Türkiye’de 2019 yılının başlarında YEKDEM katılımcısı lisanslı santrallerin kurulu gücünün toplam kurulu güce oranı %23,63’tür. (Deloitte 2019)

4.2.2 İhale yöntemi ile teşvik

Türkiye’ye ihale yöntemi ile teşvik 2016 yılında yürürlüğe giren ‘Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları (YEKA) Yönetmeliği’ ile gelmiştir. Bu Yönetmeliğin amacı; “Kamu ve hazine taşınmazları ile özel mülkiyete konu taşınmazlarda büyük ölçekli yenilenebilir enerji kaynak alanları (YEKA) oluşturularak yenilenebilir enerji kaynaklarının etkin ve verimli kullanılması, bu alanların yatırımcılara tahsisıyla yatırımların hızlı bir şekilde gerçekleştirilmesi ve yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı elektrik enerjisi ürem tesislerinde kullanılan ileri teknoloji içeren aksamın yurt içinde üretilmesi ya da yurt içinden temin edilmesinin sağlanması, teknoloji transferinin teminine katkı sağlanmasıdır.” Özetlemek gerekirse kamuya ait büyük ölçekli arazilerin enerji santralleri ile değerlendirilmesidir. Mevcut Karayolları Genel Müdürlüğüne bağlı arazilerin de YEKA projeleri kapsamında değerlendirilmesi yenilenebilir enerjideki alan yönetiminde yeni bir fırsat doğuracaktır.

Yönetmelikte Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanı (YEKA) “kamu hazine taşınmazları ile özel mülkiyete konu taşınmazlarda geliştirilebilir yenilenebilir enerji kaynaklarından en az birinin yüksek yoğunlukta bulunduğu alan/alanları” olarak tanımlanmıştır. Ayrıca bu projelerin amacı üretim tesislerinde kullanılacak teknoloji ve ekipmanların yurt içinde üretilmesi teşvik ederek ülkemize kazandırılmaya yöneliktir.

Bu yönetmelik ile Türkiye’de yerli ve yenilenebilir enerjinin kullanımının arttırılması amaçlanmıştır. Bu bağlamda YEKA kullanım yarışmaları düzenlenmektedir. Yarışma bakanlık tarafından belirlenen kilovatsaat başına elektrik enerjisi alım tavan fiyatı üzerinden açık eksiltme usulüne göre yapılır.

Lisanssız üretim kapsamındaki üretimin amacı “kendi tüketimini karşılama” esaslı oluşudur. Bu sebeple lisanssız GES santrallerinin bir arada olması ile büyük alanlar oluşturması mevzuat açısından ve uygulamada uygun değildir. YEKA yönetmeliğinin 12.maddesine göre “YEKA Kullanım Hakkı Sözleşmesi kapsamındaki YEKA’larda elektrik enerjisi üretilmesi için ön lisans ve üretim lisansı alınması zorunludur.” (Pwc 2019)

YEKA’ında üretilen elektrik enerjisi, sözleşmede belirlenen süre zarfında ve sözleşmedeki fiyat üzerinden, YEKDEM kapsamında değerlendirilir.

4.2.3 Yeka projeleri

YEKA GES-1 projesi Konya Karapınar’da 1000 megavat kapasiteli güneş enerjisi santrali kurulma projesidir. Bu proje kapsamında çalışmalar devam etmektedir. Daha sonrasında YEKA GES-2 projesinin yapılacağı duyurulmuştu fakat Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığının 13 Ocak 2019’da yayınladığı kararla bu projenin iptaline karar verildi. Daha sonra YEKA GES-3 projesinin yapılacağı duyuruldu.

YEKA GES-3 kapsamında önceden belirlenmiş alanlarda her biri 10 MW civarında olmak üzere toplam bağlantı kapasitesi 1.000 MW olacak şekilde toplamda 100 adet yarışma yapılması düşünülüyor. (Küçükkaya, YEKA GES-3 İle İlgili Detaylar Belli Olmaya Başladı. 2019) Bu projenin dezavantajı, projenin gerçekleşeceği illerdeki tahmin edilen arazilerin öncesinden satın alınıp arazi fiyatının yükselmesi ve maliyetlerin yükselmesi olarak konuşulmaktadır. Eğer projenin gerçekleşeceği araziler önceden Karayolları Genel Müdürlükleri tarafından kamulaştırılmış araziler kapsamında olursa bu tür sıkıntılarla karşılaşılmayacaktır. Bu kapsamda GES-3 projesinde olduğu gibi 10 MV’lık kapasiteler biraz büyük olabilir bu yüzden Karayolları sınırları içerisinde kalan araziler, 3 MV ya da 5 MV’lık kapasiteli Mini YEKA projeleri için fırsat arazileri konumundadır.

4.2.4 Net ölçüm sistemi

Türkiye’de tarife garantisi ile yatırımcıları zemine monteli sistemlere teşvik etmiş ve istenilen hedeflere kısa sürelerde ulaşılması sağlanmıştır. Bu süreçte çatı tipi güneş enerji sistemlerine yeterince ilgi olmaması yatırımların bu yöne kaymasını gerektirmiştir. 2019’un Mayıs ayında yürürlüğe giren Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretim Yönetmeliği ile çatı tipi güneş enerji sistemlerine ilgiyi arttırmayı amaçlamıştır.

Çift taraflı sayaç sistemleri(net metering), yenilenebilir enerji kaynaklarından üretilen elektriğin ihtiyaç fazlası olan kısmını şebekeye verilmesini mümkün kılmakta satılan bu elektrik ile kullanılan elektriğin fatura döneminin sonunda mahsuplaşmasını sağlar. Bir nevi üreticiler hem üretici hem tüketici konumunda bulunmaktadır.

4.2.5 Lisans ücretinden muafiyet

Türkiye’de elektrik enerjisi üretimi gerçekleştiren tesislerden Enerji Piyasası Düzenleme Kurulu’nun (EPDK) düzenlemiş olduğu lisans yönetmeliği kapsamında yıllık lisans ücreti alınmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarının teşvik edilmesi amacı ile kullanılan mekanizmalardan birisi de lisans ücretinden muafiyet veya lisanssız üretim hakkıdır.

2013 yılında yürürlüğe giren 6446 sayılı Elektrik Piyasası Kanununa göre muafiyet ya da lisanssız üretim hakkı 500 kW’dan 1 MW’a çıkarılmıştır.

Yenilenebilir enerji kaynakları ile elektrik üreten tesislerden ilk 8 yıl lisans ücreti alınmazken sonrasındaki yıllarda da ücretin %10’u alınmaktadır. 1 MW’a kadarki kendi elektriğini üretmek için kurulan tesislerden de hizmet bedeli alınmamaktadır.(Kanun:5346)

4.2.6 Yatırım teşvikleri

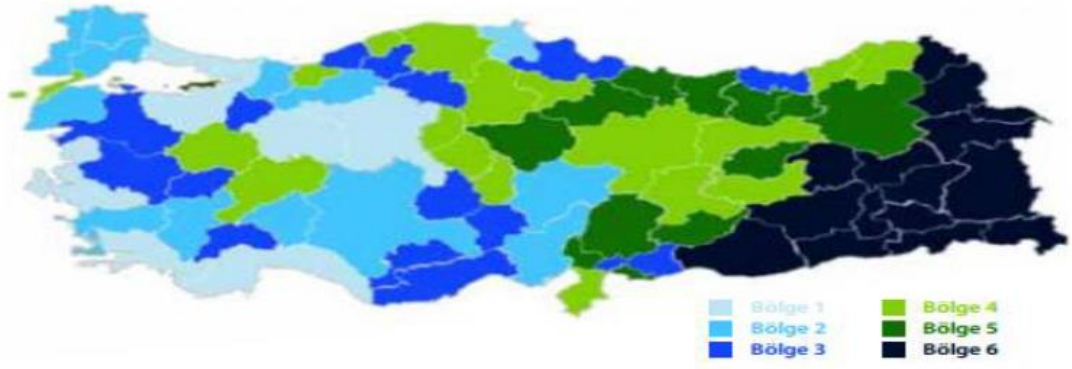
Türkiye’deki yatırım teşvik programları 1 Ocak 2012’de yürürlüğe girmiştir. Bu programların 4 farklı türü bulunmaktadır. Bunlar ; Genel Yatırım Teşvik Planı, Bölgesel Yatırım Teşvik Planı, Büyük Ölçekli Yatırımlar Teşvik Planı ve Stratejik Yatırımlar Teşvik Planı’dır. (YEGM, TÜRKİYE ULUSAL YENİLENEBİLİR ENERJİ EYLEM PLANI 2014, 30)

4.2.7 Genel yatırım teşvik planı

Genel yatırım teşvik planı kapsamında projeler, KDV istisnası ve Gümrük Vergisi Muafiyetinden yararlanabilmektedir. (AKİB 2015, 12)

4.2.7.1 Bölgesel yatırım teşvik planı

Bölgesel yatırım teşvik planının asıl amacı bölgeler arasındaki gelişme seviyesini azaltmaktır. Farklı bölgeler için farklı yatırım teşviki sağlanmaktadır. Teşvik bölgeleri şekil 4.1’deki gibidir. (YEGM, TÜRKİYE ULUSAL YENİLENEBİLİR ENERJİ EYLEM PLANI 2014, 30)



Şekil 4.1 : Teşvik planına göre Türkiye'nin bölgeleri

4.2.7.2 Büyük ölçekli yatırımlar teşvik planı

Büyük ölçekli yatırımlar teşvik planının temel amacı, Türkiye'nin bu alandaki teknolojinin artırma ve uluslararası alanda rekabetini arttıracak adımların belirlenmesidir. (AKİB 2015, 8)

4.2.7.3 Stratejik yatırımlar teşvik planı

Stratejik yatırımlar teşvik planının temel amaç, yurt içinde üretiminin az olan ürünlerin daha çok yaygınlaştırmaktır. Yatırım miktarı 50 milyon TL'nin üzerindeki yatırımlar bu plandan faydalanabilmektedir. (AKİB 2015, 10)

4.3 Türkiye'de Yenilenebilir Enerjiye Dair Uygulanan Kanun ve Yönetmelikler

Bir ülkenin enerji alanındaki politikaları o ülkenin ekonomisi ve vizyonu hakkında bilgiler vermektedir. Bununla birlikte ülkelerin sahip olduğu kaynaklar da enerji politikalarını belirlemede yardımcı olur. Uzun vadeli sözleşmeler ve yatırımlar, politikaların ani değişimini engeller. Türkiye'de son yıllarda yenilenebilir enerjinin kullanımının yaygınlaşması için çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. (AYDOĞAN, Türkiye'de Yenilenebilir Enerjiye Yönelik Teşviklerdeki Son Gelişmeler 2016)

Türkiye'de yenilenebilir enerji kavramı 2000'li yıllarla başlamaktadır. İlk olarak 2003 yılında Enerji Piyasası Denetleme Kurulu (EPDK)'nın kurulmuştur. 2004 yılında ise dünyadaki yenilenebilir enerji atılımlarını takip etme amaçlı yol haritası oluşturuldu. Bu yol haritası kapsamında 10 Mayıs 2005 tarihinde “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Kullanımına İlişkin Kanun (YEK)” resmi olarak kabul edildi. (TEKE 2013)

4.3.1 Yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımına dair kanun (5346 Sayılı Kanun)

10 Mayıs 2005 tarihli ve 5346 sayılı “Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına Dair Kanunun” (Yenilenebilir Enerji Kanunu, YEK) Türkiye’de yenilenebilir enerjinin kullanımının artması için çıkarılan ilk yasal düzenlemedir.

Bu kanunun 6. Maddesinde ca sabit fiyat desteği, alım garantisi ve arazi kullanımı ile ilgili destek mekanizmalarına yer verilmiştir.

Arazi Kullanımı: Orman veya Hazinesinin özel mülkiyetinde ya da devletin hüküm ve tasarrufu destek altında bulunan her türlü taşınmazın bu kanun kapsamındaki yenilenebilir enerji kaynaklarından elektrik enerjisi üretimi yapmak amacıyla kullanılması halinde, izin, kira, irtifak hakkı ve kullanma izin bedellerine % 50 indirim uygulanacağı ifade edilmiştir. (Kanun no: 5346 madde 6).

Ancak yenilenebilir enerji ile ilgili yardımcı mevzuatların bulunmaması ve düşük düzeyli uygulamalar sonucunda 2005 yılından 2010 yılına kadar yenilenebilir enerji kaynaklarına yönelik yapılan yatırımlar istenilen seviyeye ulaşamamıştır. Aralık 2010’da Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına Dair Kanunda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun ile (Kanun no: 6094) daha yüksek sabit fiyat garantisi ve teşvikler arttırılarak Yenilenebilir Enerjiye yönelik ilgi artmaya başlamıştır. (YEGM, 2014: 11).

4.3.2 Yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi amaçlı kullanımına dair kanunda değişiklik yapılmasına dair kanun (6094 Sayılı Kanun)

6094 sayılı kanun ile yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanarak elektrik enerjisi üretimini destekleyen daha detaylı teşvikler hayata geçmiştir. Kanunu getirdiği düzenlemeler şu şekilde sıralanabilir:

- Tüketicilere elektrik enerjisi satışı yapan her tedarikçi için, belli bir oranda ödeme yükümlülüğü getirilmiştir.
- Lisans sahibi gerçek ve tüzel kişilerin, 31.12.2020 tarihinden önce işletmeye girmiş veya girecek YEK Destekleme mekanizmasına tabi olarak on yıl süre ile uygulanır.

- Lisans sahibi gerçek ve tüzel kişilerin, 31.12.2020 tarihinden önce işletmeye giren üretim tesislerinde yararlanılan mekanik veya elektro- mekanik aksamın yurt içinde üretilmesi halinde yerli katkı ilavesi eklenmektedir.

4.3.3 Elektrik piyasası kanunu (4628 Sayılı Kanun)

03.03.2001 tarihinde ‘‘elektriğin yeterli, kaliteli, sürekli, düşük maliyetli ve çevreyle uyumlu bir şekilde üretilmesi, istikrarlı ve şeffaf bir elektrik enerjisi piyasasının oluşturulması ve bu piyasada bağımsız bir düzenleme ve denetimin yapılmasının sağlanması’’ amacıyla (madde 1) yürürlüğe girmiştir. Piyasadaki değişikliklerden ötürü zaman içerisinde 4628 sayılı kanun ihtiyaçları karşılayamaz hale gelmiştir. 2013 yılında ise 6446 sayılı kanun yürürlüğe girmiş ve yenilenebilir enerji alanında önemli bir takım değişiklikler yapılmıştır.

4.3.4 Yeni elektrik piyasası kanunu (6446 Sayılı Kanun)

Elektrik Piyasası Kanununda bulunan yenilenebilir enerjiyle alakalı bazı maddeler şu şekildedir:

- Lisans alma ve şirket yükümlülüğünden muaf tutulan yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesisi kurulu gücü 500 kW’tan 1 MW’a çıkartılmış ayrıca rekabetin gelişmesi ve arz güvenliğinin sağlanması açısından yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesisinin kurulu gücü Bakanlar Kurulu tarafından 5 kata kadar (5 MW) arttırılması kararlaştırılmıştır.
- Şebekeye verilmeden kendi ihtiyaçları için kullanılan tesisleri için herhangi bir sınır bulunmamaktadır.
- DSI tarafından, su kullanım hakkı ve işletme esasına ilişkin anlaşmalar ile ilgili olarak düzenlenen kâğıtlar damga vergisinden ve harçlardan muaftır.

4.3.5 Enerji verimliliği kanunu (5627 Sayılı Kanun)

“Enerjinin etkin kullanılması, israfın önlenmesi, enerji maliyetlerinin ekonomi üzerindeki yükünün hafifletilmesi ve çevrenin korunması için enerji kaynaklarının ve enerji kullanımında verimliliğin arttırılması amacıyla 5627 sayılı Enerji Verimliliği Kanunu yürürlüğe girmiştir.

4.3.6 Elektrik piyasasında lisanssız elektrik üretim yönetmeliği (30772 Sayılı Yönetmelik)

Türkiye’de küçük ölçekli üretim tesislerinin artması ve tüketicinin kendi elektriğini kendisi karşılaması için Lisansız Elektrik Üretim Yönetmeliği yayınlanmıştır.

Bu yönetmelikle mesken abonelerin 10 kW’ye kadar, tüm işletme ve kamu kurumlarının 5 kW’ye kadar lisans almadan elektrik üretiminin önü açılmıştır. Lisans alma ve şirket kurma yükümlölükleri kaldırılarak bürokratik süreçler azaltılmış yenilenebilir enerji kullanımının önü açılmıştır.

Bu yönetmeliğin 30.maddesi şöyledir: ‘Kamu kurum ve kuruluşları tarafından, tüketim tesislerinin elektrik ihtiyacını karşılamak üzere, ilgili tüketim tesislerinin bağlantı anlaşmasındaki sözleşme gücünü geçmeyecek şekilde 5 inci maddenin birinci fıkrasının (c) bendi kapsamında yenilenebilir enerji kaynaklarına dayalı üretim tesisi kurulabilir.

5. GÜNEŞ ENERJİSİ VE TEKNOLOJİLERİ

Güneş enerjisi, güneşin çekirdeğinde yer alan füzyon süreci ile (hidrojen gazının helyuma dönüşmesi) açığa çıkan ısıma enerjisidir. Dünya'ya güneşten gelen enerji, Dünya'da bir yılda kullanılan toplam enerjinin 20 bin katıdır. Güneş, nükleer enerji haricindeki bütün enerji kaynaklarında doğrudan ya da dolaylı olarak kullanılmaktadır. (YEGM, Güneş Enerjisi ve Teknolojileri 2019)

5.1 Fotovoltanik (Pv) Teknoloji

5.1.1 Tanım

PV yani Fotovoltaik paneller, üzerine güneş ışıklarını(fotonlar) Silikon, Galyum, Arsenit, Kadmiyum Tellurid ya da Bakır İndiyum Diselenid gibi yarı iletken malzemeler ile direkt DC elektrik enerjisine çevirmeyi sağlayan ekipmandır.

Güneş hücrelerinde yüzeye gelen güneş enerjisi ile uçlarında elektrik gerilimi oluşur. Bu ilkeye fotovoltaik ilke denir. (YEGM, Güneş Enerjisi ve Teknolojileri 2019)

Fotovoltanik sistemler 3'e ayrılmıştır; şebekeden bağımsız fotovoltanik sistemler, şebekeye bağlı fotovoltanik sistemler ve hibrit fotovoltanik sistemler. (Chen, Chen ve Zhang 2013)

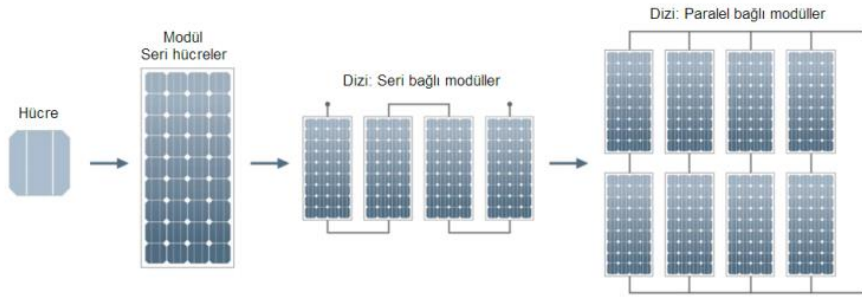
5.1.2 Pv teknolojisi bileşenleri

PV teknolojisi, solar hücreler şarj kontrol cihazı, batarya, invertör, elektrik kabloları, güvenlik kamerası gibi bileşenlerden oluşur(Şekil 5.1).



Şekil 5.1 : PV Sistem bileşenler

Solar Hücreler: Fotovoltaik sistemlerin elektrliği üreten kısmı olan solar hücreler PV sistemin en temel parçalarıdır. Yüzeyleri genellikle kare veya dikdörtgen şeklinde olabilen PV sistemlerinin 20-30 yıllık bir kullanım ömrü için tasarlanmıştır. PV hücreleri birleşerek modülleri modülller de birleşerek dizileri oluşturur(Şekil 5.2). Gerekli enerji ihtiyacına göre boyutlandırılabilir. (ÖZTÜRK 2018)



Şekil 5.2 : PV hücre, modül ve dizi tasarımları

Şarj Kontrol Cihazı: Güneş panellerinden üretilen voltaj ve akım sabit değildir bu yüzden şarj kontrol cihazları ile akülerin verimli şarj edilmesi sağlanır. Güneş panelinden gelen DC enerji şarj kontrol cihazı ile düzenleyerek sabitlenir ve akülerin şarjı edilebilmesi için sabit bir DC elektrik enerjisi oluşturulur. Ayrıca şarj kontrol cihazları ile aküden panellere ters akımın gelmesi önlenir. Akü dolduğu zaman şarj kontrol cihazı ile güneş panelinden gelen elektrliği kesilir ve akü aşırı şarjdan korunur.

Batarya: Üretilen elektrik enerjisinin kimyasal enerji şeklinde depo edebilen ve istenildiği zaman bunu elektrik enerjisi olarak veren cihazlardır.

İnverter: Doğrudan akımı (DC) alternatif akıma (AC) dönüştürebilen elektronik cihazlardır.

5.1.3 Güneşsel potansiyel

Seri hücrelerin bağlanma şekli ve konumu önemli bir husustur çünkü bir panelin ürettiği enerji miktarı güneş ışığına, hava koşullarına ve dizinin eğimine bağlıdır. Solar sistem ile ilgili kişiler ya da karayollarına bağlı çalışan mühendisler panel kurulmadan önce tahminlerde bulunabilir ve kurulduktan sonra da daha doğru bir sonuç elde edebilirler.

5.1.4 Montaj yerleri

Seri hücreler, çatılara veya toprak yüzeylere monte edilebilir ve sabit bir eğim(belirli bir açıda/eğimde) veya eksen izlemeli (güneşin hareketlerini izler) olarak monte edilebilir. Karayolları güneş enerjisini aşağıdaki yerlere monte edebilir: otoyol kenarındaki dağ eteklerine(zemine monte), bakım veya bölge ofisleri binalarına(çatıya monte), gonca şeklindeki kavşaklardaki boş alanlara(zemine monte), dinlenme alanlarına(zemine veya çatıya monte).

5.1.5 Ara bağlantı

Ara bağlantı, bir PV sisteminin elektrik şebekesine bağlantısını ifade eder. Çoğu elektrik şirketi fotovoltaik sistemin şebekeye bağlanmasını sağlayan iletim maddelerinin standartlarını karşılamasını gerekir.

5.2 Fotovoltanik Sistem Maliyetleri

PV sistem maliyeti; ilk yatırım maliyeti ile işletme ve bakım maliyetlerinin toplamından oluşmaktadır. İlk yatırım maliyeti, PV tesisin kurulumu aşamasında ortaya çıkan ve işletme döneminde tekrarlanmayan bir giderdir. Diğer taraftan, işletme ve bakım giderleri, sistemin üretime başlamasından ekonomik ömrünün sonuna kadar geçen sürede devam eden harcamadır.. (SEZAL 2017)

5.2.1 Fotovoltanik sistem ilk yatırım maliyeti

İlk yatırım maliyeti, PV tesisin kurulumu aşamasında ortaya çıkan ve işletme döneminde tekrarlanmayan bir giderdir. İlk yatırım maliyeti genel olarak, olarak panel, montaj seti, arazi, inşaat, kurulum, inverter ve diğer ekipmanlarından oluşur. Toplam ilk yatırım maliyetinin %50'si panel maliyetlerinden meydana gelmektedir. PV modülü uluslararası piyasada işlem gören ticari bir ürün haline gelmiştir. Dünya

üzerinde birçok firma PV modülü imal etmektedir ve her birinin fiyatı birbirinden farklıdır. Ek olarak ülkelerdeki vergi ve ithalat uygulamaları da fiyatların farklı olmasına yol açmaktadır. Ülkemizde 1 MV'lık PV santral toplam modül fiyatı ortalama olarak 300.000 dolar değerinde olduğu tahmin edilmektedir.

PV sistemlerde makine ve ekipman içerisinde ilk yatırım maliyeti olarak ikinci sırada inventör bulunmaktadır. Sektördeki insanlarla yapılan görüşmeler sonucunda 1 MV'lık PV santrali için gerekli inventörün maliyeti ortalama olarak 52.000 dolar civarındadır.

İlk yatırım maliyetinin diğer bir giderleri ise konstrüksiyon malzemelerinin (panel taşıyıcı sistem ve montaj aparatları) maliyetleri, saha düzenlemesi (hafriyat giderleri hariç) ve işçilik giderleridir. Eğer taşıyıcı panel zeminde olursa 1 MV'lık sistem için yaklaşık 70 ton çelik gereklidir ve bu yapının maliyeti yaklaşık 80.000 dolar olarak düşünülmektedir. Ayrıca eğer sistem çatıda kurulacak olursa bu maliyet yaklaşık olarak 40.000 dolar olarak öngörülmektedir. Saha düzenlemesi için 10.000 dolar gereklidir. Bu maliyetin içerisinde hafriyat bulunmamaktadır. Ayrıca işçilik giderleri olarak 25.000 dolar öngörülmektedir. Bu kapsamda yapılacak toplam harcama 115.000 dolar civarındadır.

İnventör ve konstrüksiyon malzemeleri haricinde diğer PV sistem dengeleyicileri arasında bağlantı kutusu, elektriksel bağlantılar için AC ve DC kablo gibi kablolar bulunmaktadır. Bağlantı kutusunun maliyeti 35.000 dolar, 18.000 metre boyundaki DC kablonun maliyet 10.000 dolar ve AC kablonun maliyeti de 20.000 dolar olarak öngörülmektedir. 1 MV kapasiteli PV sistemin diğer sistem dengeleyicilerinin maliyeti de toplam olarak 65.000 dolar olarak hesaplanmıştır.

İlk yatırım maliyetinin içerisinde hesaplanması en zor maliyet olarak arazi maliyetlerini gösterebiliriz. Çünkü arazi maliyeti bulunduğu bölgeye göre değişiklik göstermektedir. Zemine monteli sistemlerde ve panel büyüklüğü ve paneller arası mesafe hesaba katıldığında 1MV'lık sistem için ortalama olarak 20.000 m² alan gerekmektedir. Bizim projemizde projenin uygulanacağı arazi Karayolları Genel Müdürlüğüne bağlı alanların değerlendirileceği için arazi maliyeti bulunmamaktadır.

PV sistem tasarımını ve üretim değerlerinin tahmini için danışman firmaya ödenen ücret de ilk yatırım maliyeti altında etüd ve proje giderleri olarak isimlendirilmektedir. Bu maliyet de 15.000 dolar olarak öngörülmektedir.

Etüd ve proje çalışmaları tamamlandıktan sonra gerekli yasal izin süreci başlamaktadır. Bu süreçte PV santral alanının tarım dışı arazide olduğuna dair belge ve ÇED muafiyet belgesi almakta, santralin kurulacağı bölgenin bağlı olduğu elektrik dağıtım şirketine (EDAŞ) ön başvuru yapmakta, belediyeden elektrik sistemi inşaatı yapılabilir belgesi almakta ve son olarak projenin geçici kabulü için TEDAŞ'a başvurmaktadır. Bu yasal izinler için gerekli harcama 15.000 TL yani 2.500 dolar öngörülmüştür.

PV santralinde üretilen elektriğin şebekeye aktarılması için santrale en yakın noktadaki enerji nakil hattıyla bağlantısının yapılması gerekmektedir. Bu nakil hattının maliyeti de ortalama olarak 40.000 TL yani yaklaşık olarak 7.000 dolar olarak öngörülmektedir.

PV santral ekipmanlarının korunması için de 150.000 TL yani 25.000 dolar değerinde korunma ekipmanları gideri bulunmaktadır.

Tablo 5.1 : 1 MW Kurulu Güçteki Fotovoltaik Santralin İlk Yatırım Maliyeti Alt Kalemleri

	Fiyat
Modül Maliyeti	300.000 \$
İnventör	52.000 \$
Konstrüksiyon Malzemeleri ve İşçilik Giderleri	115.000\$
Diğer Sistem Dengeleyicileri Maliyeti	65.000\$
Etüd, Proje Giderleri	15.000\$
Yasal İzinler İçin Gerekli Harcamalar	2.500\$
Nakil Hat Maliyeti	8.000\$
PV Santral Ekipmanlarının Korunması	25.000\$
Toplam İlk Yatırım Maliyeti	582.500\$

Böylece, 1 MV kapasiteli PV santralinin toplam ilk yatırım maliyeti yaklaşık olarak 582.500\$ civarında hesaplanmıştır.

5.2.2 Fotovoltanik sistem işletme ve bakım giderleri

Kurum bittikten sonra işletmeyi canlı tutmak ve üretimin sürekliliğini sağlamak için yapılan harcamalardır. İşletme ve bakım giderleri genel olarak, sistemde bozulan parçaların yenilenmesi, inventörlerin ortalama 10 yılda bir değiştirilmesi ve panellerin üstü ile çevresinin temizlenmesi gibi bazı maliyetlerden oluşmaktadır. İşletme ve bakım maliyetleri kendi içerisinde sabit ve değişken işletme ve bakım maliyeti olarak

ikiye ayrılmaktadır. Sabit işletme ve bakım maliyeti; santralde çalışan personellerin giderleri, santral genel ve idari harcamaları, önceden belirlenen ve sürekli tekrarlanan bakımlar için yapılan harcamalardır. Değişken işletme ve bakım maliyetleri ise yakıt maliyeti, tesiste kullanılan su, enerji maliyetleri gibi maliyetlerden oluşmaktadır. PV santrallerinin yakıt maliyetinin bulunmaması ve hareketli parçalarının bulunmamasından dolayı değişken işletme ve bakım maliyeti de bulunmamaktadır.

PV santrallerinde işletme ve bakım maliyetleri üç başlık altında toplanmaktadır. (EPRI 2010)

- i) Koruyucu Bakım (Preventative Maintenance): Sistemdeki üretim kayıplarının ve arızanın oluşmasını engellemek için belirli periyotlarla bakım yapılması gerekmektedir. Koruyucu bakımda; panel yüzeylerinin temiz kalması, belirli aralıklarla sistemin tamamının kontrolü ve inventör bakımı yapılmaktadır.
- ii) Düzeltici Bakım (Corrective Maintenance): PV ekipmanlarında bir hasarın söz konusu olması durumunda (bozulma, kırılma, çatlama gibi) yapılan bakımdır.
- iii) Tesis Performansını İzleme Değerlendirme: PV sistem performansı sürekli olarak yerinden veya uzaktan izlenmekte böylece üretim kaybı olması halinde sisteme anında müdahale edilebilmektedir.

PV sistemlerde işletme ve bakım maliyetinin net değerini bulmak zordur. Fakat yapılan bazı çalışmalar işletme ve bakım maliyetinin ilk yatırım maliyetine belirli bir oranda olduğunu göstermektedir. Örneğin, IEA'nın 2010 yılında yayımladığı PV Teknolojisi Yol Haritası raporunda PV tesisin yıllık işletme ve bakım maliyetinin toplam yatırım maliyetinin yüzde 1'i oranında gerçekleştiği öngörülmüştür.

Türkiye'de PV sistem işletme ve bakım maliyetlerine bakıldığında söz konusu maliyetlerin büyük bölümünün personel giderleri olduğu görülmektedir. Santralde tesis güvenliğini sağlayacak 3 çalışanın vardiyalı çalışması yeterli olacaktır. Ancak işletme maliyetlerinin azaltılması için güvenlikten sorumlu personelin ailesi ile santrale yakın bir yere yerleştirilerek çalışan sayısının 1'e düşürüldüğü de görülmüştür. Sigorta primi ve vergiler dahil yıllık sorumlu personele 60.000 TL yani 10.000 dolar (Temmuz 2020 itibari ile 1 dolar = 6.85 TL) gibi bir masraf öngörülmektedir.

PV sistemleri işletme ve bakım maliyetleri içerisinde PV panel temizliği ve altı ayda bir yapılan makine teçhizat bakım onarım işleri de yer almaktadır. Söz konusu işlerin maliyeti yıllık olarak ortalama 6.000 dolardır.

PV sistemlerde olası mevsimsel dış etkiler ve arızalar için de bir sigorta ücreti bulunmaktadır. Bu ücret de 1 MV kapasiteli panelin yıllık olarak ortalama ücreti 6.000 seviyesindedir.

Yapılan güneş enerji santralinin EDAŞ sistem işletim bedeli 250 kW üzeri santraller için yıllık 2323,6 TL olarak belirlenmiştir. Ayrıca dağıtım şirketi için GTŞ sistem işletim bedeli ise 250 kW üzeri santraller için yıllık 1661,9 TL olarak belirlenmiştir. Toplam sistem işletim bedeli ise 3985,5 TL'dir. 1 doların 6,85 TL'ye eşit olduğu düşünüldüğünde sistem işletim bedeli 581,8 USD hesaplanmıştır.

Güneş enerji santralinin ayrıca yıllık dağıtım bedeli 19,79 kuruş/kWh'dir. Dağıtım bedelinin hesaplanabilmesi için üretilecek elektriğin hesaplanması gerekmektedir. 1 MW kurulu güçteki fotovoltanik tesisin üreteceği elektrik yıllık 1.600.000 kWh civarındadır.

Dağıtım bedeli de 1 doların 6.85 TL olduğu düşünüldüğünde $((1.600.000) \times 0,1979) / 6.85 = 46,225$ USD hesaplanmıştır.

Tablo 5.2 : 1 MW Kurulu Güçteki Fotovoltaik Tesisin Yıllık İşletme ve Bakım Giderleri

	Fiyat
Personel Giderleri	10.000\$
Bakım, Onarım Giderleri	6.000\$
Sigortalama Giderleri	6.000\$
Diğer Öngörülemeyen Bakım Giderleri	1.000\$
Sistem İşletim Bedeli	582\$
Dağıtım Bedeli	46.225\$
Toplam Maliyet	69.807\$

Santralin ilk yatırım maliyetini 582.000\$ olarak bulmuştuk. Bu santralin yıllık işletme ve bakım maliyetini de 70.000 \$ olarak hesapladık.

5.3 Karayolları Sınır Çizgisi İçerisinde Kalan Alanlarda Fotovoltanik Güneş Enerji Sistemleri Örnek Vaka Çalışmaları

5.3.1 Oregon Ulaştırma Başkanlığı projesi

5.3.1.1 Projenin tanımı

ODOT (Oregon Department of Transportation) yenilenebilir enerji ile ilgili projeler üreten bir devlet kuruluşudur. Oregon'un devlet ulaşım sistemini, sinyalleri, aydınlatma, binalar, rampa ölçümü ve daha fazlası için kullanılan enerjiyi çalıştırmak için yılda 45 milyon kilovat saat elektrik gerekiyor. Proje öncesinde bu enerji genellikle yenilenemeyen kaynaklardan geliyordu. 2008 yılında Oregon Valisi Ted Kulongoski, devlet kurumlarını elektriğinin yenilenebilir kaynaklardan elde edilmesi için çalışmalar başlattı.



Şekil 5.3 : Oregon'daki İlk Karayolu Güneş Enerji Projesi

Bu proje 594 solar panelden oluşan, eyaletler arası 5. ve 205. Yollar arasında bulunan yaklaşık 7500 m²'lik bir alana sahip olan 104 kilowattlık (kW) yere monteli solar fotovoltanik sistemdir. Bu sistem yılda yaklaşık 112.000 kilowatt saat üretecektir. Projenin yapımı sözleşmeler imzalandıktan sonra 108 gün sürdü ve Ağustos 2009'da başladı ve aynı yılın Aralık ayında tamamlandı. (Billitzer 2010)

5.3.1.2 Edinilen dersler

Dünya çapında yenilenebilir enerjiler geliştirme ve iklim değişikliği ile mücadele trendi ile, bu tür güneş enerjisi otoyol projelerini desteklemek için çeşitli mevzuat,

yönetmelikler ve teşvik programları uygulamaya konulmuştur. Politikalar ülkelere göre değişse de devlet desteği bu tür projelerin gelişmesindeki en önemli faktörlerden birisidir.

ODOT proje boyunca web sitesi ve halka açık sunumlarla projeyi tanıttı. Ayrıca projenin gerçekleştirildiği kavşaktan günde yaklaşık 150.000 araç geçmekteydi bu sayede toplum bilincini arttırmış oldular. Halkın desteğinin sağlanması projenin gerçekleşmesi için ve ileriki projeler için önemliydi.

Karayolları sınır çizgisi içerisindeki alana yapılan ilk güneş enerjisi projesi olması sebebiyle diğer eyaletler tarafından da takdirle karşılandı ve ülke çapında bu tarz projelerin geliştirilmesine öncülük etti. (Oregon Department Of Transportation 2016)

Her iki tarafın bilişim teknolojileri departmanları için kabul edilebilir veri paylaşım protokolleri geliştirmek de zordu. Bu ilk proje için geliştirilen protokollerin PGE bölgesinde yer alan diğer projelere aktarıldı.

5.3.1.3 Projenin yapılmasındaki motivasyonlar

Güneş, Oregon ulaşım sisteminin tüm elektrik ihtiyaçlarını karşılayabilecek bol, güvenli, yenilenebilir bir enerji kaynağı sunmaktadır. Batı Yenilenebilir Enerji Atlası(Renewable Energy Atlas of the West)'na göre Oregon, 68 milyon megawatt saat güneş enerjisi üretim potansiyeline sahiptir. Avrupa ve Avustralya'nın aksine Amerika Birleşik Devletlerinde karayollarında bulunan arazilerin değerlendirilmesi üzerine çalışmalar daha öncesinde yapılmamaktaydı. Solar Oregon şirketine göre "Almanya, diğer ülkelerden daha fazla yeni güneş enerjisi sistemi kuruyor, ancak başkenti Berlin, Oregon'daki en gölgeli alandan daha az güneş alıyor".

Bu proje ile birlikte ODOT toprakları, 16.000 mil yolun kenarlarına ve ODOT bünyesindeki diğer alanların güneş enerji projeleri ile geliştirilmesi ulaşım sistemine bir değer katacaktır.

Projenin çatılardan ziyade yolun sağında olmasının sebebi çatılara güneş enerjisi fırsatlarının sınırlı olmasıdır. ODOT'un yaklaşık 16.000 mil yol hakkı vardır.

Ayrıca projenin gerçekleşmesindeki başlıca motivasyonlar:

- Karayollarının sürdürülebilir hedeflerine ulaşmak,
- Karbon ayak izini azaltmak,
- Yerel yenilenebilir enerji firmalarını desteklemek,

- Halkın yenilenebilir enerji konusunda bilinçlenmesini sağlamak,
- Yeni gelir kaynakları yaratmak. (Hamilton 2012)

5.3.1.4 Proje paydaşları

ODOT, ülkenin ilk Karayollarında Güneş Enerjisi projesini geliştirdi. Bu proje Portland General Electric (PGE) ile çalışılan için kamu-özel sektör ortaklığı projesidir. ODOT'un PGE ile ortak olmasının sebebi PGE elektrik üzerine çalışan, bağlantı elemanlarını sağlayabilen yenilenebilir kaynakların geliştirilmesine kendini adanmış ve bu prototip projesinin iyi yapılmasını sağlayacak kaynaklara sahip bir şirkettir. Ayrıca PGE ODOT'un elektrik ihtiyacının çoğunu karşılayan bir kamu hizmet kuruluşudur. (Oregon Department Of Transportation 2008)

Kamu hizmeti veren PGE şirketi projenin özel tarafıdır. PV sisteminden şebekeye ara bağlantı sağlar. İhtiyacın altında bir elektrik üretimi olduğu zaman şebekeden enerji alınmasının önü açılmış olur.

Solar servis sağlayıcıları özel işletmeler kurarlar. Bu işletmeler genelde limited şirketleri(LLC) olur. Bu projede de SunWay 1, LLC adında bir şirket kuruldu. SolarWay 1, LLC, proje çalışmasında Mühendis / Tedarik / İnşaat, proje yönetimi ve tasarım lideri, güneş enerjisi tasarım ve kurulum uzmanı ve topluluk ve sürdürülebilirlik uzmanı sağlayan dört Oregon firmasından oluşmaktadır.

ODOT, güneş enerjisi konsorsiyumu olan SolarWay ile 25 yıllık bir Güneş Enerjisi Satın Alma Sözleşmesi imzaladı. Bu sözleşme ile projenin sahibi PGE'dir, ODOT projeye alan tahsis etmektedir.

Bu sözleşme ile projenin işbirliği için sistemi ve elektrik mülkiyetini, elektrik fiyatını, sistem operasyonlarını ve diğer şartları düzendi. Sistemin sürdürülmesi, sorumluluğu SunWay 1, LLC'ye aittir. Ayrıca güvenlik çitleri ve 7/24 izleme sistemleri ile güvenlikten de sorumludur.

5.3.1.5 Kullanılan teşvikler, politikalar ve maliyet

Kamu-özel ortaklığı ile proje, ODOT'un talep edemeyeceği devlet ve eyalet güneş vergisi indirimlerinden yararlanacak ve ODOT'un PGE'ye ödeyeceğinden daha düşük bir maliyetle enerji almasını sağlayacaktır.

Bu proje aşağıdaki vergi indirimlerinden yararlanıldı:

- Vali Ted Kulongoski'nin talebi üzerine 2007 Oregon Yasama Meclisi tarafından kabul edilen % 50 Oregon İş Enerji Vergi Kredisi (BETC),
- % 30 federal güneş Yatırım Vergisi Kredisi (ITC).

Toplam bütçe yaklaşık 1,3 milyon dolar. SunWay 1, LLC projeye fon sağlayacak ve ODOT kurulumdan üretilen elektriği satın alacak. Buna ek olarak, Oregon Enerji Vakfı projeye teşvik fonu sağlayacak ve karşılığında PGE müşterileri adına yenilenebilir enerji sertifikalarını alacak. Vergi kredilerinin kullanılması, bu projenin hem ODOT hem de PGE için düşük maliyetli olmasını sağlar.

ODOT, Oregon İş Enerji vergi kredisi, federal yatırım vergisi kredisi ve Oregon Enerji Vakfı'ndan sağlanan finansal destek ile projeyi sıfır maliyetle başarıyla gerçekleştirdi.

Ayrıca, proje tarafından üretilen elektriğin, ODOT'un kendi üretim tesisleriyle ilgili gereksinimlerini karşılamak için net ölçüm sistemi ile (net metering) kullanacaktır. Bu, PGE ile bir güneş enerjisi satın alma anlaşması ile gerçekleştirildi, burada ODOT, dizi tarafından üretilen enerjiyi şebekeden düzenli enerji için ödediği oranda satın alır.

5.3.1.6 Kullanılan iş modelleri

Proje, dört Oregon firmasından oluşan bir güneş enerjisi konsorsiyumu olan SolarWay Mühendisi / Tedarik / İnşaat (EPC) tarafından “anahtar teslim” yöntemiyle tasarlanacak, inşa edilecek ve kurulacaktır.

Kamu hizmeti şirketi (PGE) ile ODOT Kamu-Özel-Ortaklığı(PPP) ile bu projeyi hayata geçirmişlerdir. PPP ilişkisinde, ODOT kamu sektörüdür yani politika çerçevesi, yönetim talimatı sağlar ve projelerin ihtiyacı karşıladığından ve kamu yararına hizmet ettiğinden emin olur. Özel sektör olarak PGE ise proje geliştirme sürecini, finansal kaynakları, teknik ve yönetsel uzmanlık ve uygun risk tahsisini kontrol eder. (ZHU ve CUI 2012)

5.3.2 Karayolları 2. Şube Müdürlüğü İzmir GES projesi

5.3.2.1 Projenin tanımı

Karayolları 2. Bölge Müdürlüğü Çeşme Eğitim ve İletişim Tesisinin enerji ihtiyacının bir kısmının karşılanması amacıyla, Elektrik Piyasasında Lisanssız Elektrik Üretimine İlişkin Yönetmelik kapsamında ve İzmir Kalkınma Ajansı (İZKA) tarafından desteklenecek şekilde otopark alanı ile yanında bulunan yaklaşık 20 dönümlük arazi

üzerinde 1053,64 kWp / 990 kWe gücünde Fotovoltaik Güç Santrali – FVGS üretim tesisi 15.12.2017 elektrik üretimine başlanmıştır.

Toplam gücü 1053,64 kWp olan Fotovoltaik Güç Santralinin, 954 kWp kısmı boş araziye konstrüksiyon üzerine paneller tesis edilerek açık arazi uygulaması ki arazi üzerinden, geri kalan 99,64 kWp kısmı ise otopark kısmına çelik konstrüksiyon üzerine tesis edilen panellerle çatı uygulaması ile iki kısımdan oluşmaktadır.



Şekil 5.4 : İzmir KGM Bünyesinde Açık Arazi Üzerindeki GES Projesi

5.3.2.2 Edinilen dersler

Karayolları Genel Müdürlüğü bünyesinde bu tarz bir enerji projelerinin geliştirilebilmesi için mevcut kadro içerisinde enerji üretimi ile ilgili bir birimin bulunmaması bu tarz projelerin devamında bir engel olmaktadır. Mevcut çalışan kişilerin kendi mesailerine ek olarak bu konuda çalışmasında zorluklarla karşılaşmış, bu projelerle ilgilenecek kişilerin belirlenmesi gerektiği görülmüştür.

Projenin yapıldığı alanda mevcut güvenlik çalışanlarının bulunması ek maliyetlerin önüne geçmiştir. İleride kurulması planlanan yeni projelerde güvenlik giderlerinin dikkate alınması gerektiği belirtilmiştir.

Dışarıdan bir kurumdan alınan desteklerde genellikle destek sağlayan kurumlar projelerle ve şirketlerle ilgili gerekli bilgilere ulaşmak isterler. Karayolları Genel Müdürlüğü için gizli bilgilerin istenmesi bu proje özelinde bazı anlaşmazlıkların

ortaya çıkmasına sebep olmuştur. Bir sonraki projeler için proje ortakları seçilirken bu tarz bilgilerin paylaşılamayacağını önceden bildirilmesi gerektiği fark edilmiştir.

5.3.2.3 Projenin yapılmasındaki motivasyonlar

2017 yılında İzmir Kalkınma Ajansı (İZKA) tarafından yenilenebilir enerji projelerine teşvik için 6.000.000TL bütçe ayrılmıştır. Karayolları 2. Bölge Müdürlüğü çalışanları bu bütçeden yararlanmak için karayolları bünyesinde güneş enerji santrali projesi geliştirmeye karar vermiştir.

Projenin Karayolları Genel Müdürlüğü bünyesinde bir ilk olması sebebiyle kamu kurum ve kuruluşlarına örnek oluşturmak istenmiştir.

Ülkedeki enerji çeşitliliğine katkıda bulunulmak istenmiştir.

5.3.2.4 Proje paydaşları

Yüklenici firma olarak 'Birim Elektrik Elektro. İnş. Tur. Tic. ve San. Ltd. Şti.' ihaleyi kazanan firma olmuştur. Proje finansmanı konusunda İzmir Kalkınma Ajansı (İZKA) destekte bulunmuştur.



Şekil 5.5 :İzmir KGM Bünyesinde Otopark Alanı Üzerindeki GES Projesi

5.3.2.5 Kullanılan teşvikler, politikalar ve maliyet

Tesisin kurulum maliyeti KDV dâhil 6,63 milyon TL olmuştur. Bu bedelin 928 bin TL tutarı İzmir Kalkınma Ajansı (İZKA) tarafından hibe olarak Karayolları 2. Bölge

Müdürlüğüne verilmiştir. Tesisten yılda yaklaşık 900 bin TL gelir sağlanacağı öngörülerek maliyetin geri dönüş süresi 6,5 yıl olarak hesaplanmıştır.

Çeşme Güneş Enerjisi Santrali'nde üretilen enerjinin bir kısmıyla tesisin kurulduğu yerde bulunan Karayolları Çeşme Eğitim ve İletişim Tesisleri ile Bayraklı Tünel İşletme Şefliğinin kullandığı enerjinin bir kısmı mahsuplaşarak karşılanmakta, mahsuplaşmayan kısmı elektrik dağıtım sistemine ihtiyaç fazlası enerji olarak aktarılmaktadır. İhtiyaç fazlası olarak dağıtım sistemine verilen her 1 kWh enerji için elektrik dağıtım şirketi Kurumumuza 13,3 Dolar Cent karşılığı Türk Lirası bedelini, günlük üretilen enerji miktarı üzerinden, günlük dolar kuru taban alınarak ödemektedir. Bu bedelden kWh başına 0,75 Dolar Cent karşılığı Türk Lirası dağıtım bedeli olarak kesilmektedir.

Çeşme Güneş Enerjisi Santrali'nin yıllık üretimi yaklaşık 1.500.000 kWh olmaktadır.



Şekil 5.6 : İzmir KGM Bünyesinde GES Projesi

5.3.2.6 Kullanılan iş modelleri

Projenin Türkiye’de tek olması sebebiyle ve Karayolları Genel Müdürlüğü’nün hâkim olmadığı bir alanda olması sebebiyle proje teslim yöntemi olarak anahtar teslim sistemi kullanılmıştır. İhalede EKAP üzerinden 99513 numaralı İhale Kayıt Numarası ile yapılmıştır. İhale çeşidi olarak rekabet oluşturmak adına açık ihale sistemi

uygulanmıştır. İhaleyi kazanan ‘Birim Elektrik Elektro. İnş. Tur. Tic. ve San. Ltd. Şti.’ ile sözleşme tipi olarak birim fiyatlı inşaat sözleşmesi imzalanmıştır.

5.4 Güneş Enerji Projesi Fizibilite Analiz Aracı

Bu bölüm, bir güneş enerjisi projesinin uygulanması sürecine adım adım bir genel bakış sunmaktadır. Temel yetenekler ve yeterlilikler, başarılı proje yönetimi ve uygulaması için gerekli olan iç ve dış proje ortakları için detaylandırılmıştır. Ayrıca aday proje sahalarının nasıl değerlendirileceği ve bir fizibilite etüdünün nasıl yürütüleceği konusunda da yönlendirme sağlar. Özel sektör ortağı seçimi ve sözleşmesi ile proje uygulamasına ilişkin konuların derinlemesine tartışılması da dâhil edilmiştir. “Fizibilite Analiz Aracı”nın oluşturulmasında literatürde bulunan bazı kaynakların yanısıra KGM çalışanları ve proje geliştiricilerin fikirlerine başvurulmuştur.

- Proje Uygulama Biriminin Oluşturulması
- Aday Arazilerin Belirlemesi ve Değerlendirilmesi
- Aday Arazilerinin Fizibilite Değerlendirmesi
- Güneş Enerji Sistemleri Tesisi Kurulumu için Gerekli Süreler
- Halkın Katılımı ve Paydaş Katılımı
- İş Modellerinin Değerlendirilmesi
- Güneş Enerji Kurulumu Yapan Firmanın Belirlemesi
- Proje Teslimi ve Uygulaması

5.4.1 Proje uygulama biriminin oluşturulması

Bir PV güneş enerjisi projesinin planlanması, tasarımı, finansmanı ve inşası mevcut yapıdaki Karayolları Genel Müdürlükleri için geleneksel yöntemlerden uzaklaştığı için karmaşık bir süreçtir. Karayolları Genel Müdürlükleri projelerin önemli noktalarını atlamamak için ve uzmanlıklarından yararlanmak için dış ortaklardan yararlanır. Program geliştirmedeki ilk adım olarak teknik ihtiyaçları değerlendirmek, proje zaman çizelgesini oluşturmak gibi konularda mevcut projeleri geliştiren diğer kurumlardan bilgi almalıdır.

5.4.2 Aday arazilerin belirlenmesi ve değerlendirilmesi

İlk adım olarak daha uygun olan arazilerin kısa listesini oluşturmak için ön tarama yapılmalıdır. Ön taramada dikkat edilmesi gereken konular şunlardır; arazinin yüzölçümü olarak uygunluğu, elektrik şebekesine erişim, güneş enerjisi üretim potansiyeli ve arazilerin mutlak tarım arazisi olması gibi engelleyici kullanımda olmaması, çevresindeki arazilerin yapısı, arazi üzerindeki doğal özellikler.

Potansiyel proje alanlarının belirlenmesi ve değerlendirilmesi, hem iç hem de dış uzmanları ve paydaşları içerecek çok disiplinli bir çalışma gerektirmektedir. Bu çalışma sırasında Karayolları Bölge Müdürlüklerinde çalışan mühendisler gerçek saha koşulları hakkında bilgileri ile bir danışılması gereken öncelikli kişilerdir. Bu çalışmaların bazıları aşağıda listelenmiştir.

5.4.2.1 Güneş enerjisi potansiyeli

Bir arazinin güneş enerji potansiyeli arazi seçimindeki en kritik konulardan birisidir. Bir arazinin güneş enerji kaynağı, birim zamanda belirli bir yüzey alanına düşen güneş radyasyonu miktarı ile bulunur ($\text{kWh} / \text{m}^2 / \text{gün}$). Doğru teşvik ve planlamalar yapıldığı takdirde Türkiye gibi bir ülkenin çoğu noktası finansal açıdan sürdürülebilir noktalardır.

Arazinin bulunması, şebeke bağlantısı yapılmasından önce arazinin güneş enerji potansiyeli ve güneşlenme süresi, proje için finansal uygunluğu ve enerji üretim düzeyinin tanımlanması için gereklidir.

Bir arazinin güneş enerjisi potansiyelini etkileyen faktörler:

İklim: Daha az bulutlanma süresinin olduğu kuru iklimler bu tarz güneş enerji projeleri için daha uygundur.

Eğim Açısı ve Bakı Yönü: Ülkemizin de bulunduğu kuzey yarım kürede güneş güneye doğru eğiktir ve güneye bakan cephelere daha çok güneş ışınları gelmektedir. Eğer paneller yere monteli sistem ise daha çok güneş enerjisi elde edebilmek için güneye yönlendirilebilir.

Tomografik veya Diğer Gölgelemelerin olmaması: Yakındaki tepeler, bitki örtüsü ve çevredeki bina gibi yapılar ile yüzeyde gölge oluşabilir bu şekilde de PV panellerin elektrik üretmesini azaltabilir.

Hücrelerin Yolu Gölgelememesi: Yol üzerinde hücrelerden dolayı oluşacak şerit şerit hücre gölgeleri sürücülerin dikkatini dağıtabilir. Daha da önemlisi bu gölgeler güneşi engelleyeceği için yol üzerindeki buzların erimesini engelleyecektir.

5.4.2.2 Fiziksel alan

Bir saha aynı zamanda kurulum için de gerekli alanı bulundurması gerekmektedir. Kurulu üretim arttıkça gerekli arazi de artacaktır. Karayolları açısından bir güneş enerji projesinin finansal açıdan sürdürülebilir olması için en azından 20.000 m²'lik alan gerekmektedir. Bu da yaklaşık 1 MV'lık güneş enerji santraline denk gelmektedir.

Projeler için değerlendirilebilecek yerlere örnek olarak şunlar verilebilir:

- Dinlenme tesisleri
- Dört yol ağzı kavşaklar veya yonca kavşaklar
- Bakım alanları
- Tartım istasyonları
- Park ve sürüş alanları
- Karayolları kenarlarındaki boş araziler
- Ses bariyerleri üzerleri
- Karayolları kenarında bulunan dağ yamaçları

5.4.2.3 Şebeke bağlantısı

Yerel elektrik şebekesine fiziksel erişime sahip arazi belki de bir projenin en kritik yönlerinden biridir. Elektrik şebekesine yakınlık projelerin başarısız olmasına neden olabilir. Projenin gerçekleşeceği alandaki elektrik dağıtım istasyonu ile iletişime geçilmeli ve trafo merkezine yakınlığı, yüksek gerilim hatları ile yakınlığı kontrol edilmelidir. Ayrıca yer seçimi yapılırken şebeke destekleme yeteneği de göz önünde bulundurulmalıdır. Örneğin elektrik talebinin fazla olduğu kentsel alanlara yakınlık uzak alanlara göre daha çok tercih edilmelidir. Aksi takdirde proje mali açıdan imkansız olabilir.

5.4.2.4 Erişim ve güvenlik

Trafik ve karayolu güvenliği büyük önem ve öncelik taşımaktadır. İnşaat, işletme ve bakım için sahaya erişim gerekmektedir ve çakıllı yollar gibi ek tesisler yapılacaktır. Proje alanına ulaşım karayolları üzerinden olması trafik güvenliğini tehlikeye

atabileceğinden yan yollar üzerinden ya da mevcut tesisler üzerinden sağlanmalıdır. Proje eğer karayolu kenarında ise, inşaat sırasında güvenlik kontrolleri kullanılmalıdır ve bu kalın güvenlik kontrolleri proje maliyetlerini artıracaktır. Ayrıca karayollarında oluşacak bir yangının proje sahasını etkilemesi ya da proje sahasında oluşacak bir yangının karayolları mevcut trafiğini etkileyebilecektir bu yüzden yakınlık konusunda dikkat edilmesi gerekir. Hırsızlık ve yağmalamaya karşı çitlerin ya da güvenlik elemanının bulunması gerekmektedir.

5.4.2.5 Bölgesel enerji planlaması

Proje arazisi için enerji dağıtım şirketleri ile koordineli çalışma gerekmektedir. Proje dağıtım şirketleri projeyi uygulayacağınız alanda enerji gereksinimi bulunmuyorsa projenizi kabul etmeyebilir.

5.4.2.6 Arazi Gereksinimleri

Arazi seçimini sırasında dikkat edilmesi gereken bir diğer konu da arazinin özellikleridir. Arazi özelliklerini belirleyen başlıca faktörler aşağıda sıralanmıştır.

Çevresel ve başlıca doğal özellikler: Ön tarama, sulak alanlar, tehlikede olan türler gibi belirgin hassas çevresel kaynaklara sahip yerleri de proje arazilerinden dışlamaya çalışmalıdır. Ayrıca, ağaç örtüsü ve gölgeleme mevcut program ekranında iyi görünmeyebilir bu yüzden fiziksel olarak denetlenmesi gerekir. Alan belirlemek için yapılan bu analizlerin kesin bir yer belirlemekten daha çok karmaşık ve maliyetli bariz olan alanlardan kaçınmaktır. Mevcut bir ağaç kesmenin iklim değişikliğine etkisinin yanında mevcut bir yaşam alanını bozma, ekstra maliyet ve estetik görseelliği değiştirme olarak da etkileri bulunmaktadır.

Su Kaynakları: Akarsular, göller, yeraltı suları, kaplıca ve maden suları, denizler ve okyanuslardır. Proje arazisi için mevcut su kaynağı durumunu ve etkilerinin incelenmesi için bir uzmana danışılması gerekmektedir. Uzman ayrıca herhangi bir yağmur suyu yönetimi veya erozyonun kontrolü gibi konularda da proje sahiplerine yardımcı olmalıdır. Çünkü güneş panelleri toprağın su ve güneş ile temasını belirli derecede engellemektedir.

Eğer proje dağ yamacı gibi düz olmayan arazilere yapılacaksa bir geoteknik mühendisine danışılmalıdır. Çünkü düz olmayan arazilerde güneş panellerini zemine iyice montelenmesi gerektiği için alt tabakalarda bulunan granit, bazalt gibi

tabakaların delinmesi maliyet artışına sebep olabilir. Arazi için en kaliteli yerler %5 eğimin altında eğim bulunan ve kohezyonlu zemin yapısına sahip yerlerdir. Ayrıca arazi seçiminde bulunurken sel ve heyelan tehlikesi bulunan yerler de ön tarama sırasında dikkate alınmalıdır.

Koruma ve nesli tükenmekte olan türler: Arazi şartları dikkate alınırken nesli tükenmekte olan hayvanların ve bitkilerin dikkate alınması gerekmektedir. Bu kapsamda bölge Tarım İl Müdürlüklerine danışılmalıdır.

Gelecekteki kullanım: Araziler gelecekte park alanı, yol genişletme, tesis gibi amaçlarla kullanılabilir. Karayolları Genel Müdürlüğüne bağlı bölge arazilerinde yapılan projelerde için tarımsal amaçlı tekrar kullanım da düşünülmelidir. Fakat karayolları üzerine yapılan araziler halihazırda bozulmuş ve doldurulmuş topraktan oluştuğu için tekrar tarımsal faaliyet amaçlı kullanımı uygun olmayacaktır.

Arkeolojik, tarih ve kültürel yönler: Önceden yapılan bazı çalışmalarda planlanan projeler mevcut tarihi eserlerden dolayı ertelendi veya yapım süresi uzamıştır. Bu yüzde herhangi bir kültürel yapının varlığının arkeoloji uzmanları ile araştırılması fayda sağlayacaktır.

Güneş Parlaması: Güneş panellerinin yüzeylerinin parlak olmasından dolayı güneş ışınlarını yansıtmaktadır. Bu parlama sürücüler için potansiyel bir tehlike teşkil etmektedir. Güneş panellerindeki asıl amaç güneş ışınlarını emecek şekilde tasarlandığı için bu parlamalar endişe verici düzeyde değildir. Her güneş panelinin yansıtma derecesi farklı olacaktır. Bu da güneş panelinin yapımında kullanılan kum gibi maddelerin kullanım yüzdesindeki farklılıklardan oluşmaktadır. Eğer panel ile karayolu aynı düzlem üzerinde ise bu yansımalar sürücüler için fazla bir sorun teşkil etmeyecektir. Fakat karayolu düzleminden yüksekte bulunan panellerin yansımaları karayolu üzerine düşebilir. Ayrıca proje arazisine komşu olanların ve havacılık yetkililerinin de bu parlamanın yoğunluğundan ve parlama olacak saatlerden haberdar olmaları gerekmektedir. Proje sahiplerinin bu konularda da gerekli mercilerle ortak çalışma yapması gerekmektedir. Projede kullanılan panellerden gelen güneş ışınları eğer karayolları üzerine bir yansımaları düşüyorsa projede yansıtıcı olmayan kaplamalar veya yüzeyler tercih edilmelidir.

Gürültü: Projenin yapılacağı alanda gürültüden rahatsız olacak kişilerin ve alanların olup olmaması araştırılmalıdır. Okullar, parklar ve özel evler gibi yakındaki

gürültüden rahatsız olacak kişiler belirlemelidir. Proje çevredeki insanlar ile uyumlu bir şekilde ilerlemelidir.

5.4.3 Aday arazilerinin fizibilite değerlendirmesi

Bir dizi aday arazi belirlendikten sonra, bir sonraki adım teknik tasarım ve saha geliştirme hususlarını tanımlamak ve değerlendirmek için sahaya özgü fizibilite değerlendirmeleri yapmaktır. Bu fizibilite değerlendirmesinin amacı, projenin ihale sürecine devam etme veya devam etmeme kararı vermek içindir.

Bir güneş enerjisi sahası fizibilite çalışması, yerinde güneş kaynağı değerlendirmesi, proje maliyetinin hesaplanması ve ön finansal analizi içermelidir. Her biri aşağıda ayrıntılı olarak tartışılmaktadır.

5.4.3.1 Yerinde güneş kaynağı değerlendirmesi

Bir güneş alanı analizi, bir PV uzmanı tarafından yürütülen mevcut güneş kaynağının yerinde bir değerlendirmesidir. Saha ziyareti sırasında toplanan bilgiler, tasarım sürecinde sistem boyutunu, yapılandırmayı ve performansı optimize etmek için kullanılacaktır. Bilgiler aynı zamanda projenin finansal analizine giren enerji üretim tahminlerini özelleştirmek için de kullanılır. Yerinde güneş kaynağı değerlendirmesi yaparken dikkat edilmesi gereken konular şunlardır:

- Arazi üzerine gelen güneş ışığı ve gölgelenme miktarı
- Arazinin elektrik şebekesi altyapısına yakınlığı
- Sitenin toplam alan, arazi, toprak tipi gibi fiziksel özellikleri

5.4.3.2 Proje maliyetinin hesaplanması

Projenin gerçekleştirilmesi için proje maliyetinin hesaplanması gerekmektedir. Aşağıda başlıca proje maliyeti çeşitleri sıralanmıştır.

İlk Yatırım Maliyet kalemleri olarak;

- Modül Maliyeti
- Inventör
- Konstrüksiyon Malzemeleri ve İşçilik Giderleri
- Diğer Sistem Dengeleyicileri Maliyeti
- Etüd, Proje Giderleri
- Yasal İzinler İçin Gerekli Harcamalar

- Nakil Hat Maliyeti
- PV Santral Ekipmanlarının Korunması

İşletme ve Bakım Maliyet kalemleri olarak;

- Personel Giderleri
- Bakım, Onarım Giderleri
- Sigortalama Giderleri
- Diğer Öngörülemeyen Bakım Giderleri

1 MV kapasiteli Güneş Enerji Sistemlerinin 2020 yılı için yaklaşık maliyeti 600.000\$ olarak hesaplanmıştır. Gelişen teknoloji ve yenilenebilir enerjiye olan ilginin artması maliyet kalemlerini her yıl aşağı yönlü hareketlendirmektedir.

5.4.3.3 Ön finansal analiz

Aday arazilerin belirlenmesi ile birlikte proje sahipleri işletme ve proje teslim yöntemini de kararlaştırmalıdır.

İlk olarak güneş enerjisi projeleri için teşvikleri inceleyin. Teşvikler yıldan yıla ve devletin yenilenebilir enerjiye olan bakışına göre değişebilmektedir. Bu yüzden mevcut sistemdeki teşviklerin kontrol edilmesi gerekmektedir.

Proje yapımından önce ayrıca proje değerlendirme yöntemleri ile projenin kabul edilebilirliği ve farklı araziler üzerindeki farklı projeler arasında seçim yapımı sağlanabilir. Proje değerlendirme yöntemleri paranın zaman içerisindeki değerinin değişiminin hesaba katılmasına göre statik ve dinamik yöntemler olarak ikiye ayrılır.

1. Statik Yöntemler
 - a. Geri Ödeme Süresi Yöntemi
 - b. Ortalama Yıllık Getiri Oranı Yöntemi
2. Dinamik Yöntemler
 - a. Net Bugünkü Değer Yöntemi(NBD)
 - b. İç Verim Oranı Yöntemi (IVO)
 - c. Karlılık Endeksi Yöntemi (KE)
 - d. Ekonomik Katma Değer Yöntemi (EKD)

5.4.3.4 Çevresel etki değerlendirmesi raporlarının sunulması

25.11.2014 tarih, 29186 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanan Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliğinin 4’üncü maddesinin (c) bendinde belirtildiği üzere, 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 çalışmalar” olduğu belirtilmektedir.

Elektrik tesislerinin isabet ettiği sahalarla ilgili olarak Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliğinin EK-2 Seçme Eleme Kriteri Uygulanacak Projeler Listesinde belirtilen elektrik tesisleri projelerinden;

- “154 kV ve üzeri gerilimde 5-15 km uzunlukta olan elektrik enerjisi iletim hatları,”
- “Kurulu gücü 10-50 MWm olan rüzgâr enerji santralleri,”
- “Elektrik, gaz, buhar ve sıcak su elde edilmesi için kurulan endüstriyel tesisler, (Toplam ısı gücü 20 MWt- 300 MWt arası olanlar)”
- “Kurulu gücü 1-10 MWe olan güneş enerjisi santralleri, (çatı ve cephe sistemleri hariç)”

Tesisler için ÇED raporları düzenleme zorunluluğu bulunmaktadır.

Projeye alakalı olarak ÇED raporlarında bulunması gereken bazı başlıklar şunlardır:

- Çevresel izinler sağlanması
 - Mevcut habitat ve biyolojik yaşama etkisi
 - Su kaynaklarına etkisi
 - Çevreye zararlı malzemelerin kullanılması
 - Mevcut arazinin kullanım şekline olan etkisi
 - Gürültü
 - Jeoloji
 - Tarihi ve kültürel yapılara olan etkisi
 - Parklara olan etkisi
- Arazinin Durumunun Tespit Edilmesi

Aday arazilerin seçimi yapılırken dikkat edilmesi gereken bir diğer konu da Tarım ve Orman İl Müdürlüğünden Uygunluk Belgesinin alınmasıdır. Arazinin majinal, tarım dışı, imar planına göre durumu, DSİ sulama alanında olmaması gibi konular hakkında bilgisi istenmektedir. Karayolları sınırları bakımından ağaçlık alanların bulunduğu bölgelerde bu izin alınamamaktadır.

5.4.4 Güneş enerji sistemleri tesisi kurulumu için gerekli süreler

Karayolları sınır bölgelerinde kalan alanlara güneş enerji projelerinin yapılması için tahmini süreçler aşağıda tartışılmıştır. İlk olarak güneş enerji sisteminin yapılacağı arazinin tespiti için 15 gün yeterli olacaktır. Güneş enerji sistemi yapılacak arazilerin tespitinden sonra Çevre ve Şehircilik İl Müdürlüğü'nden ÇED raporu ve Tarım ve Orman İl Müdürlüğü'nden uygunluk belgesi alınacaktır. Gerekli izinler alındıktan sonra arazi ile ilgili mülkiyet belgeleri ile dağıtım şirketine başvuru yapılmaktadır. Başvuru sonucu ay içerisinde yapılan başvurular bir sonraki ayın ilk yirmi gününde Dağıtım Şirketi tarafından değerlendirilip yaklaşık 45-60 gün içerisinde başvuru uygun ise enerji müsaadesi niteliğinde Bağlantı Anlaşmasına Çağrı Mektubu verilmektedir. Bu aşamada eğer enerjinin verileceği TEİAŞ'a ait trafo merkezinde kapasite yeterli değilse Dağıtım Şirketi tarafından TEİAŞ'tan görüş sorulmaktadır. Bu değerlendirme sürecinin uzamasına sebep olmaktadır. Bağlantı Anlaşmasına Çağrı Mektubu alınmasına müteakip 90 gün içerisinde projeler yaptırılıp onaylanması için TEDAŞ Genel Müdürlüğüne gönderilir. TEDAŞ Genel Müdürlüğü tarafından 90 gün içerisinde proje incelenip onaylanır. Bu süreç uzaması halinde 180 günü bulabilir. TEDAŞ Genel Müdürlüğü tarafından onaylandıktan sonra Dağıtım Şirketiyle Bağlantı Anlaşması 30 gün içerisinde yapılır. İhale süreci evraklar İhale Başmühendisliğine gönderildikten sonra, 15 gün kontrol ve EKAP(Elektronik Kamu Alımları Platformu) girişi, 30 gün ihale ilanı ve ihale tarihinin alınması, 10 gün ihale sonrası itiraz süresi 10 gün sözleşmeye davet ve 5 gün sözleşme imzalanması olarak toplam 70 gün sürmektedir. Bu süreçten sonra işyerinin yükleniciye teslimi 10 gün ve işin yapılması da yaklaşık 150 gün sürmektedir. Projenin yapılmaya karar verildikten teslim edilmesine geçen süre yaklaşık 650 gün civarındadır.

5.4.5 Halkın katılımı ve paydaş katılımı

Halkın katılımı ve paydaş katılımı bu tarz güneş enerji projeleri için çok önemlidir. Bu planlarda başlangıçta toplum katılımı sağlanmalı, endişeleri belirlenmeli ve bunlara

gerekli cevaplar verilmelidir. Bu tarz planlar ayrıca kamuoyunu bilgilendirmek ve bilinçlendirmek ile de görevlidir. Yenilenebilir enerjiye toplum tarafından bir ilgi olmasına rağmen toplumda aksi yönde bir fikir oluşursa projede yavaşlama olabilir bu da zarara yol açacaktır. Bu tepkilerden kaçınmak için de proje destekçilerinin bakış açılarını toplumla paylaşılabilir. Gerekirse broşürlerle proje tanıtılmalı, projeyi tanıtan toplantılar, web siteleri düzenlenmelidir. Son olarak proje yöneticileri toplum tarafından dile getirilen gerçek tehlikeleri düzenlemek için projede değişikliğe gitmelidir.

Paydaşların ve toplumun ilgilendiği konulara örnek olarak şunlar verilebilir:

- Saha hazırlığı ve beklenen gürültü
- Görsel etkiler
- Proje sonrası oluşacak elektrik ve manyetik alanlar
- Ağaçların kesilmesi
- Panellerin tehlikeli madde içerip içermediği
- Panellerin kullanım ömrü
- Üretilen elektriğin kullanımı
- Ekonomik ve finansal hususlar.

Paydaşların ve toplumun ilgilendiği konulara ek olarak arazi seçim sürecinin bir parçası olarak proje sürecindeki proje paydaşlarının belirlenmesi de önemli bir adımdır. Bu adım hangi paydaşların arazi ile ilgili olduğunu belirlemede ve bu paydaşların desteği ve memnuniyetini sağlamaya yardımcı olacaktır. Her bir paydaşın proje hakkındaki farklı bakış açılarını ve soruları olacaktır.

Hedef kitle ve paydaşlar listesi şunları içermelidir:

- Civarda bulunan işletmeler
- Etkilenen ulaşım sistemi kullanıcıları
- Yerel yetkililer
- Bölgesel şehir bölge planlayıcıları
- Kar amacı gütmeyen kuruluşlar
- Kurum içi personeller

Arazi seçiminde toplum değerleri de dikkate alınmalıdır. Örneğin toplum tarafından bir göl veya deniz manzarasını bozacak bir projenin kabul edilmeyeceği

düşünülmelidir. Böyle bir doğal manzarayı engelleyecek projeler için şehir bölge planlamacılardan veya mimarlardan yardım alınabilir.

5.4.6 İş modellerinin değerlendirilmesi

Proje uygulama birimi oluşturduktan sonra bu proje uygulama birimi proje teslim yöntemin karar vermesi gerekmektedir.

Kamu İhale Kanuna göre Türkiye’de uygulanan Proje Teslim Yöntemleri şunlardır;

- Geleneksel sistem (tasarım – ihale –yapım)
- Tasarım-Yapım Sistemi
- Yapımcı Mal Sahibi
- Anahtar Teslim Sistemi
- Yap İşlet Devret
- Kamu-Özel İşbirliği

Projede uygulanacak proje teslim yöntemi belirlendikten sonra proje için gerçekleştirilecek ihale sistemi belirlenir.

4734 Sayılı Kamu İhale Kanununda kamu işverenlerinin kullanabileceği ihale çeşitleri dört tanedir.

- Açık İhale Usulü
- Belirli İstekliler Arasında İhale Usulü
- Pazarlık Usulü
- Doğrudan temin usulü

İhale aşamasından sonra da yüklenici firma ile yapılacak sözleşme tipi belirlenir. Kamu işvereni tarafından kullanılan sözleşme usulleri şunlardır;

- Anahtar Teslim Götürü Bedelli İnşaat Sözleşmeleri
- Birim Fiyatlı İnşaat Sözleşmeleri

5.4.7 Güneş enerji kurulumu yapan firmanın belirlemesi

Aday güneş enerjisi kurulum ekipleri arasında seçim yapılması ve değerlendirilmesi, Bilgi Talebi, Nitelik Talebi veya Teklif Talebi gibi standart tedarik araçlarının kullanılmasıyla kolaylaştırılabilir.

5.4.7.1 Bilgi talebi

Bir Bilgi talebi yayınlamak, önerilen bir proje yaklaşımı ve pazarın mevcut durumu hakkında bilgi edinmek için geri bildirim olarak yararlanılan bir stratejidir. Bir bilgi talebi, genellikle ilgili tarafların yanıtladığı bir dizi soru olarak yapılandırılmıştır. Bu yaklaşım, devlete özgü finansal ve düzenleyici yasalar üzerindeki özel sektör bakışının belirlenmesinde yardımcı olabilir.

5.4.7.2 Yeterlilik talebi

Bir Nitelikler Talebi yayınlamak, bir dizi istenen nitelikleri karşılayan Karayolları Müdürlükleri ile çalışmak isteyen güneş enerjisi firmalarının kısa bir listesini oluşturmak için kullanılabilir. Bir Nitelik Talep Formunda dikkate alınması gereken maddeler şunları içerir:

- Önceki proje deneyimi
- Gerekli lisanslar ve sertifikalar
- Aynı veya benzer çalışmalar için referanslar
- Finansal tablolar
- Müdür ve kilit personelin özgeçmişleri
- Örnek hizmet sözleşmeleri

5.4.7.3 Teklif talebi

Teklif Talebi, ortak olacağınız bir güneş enerjisi geliştiricisinin seçilmesinde son adımdır. Bir Teklif Talebi yayınlarken, açık ve uygulanabilir bir çalışma alanı oluşturmak önemlidir. Genellikle teklif talebi ön saha taraması tamamlandıktan ve potansiyel proje yerlerinin seçilmesinden sonra verilir. Teklif talebindeki proje geliştirme kapsamının şekli ve detayı büyük ölçüde iş modeli ve finansal modele bağlıdır. Bir teklif talebinde bulunması gereken konular aşağıda belirtilmiştir.

- Arazi Koşulları
- Sistem Gereksinimleri
- Sürdürülebilir Performans Kriterleri
- Yerli Katılım Belgeleri
- Enerji Performans Analizi

Arazi Koşulları

Hazırlanması gereken arazi koşulları şunlardır:

Toplam arazi, topografya, araziye erişim, güneş ışığına maruz kalma gibi bilgileri içeren haritalar ve bu haritaların havadan görüntüleri,

Araziye yakın sulak alanlar, toprak yapısı ve jeoteknik çalışmalar ve araziye yakın diğer alanları içeren çevre haritası,

Şebeke bağlantı noktası ve şebeke bağlantı bilgileri,

Eğer mahsuplaşma yapılacaksa son iki yılda bölgede kullanılan elektrik değerlerin kilowatt saat cinsinden değeri.

Sistem Gereksinimleri

Teklif talebinin sistem gereksinimleri bölümünde karayollarının sistem üzerindeki bileşenlerin türü, büyüklüğü, performans beklentileri gibi konulardaki beklentilerini karşılamak için eklenmelidir. Sistem gereksinimleri sonuca dayalı olmalıdır. Örneğin, fotovoltanik model garantisi, ilk 10 yıl minimum %90 performans oranı garantisi gibi. Ekonomik olması adına sistem elemanlarının maliyetinden kaçınılmamalı maliyet ve kalite bakımından optimal bir çözüm bulunmalıdır.

Sürdürülebilir Performans Kriterleri

Karayolları yapılacak projelerin daha sürdürülebilir projeler olması için teklif talebinde bu doğrultuda kriterler koyulmasını isteyebilir. Sürdürülebilir kriterlerinin eklenmesi, eyleme dönüşmesi için bir fırsattır. Sürdürülebilir performans kriterlerine örnek olarak:

- Karbon ayak izi analizi
- Üreticinin kullanım sonunda geri dönüşüm garantisi
- Geri dönüşüm ile üretilmiş ürünlerin tercihi
- Sürdürülebilir Enerji Sertifikası sahipliği
- Proje etkisini azaltma stratejileri

Yerli Katılım Belgeleri

Ek teşviklerden ve yardımlardan yararlanmak için yerli malzemelerle üretilmiş ekipmanların belgelenmesi gerekmektedir. Bu belgelerin orijinal ekipman üreticisinden belgelerle sunulması istenmektedir.

Enerji Performans Analizi

Teklif talebinde ayrıca sistemin ayrıntılı bir Enerji Performans Analizi de bulunmalıdır. Bu analizde aylık tahmini üretilecek enerji kapasitesi de bulunmalıdır.

Teklif Süreci ve Değerlendirme

Teklif talebindeki teklif sürecinin ve değerlendirme kriterlerinin yürürlükteki kamu ihale kurallarına uygun olmasına dikkat edilmelidir. Ayrıca, bu tür projeler kamunun görünürlüğü yüksek olduğundan, tedarik sürecinin oldukça şeffaf olması ve halkın sürdürülebilirlik beklentileriyle uyumlu olması gerekmektedir. Bu amaçla, teklif talebinin zorunlu ön teklif toplantılarına katılım ve saha ziyaretleri de dahil olmak üzere tekliflerin sunulması için süreci ve zaman çizelgesini tanımlamalıdır. Ön teklif toplantısı ve saha ziyareti, projeyi potansiyel geliştiricilere ayrıntılı olarak sunma ve geliştiricinin site koşullarını ilk elden değerlendirmesine olanak tanıyan fırsatlardır.

Teklif talebi ayrıca, tekliflerin bir puanlama sistemi ile değerlendirileceği kriterleri de netleştirmelidir. Yalnızca maliyet etkinliği ile ilgili teklifleri değerlendirmek, projenin en iyi şekilde seçilmesine yol açmayabilir.

Teknik ve mali puanlama sisteminin içerisindeki bulunabilecek bazı kriterler aşağı sıralanmıştır.

- Deneyim ve geçmiş performansı
- Finansal istikrar ve finansal ortaklardan bir taahhütte bulunma yeteneği
- Azınlığa ait, kadınlara ait, dezavantajlı ve gelişmekte olan küçük işletmelerin kullanımı
- Çevre yönetimine bağlılık
- Uzun vadeli garantili bileşenlerin kullanımını gösterebilme
- Yerel kaynaklı malzemeler ve işçilik
- Proje yönetim yapısı ve yaklaşımı

5.4.8 Proje teslimi ve uygulaması

Güneş enerjisi firması seçildikten sonra ve proje anlaşmaları imzalandıktan sonra, karayollarının rolü öncelikle koordinasyon, kolaylaştırma ve kalite kontrolden sorumluluk haline gelir. Karayolları, beklenmedik olayları çözmek için proje geliştirici ile birlikte çalışarak proje teslimi sırasında esnek olmaya hazır olmalıdır. Proje teslim ve uygulanmasında belirli adımlar vardır ve bu adımların sözleşme üzerinde beliren

tarikhlerde gerçekleştirilmiş olması gerekmektedir. Başlıca adımlar aşağıda sıralanmıştır.

- Proje teslim ekibinin oluşturulması
- Nihai Tasarım, İzin ve Onay
- İnşaat ve Sistemin Açılması
- Operasyon ve Bakım

Proje teslim ekibinin oluşturulması

Proje teslim ekibi, proje için tasarım, mühendislik, tedarik ve inşaat görevlerinden sorumlu profesyonellerden oluşan bir gruptur. Karayolları veya proje geliştiricileri bu ekip için bir mühendislik tedarik inşaat firması ile sözleşme imzalayabilir ya da ekibi kendi içerisinden oluşturabilir.

Nihai Tasarım, İzin ve Onay

Bir sonraki adım, tasarım ve mühendislik planlarını tamamlanmasıdır ve bu nihai planlar, tüm ekipmanların ve yardımcı proje öğelerinin yerleşimini gösteren şemaları ve çizimleri içermeli ve lisanslı bir mühendisin mührünü içermelidir. Uygulanabilirse, nihai planlar ayrıca geçici inşaat ve proje bakımı ile ilgili saha erişimine yönelik bir trafik kontrol planı içermelidir. Bu aşamada proje geliştiricisi, ister karayolları olsun isterse üçüncü bir taraf olsun gerekli onayları ve izinleri almaya başlamalıdır. Yaygın olarak gerekli onaylar ve izinler şunları içerir:

- Yerel yetki alanından elektrik ve / veya inşaat izni
- Arazi kullanım onayları ve tasarım inceleme izinleri
- şebeke ara bağlantı onayı
- İnşaat Yağmursuyu İzni
- Hizmet ikamet izni veya hava kiralaması

İnşaat ve Sistemin Açılması

İnşaat aşaması faaliyetleri şunları içerir:

- Malzeme tedariki
- Mobilizasyon
- Arazi hazırlığı
- Temel kazınması ve destek yapıları inşa etmek

- PV modüllerinin montajı
- İnvantör ve elektrik sistemlerinin montajı
- Güvenlik çitinin kurulması ve güvenlik sistemlerinin kurulması
- Etkilenen alanların yeniden düzenlenmesi ve inşası.

İnşaat tamamlandığında, sistemi devreye alacaktır. Devreye alma, sistemin yapısal olarak sağlam ve malzeme veya işçilik eksikliğinden emin olmasını sağlamak için geliştiricinin son kalite kontrolüdür. Ayrıca, sistemin elektrik kurulumunun geçerli elektrik yasalarına ve standartlarına uygun olduğunu ve uygun şekilde etiketlendiğini de doğrular. Son olarak, devreye alma sistemi etkinleştirerek ve kabul edilebilir sınırlar dâhilinde çalışıp çalışmadığını belirler. Geliştirici, projenin devreye alınmasını tamamladıktan ve elektrik şirketi onayladıktan sonra, sistem çalışmaya başlayabilir ve elektrik şebekesine enerji vermeye başlayabilir.

Operasyon ve Bakım

Bakım ve izleme süreci de karayollarının sorumluluğundadır. Şebekeye bağlı PV sistemler için bakım ve onarım yıllık denetimlerle sınırlıdır. Bu denetimlerde;

- Elektrik sistemlerinde hasar veya korozyon belirtileri olup olmadığını kontrol edilmelidir.
- Güneş PV dizisini ve montaj sistemini yapısal sağlamlığı incelenmelidir.
- Normal çalışma aralığında olduklarından emin olmak için elektrik sistemlerinden okumalar alınmalıdır.
- Paneller üzerindeki toz, kir veya diğer birikintileri temizlenmelidir.

Paneller arası temizlenmelidir.

5.5 Yer Seçim Kriterleri ve Türkiye’de Uygulama Alanları

5.5.1 Yer seçim kriterleri

Güneş enerji projelerinin yer seçiminde kullanılan yer seçim kriterleri projenin başlangıcından sonuna kadar olan süreci ve üretilen elektrik miktarını doğrudan etkilemektedir. Kesin ve net olacak şekilde bir yer seçim kriterleri bulunmamakla birlikte elde edilen tecrübelerden sağlanan bir takım kriterler mevcuttur. Bu kapsamda bölgenin güneşlenme süresi, iklim koşulları, arazi yapısı, arazi eğimi, şebeke bağlantısına mesafe, zemin yapısı gibi kriterler ön plana çıkmaktadır.

Güneş enerjisinin etkin ve verimli bir şekilde kullanılması için elde edilen verilen Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü tarafından “GEPA (Türkiye Güneş Enerjisi Potansiyeli Atlası)” hazırlanıp kullanıma sunulmuştur. GEPA göre, yıllık toplam güneşlenme süresi 2.741 saat (günlük ortalama 7,5 saat), yıllık toplam gelen güneş enerjisi 1.527 kWh/m².yıl (günlük ortalama 4,18 kWh/m².gün) olduğu tespit edilmişti. (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2019)

Güneş santralinin verimliliğini etkileyen diğer bir faktör ise arazi yapısıdır. Genellikle arazi seçiminde düz ve güney yamaca bakan araziler tercih edilmektedir. Arazi yapısı dalgalı olan bölgelerde gölgelenme miktarı artacağı için verimi düşürecek ayrıca kurumu zorlaştıracaktır.

Arazi yapısındaki eğim de diğer bir önemli kriterdir. Yer seçiminde en ekonomik eğim yüzde 1 ile yüzde 3 arasındaki değerler olarak görülmektedir. Ancak alternatif bir arazi bulunmaması durumunda da yüzde 5'e kadar çıkılabilmektedir. Ayrıca hiç eğimin olmadığı arazilerde ise su birikintisi olması ve tahliye problemleri çıkarabileceklerinden dolayı tercih edilmemektedir.

Diğer bir faktör de arazinin kullanım durumudur. Arazi üzerindeki bitki örtüsü gölgeleme yapabilmekte ve bitki örtüsünün temizlenmesi de ek maliyetlere neden olmaktadır.

Güneş santralının verimi açısından bir diğer faktör de şebeke bağlantısıdır. Bağlantı noktasına uzaklık ile ilgili çeşitli kabuller yapılmakla beraber yatırımın yer aldığı bölgeye göre mevzuata bağlı olarak değişebilmektedir. Büyük ölçekli santrallerin ulusal şebeke ağına 10 km'den uzak olması ve küçük ve orta ölçekli santrallerin de 5 km'den uzak olması projenin ekonomik olarak verimli olmasının önüne geçmektedir. Bunun yanı sıra bağlantı yapılacak şebekenin kapasite durumu da önem taşıyan bir diğer konudur.

Uzaklık bakımından bir diğer konu da enerji tüketim noktalarına olan mesafenin çok fazla olmamasıdır çünkü mesafe arttıkça iletilmede enerji kayıpları yaşanmakta bu da verimi düşürmektedir. Yer seçimi yapılırken şehirlere yakınlık da göz önüne alınmalıdır.

Isıl güneş enerji santralleri soğutma suyuna ihtiyaç duymaktadır. Aynı şekilde fotovoltaiik panellerin verimliliğini etkileyen temizlik için yapılan periyodik bakımlarda suya ihtiyaç vardır. Bu bakımdan uygun yüzeysel ve yeraltı su kaynaklarına yakınlık projenin ekonomik verimliliğini etkilemektedir.

Santral alanın zemin yapısı, toprak direnci, zemin mukavemeti, aktif ray hattına uzaklığı da diğer yer seçimi kriterleri arasında yer almaktadır.

Büyük alanlara yayılan bu panellerin yansıması doğadaki ısı dengeyi bozmakta bu da ciddi bir problem oluşturabilmektedir. Bu nedenle çevredeki böcek gibi hayvanların ölümüne kuşların göç hareketinin değişmesine neden olabilmektedir.

Bir diğer faktör de doğal güzellikleri olan arazilerde görüntü kirliliğine neden olabilmekte bu da toplum tarafından projenin benimsenmesini engelleyebilmektedir. Proje arazisi seçilirken bu tarz kriterler göz önünde bulunması projenin verimini arttıracaktır. (Şenlik 2017)

5.5.2 Güneş enerjisi için fırsat bölgeleri

1. Tarsus- Ankara otoyolunun Eminlik ilçesi civarında bulunan Ulukışla çıkışındaki yonca kavşakta bulunan yaklaşık 20 dönümlük arazi bulunmaktadır. Güneş Enerjisi Potansiyel Atlasına göre de Toplam Güneş Radyasyonunun yıllık yaklaşık 1700-1750 kWh/m² olmasından ötürü yatırım maliyetini karşılayacak bir proje olacaktır. Bu arazinin bir diğer özelliği de çevresine göre yüksekte kalmasından dolayı panellerden yansiyacak güneş ışınlarının trafik için problem teşkil etmeyecek olmasıdır. (Google Earth, 2020)

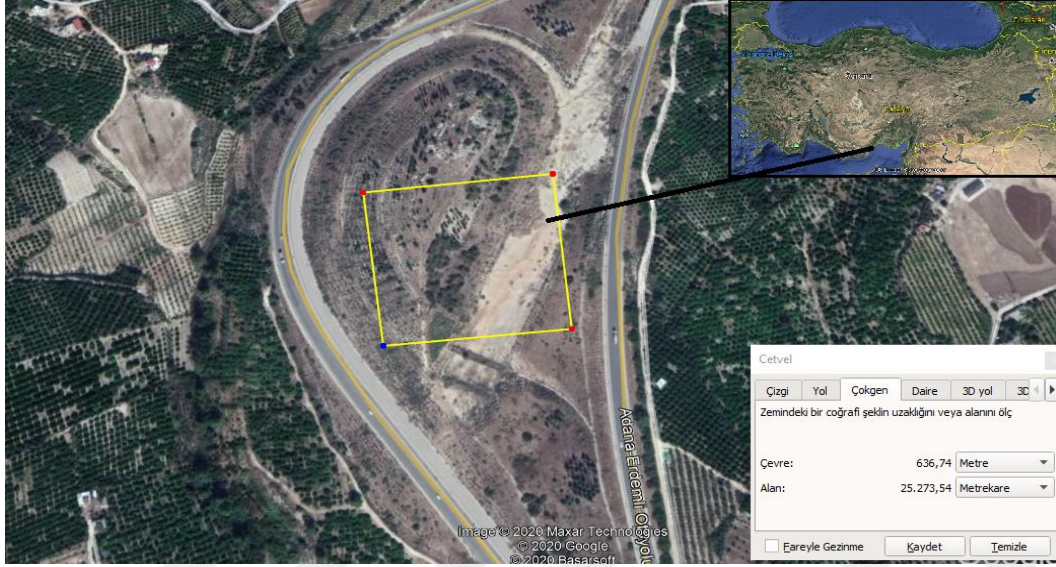


Şekil 5.8 : Arazinin Yukarıdan Görünüşü



Şekil 5.9 : Arazinin Güneyden Görünüşü

2. Adana-Erdemli Otoyolunun sonu olan eşmeli çıkışını civarındaki Şahin Tepesi yanındaki bu arazide Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından kamulaştırılmış bir tepe bulunmaktadır. Bu tepenin aşılması yerine gidiş gelişli otoyolun bir tarafı çevresinden dolaşmaktadır. Bu arazide bulunan 20-25 dönüm yıllık Güneş Radyasyonu bakımından da verimli olması sebebiyle güneş enerjisi projesiyle değerlendirilmesi Karayolları Genel Müdürlüğü adına bir katma değer sağlayacaktır. (Google Earth, 2020)



Şekil 5.10 :Arazinin Yukarıdan Görünüşü



Şekil 5.11 : Arazinin Doğudan Görünüşü

3. Adana-Erdemli otoyolunun Serbest Bölge Liman çıkışı civarında bulunan Karayolları Bakım İşletme Şefliği ve Karayolları lojmanlarının bulunduğu arazi üzerindeki yaklaşık 25 dönümlük arazinin konumu ve genişliği sebebiyle güneş

enerjisi projesi için değerlendirilmesi civarda bulunan Bakım İşletme şefliği ve Karayolları lojmanlarının elektrik ihtiyacını karşılamada bir fırsat olacaktır. (Google Earth, 2020)



şekil 5.12 : Arazinin Yukarıdan Görünüşü



şekil 5.13 : Arazinin Güneyden Görünüşü



6. RÜZGAR ENERJİSİ VE TEKNOLOJİLERİ

6.1 Rüzgâr Enerjisi

6.1.1 Tanım

Rüzgar enerjisi teknolojileri ya da daha çok bilinen adı ile rüzgar türbinleri, rüzgarların oluşturduğu kinetik enerjiyi önce mekanik enerjiye çeviren ardından elektrik enerjisine çeviren sistemler olarak nitelendirilebilir. M.Ö. 2800 yıllarında başladığı tahmin edilen, günümüzde de hâlen daha yararlanılan rüzgar enerjisinin, elektrik enerjisine dönüştürülebilmesi için aşağıda bulunan şemada gösterildiği gibi çeşitli sistemler kullanılmaktadır ve bu sistemler de geliştirilmektedir.

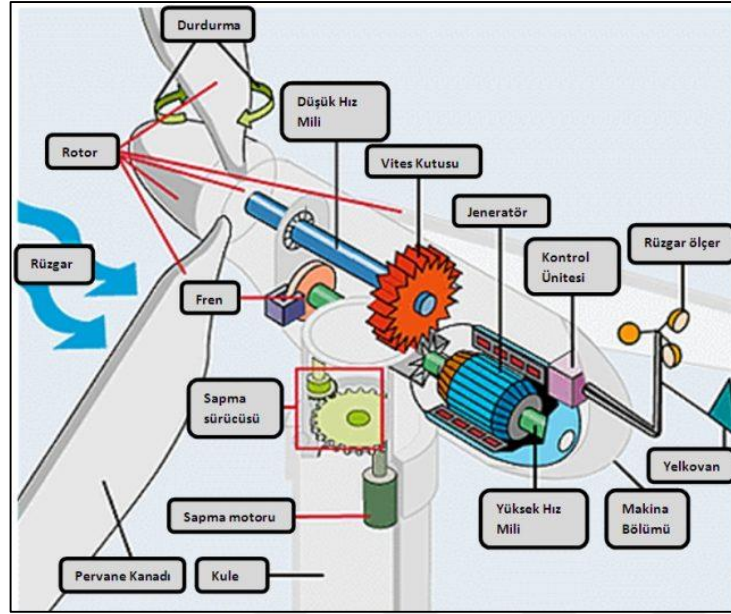


Şekil 6.1 : Rüzgar Türbinlerinin Sınıflandırılması

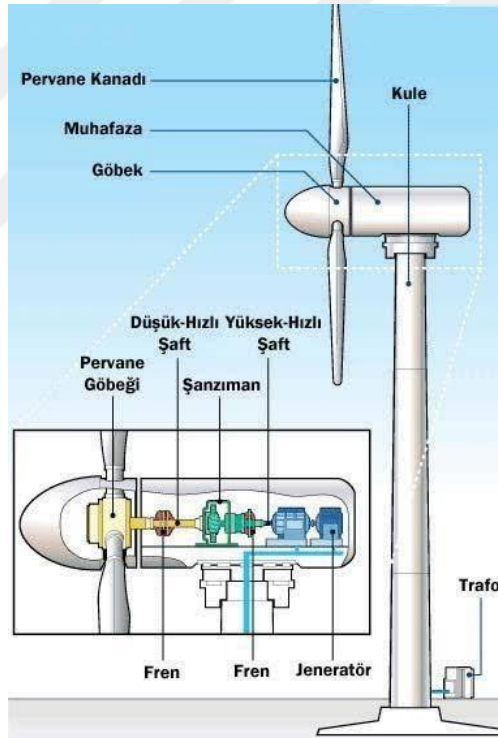
6.1.2 Rüzgâr enerjisi teknolojisi bileşenleri

Rüzgar enerjisi teknolojisi rüzgar türbinlerinde; pervane kanatları, kule, fren sistemi, jeneratör sistemi, rüzgar ölçer, yüksek hız mili, düşük hız mili, sapma sürücü, sapma motoru, makine bölümü, vites kutusu (dışli kutusu), rotor, yelkovan, kontrol ünitesi gibi bileşenlerden oluşmaktadır.

1. *Pervane Kanatları:* Uçak kanatları gibi tasarlanan pervane kanatları esen rüzgar sayesinde döner. Türbin modellerine göre her türbinde kanat adedi ve ebatları değişebilmektedir.
2. *Kule:* Pervane kanatlarının yerden yüksekte güvenli bir şekilde çalışması amacı ile tasarlanan çelik veya betonarme olarak inşa edilen yapılardır. Genellikle silindirik şeklinde tasarlanmaktadır.
3. *Fren sistemi:* Rüzgar hız limitinin artması durumunda türbinlerin tehlikeli bir durumda çalışmasını önlemek amacıyla kurulmuş olan bir sistemdir.
4. *Jeneratör sistemi:* Mekanik enerjiyi elektrik enerjisine çevrildiği sistemlerdir.
5. *Rüzgar ölçer:* Rüzgar hızının ölçülmesini sağlar.
6. *Yüksek hız mili*
7. *Düşük hız mili*
8. *Sapma sürücüsü:* Rüzgar yönüne göre rotorun sürekli olarak hakim rüzgar yönüne dönük olmasını sağlar.
9. *Sapma motoru*
10. *Makine bölümü*
11. *Vites kutusu:* Düşük hız milini, yüksek hız miline bağlayarak elektrik enerjisi üretimi için gerekli olan dönüş hızının elde edilmesini sağlayan viteslerin bulunduğu kutudur.
12. *Rotor:* Rüzgar türbinlerinde, pervane kanatları ve göbek arasında kalan bölümdür.
13. *Yelkovan:* Rüzgar yönünün tespitini yapan ve sapma sürücüsüne ileten bölümdür.
14. *Kontrol ünitesi:* Rüzgar türbininin çalışabileceği rüzgar hız skalasına göre, düşük ve yüksek rüzgar hızları oluşma durumlarında sistemi durduran ya da devreye alan bölümdür. (Rüzgar Türbini Nedir? Rüzgar Türbini Çeşitleri Nelerdir? 2019)



Şekil 6.2 : Rüzgar Türbini İç Yapısı



Şekil 6.3 : Yatay eksenli rüzgar türbini bileşenleri

6.1.3 Başlıca rüzgâr türbini çeşitleri

1. *Mikro Rüzgâr Türbinleri:* Sabit mıknatıslı jeneratörler ile batarya (akü) şarj etmek için kullanılır ve güçleri en fazla 3kW'tır. Genel olarak elektriği olmayan evlerde ve küçük gemilerde kullanılır.
2. *Küçük Rüzgâr Türbinleri:* Sabit mıknatıslı jeneratörler ile elektrik üretir ve en fazla 30kW'a kadar elektrik üretir.

3. *Yatay Eksenli Rüzgâr Türbinleri:* Rotoru yatay ekseninde bulunan türbinlere denilmektedir ve günümüzde kullanılan en yaygın türbin çeşididir. Enerji verimliliği en yüksek olan bu türbin çeşidi büyük ölçekli rüzgâr santrallerinde kullanılmaktadır.
4. *Düşey Eksenli Rüzgâr Türbinleri:* Rotoru düşey ekseninde bulunan türbinlere denilmektedir. Yatay eksenli rüzgâr türbin modellerine göre avantajları; rüzgâr yönünden etkilenmemesi ve böylece sapma sürücüsü gibi yönlendirici parçalara ihtiyaç duyulmaması, elektro-mekanik akşamların yerde olması sebebiyle bakımlarının daha kolay olmasıdır.
5. *Eğik Eksenli Rüzgâr Türbinleri:* Pervaneleri ile dönme eksenini arasında belirli bir açı bulunan rüzgâr türbinleridir. Kullanım alanları çok kısıtlıdır.

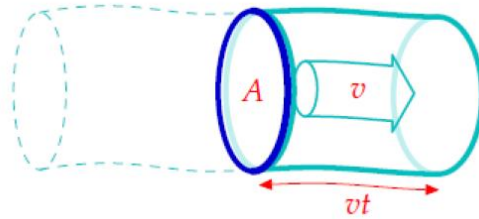
6.2 Teknik Konular

Bir rüzgâr enerjisi santralinden elde edilecek güç birim alana düşen rüzgâr gücü ile o alanın miktarının çarpılması ile bulunur. Bu rüzgâr çiftliğinin birim alana düşen rüzgâr gücü potansiyelin hesaplanması;

Rüzgâr türbininin kanatları arasından geçen havanın kinetik enerjisi, akışkanlar dinamiğindeki kinetik enerji formülü ile bulunur.

$$KE = \frac{1}{2} mv^2$$

Buradaki m havanın kütlesi, v de havanın hızıdır. Rüzgâr türbinindeki hava akışı Şekil 6.4'de gösterilmiştir.



Şekil 6.4 : Rüzgâr Türbinindeki Hava Akışı (MacKay 2009)

Formülde de görüldüğü gibi kinetik enerji üzerindeki en büyük etken havanın hızıdır. Rüzgârın hızı arttıkça kinetik enerjideki etkisi üssel olarak hissedilmektedir. Örnek vermek gerekirse rüzgâr hızı 2 m/s olduğunda üçüncü kuvveti 8 ise rüzgâr hızı 8 m/s olduğunda ise üçüncü kuvveti 512 olmaktadır. Yani rüzgârın hızı 4 katına çıktığında üretilen kinetik enerji 64 katına çıkmıştır. (MacKay 2009) (KURUCU 2017)

6.3 Rüzgâr Enerjisi Sistem Maliyetleri

Rüzgar enerjisi sistem maliyeti; ilk yatırım maliyeti ile işletme ve bakım maliyetlerinin toplamından oluşmaktadır. İlk yatırım maliyeti rüzgar enerjisi kurulumu aşamasında ortaya çıkan ve işletme döneminde tekrarlanmayan giderdir. Diğer taraftan işletme ve bakım giderleri sistemin üretime başlamasından ekonomik ömrünün sonuna kadar geçen sürede devam eden harcamalardır.

6.3.1 Yatay eksenli rüzgâr enerjisi sistem ilk yatırım maliyeti

İlk yatırım maliyeti rüzgar enerjisinin ilk kurulum aşamasında ortaya çıkan ve işletme döneminde devam etmeyen giderlerdir. Rüzgar enerjisinden elektrik üretim maliyetinin yaklaşık %80'i üstyapı harcamalarından oluşmakta, yatırım maliyetinin büyük bir kısmı yatırımın 1. ve 2. Yılında ortaya çıkmaktadır. Bu sebeple rüzgar enerjisi yatırımları sermaye yoğun yatırımlardır. İlk yatırım maliyetleri genel olarak şunlardır: türbin maliyeti(kule, jeneratör, hız dönüştürücüleri, elektrik-elektronik aksanlar, pervaneler), enerji nakil hattı maliyeti, inşaat maliyeti(arazi, düzenleme, bina, yol). Bu bölümde maliyet analizi yaparken 600 kW'lık bir yatay eksenli rüzgar enerji santralinin maliyetini ele alacağız. Rüzgar Türbininin toplam maliyeti türbinin marka ve gücüne göre değişmekle birlikte 600kW büyüklüğündeki bir yatırımda türbin maliyeti 480.000 USD olarak hesaplanmaktadır. Rüzgar türbinleri ithal edilmektedir. Gelişen teknoloji ile birlikte üretim maliyetleri azalmaktadır.

PV sistem tasarımı ve üretim değerlerinin tahmini için danışman firmaya ödenen ücret de ilk yatırım maliyeti altında etüd ve proje giderleri olarak isimlendirilmektedir. Bu maliyet de 15.000 dolar olarak öngörülmektedir.

Etüd ve proje giderleri tamamlandıktan sonra yasal prosedürler için süreç başlamıştır. Gerekli yasal izinler, elektrik bağlantı anlaşması, şebeke bağlantı maliyeti gibi maliyetler bulunmaktadır. Bu tarz maliyetler yaklaşık 50.000 USD olarak hesaplanmaktadır.

Santral kurulacak alanın düzenlenmesi ve türbinlerin kurulumu sırasında oluşacak saha ve inşaat işleri maliyetleri, dikenli tel veya tel örgü gibi panelleri korumaya yönelik işlemler için maliyetler, nakliye, saha aydınlatma yatırımlarını ve öngörülemeyen giderleri de içeren proje geliştirme maliyeti olarak 35.000 USD ödeme yapılması öngörülmektedir.

İlk yatırım maliyetinin içerisindeki bir diğer maliyet de arazi maliyetidir. Bizim projemizde projenin uygulanacağı arazi Karayolları Genel Müdürlüğüne bağlı alanların değerlendirileceği için arazi maliyeti bulunmamaktadır.

Tablo 6.1: 600 kW Kurulu Güçteki Rüzgar Enerji Santralinin İlk Yatırım Maliyeti Giderleri

	Fiyat
Rüzgâr Türbini	480.000 \$
Etüd, Proje Giderleri	15.000\$
Yasal Prosedürler ve Enerji Nakil Hattı	50.000\$
Santral İnşaatı	50.000\$
Çevre Düzenlemesi ve Güvenlik	35.000\$
Toplam İlk Yatırım Maliyeti	630.000\$

Böylece 600 kW kurulu gücündeki bir rüzgar enerjisi türbinin maliyeti 630.000\$ olarak hesaplanmıştır.

6.3.1 Yatay eksenli rüzgâr enerjisi sistem işletme ve bakım giderleri

Kurum bittikten sonra işletmeyi canlı tutmak ve üretimin sürekliliğini sağlamak için yapılan harcamalardır.

Rüzgâr enerjisi santrali projesinde türbin bakımları ve kontrolleri için çalıştırılması gereken personele ait masraflar 4.000USD civarında olacağı planlanmaktadır.

Türbinlerin hasar ve zararına yönelik aynı zamanda da kullanılacak kredinin de gerekliliği olarak sigorta yapılmakta olup sigorta maliyeti ortalama 4.000 USD olarak fiyatlandırılmaktadır. Bakım maliyetleri rüzgâr türbin bileşenleri ve enerjinin iletimi sırasında kullanılan trafolar, elektrik direkleri ve iletim hatlarını da içermektedir.

Santralin güvenliği için personel çalıştırmak gerekmektedir. Eğer bu tarz rüzgar enerjisi projelerini Karayolları Genel Müdürlüğü arazisi üzerindeki tesislerde yapılacak ise bu tesislerde bulunan mevcut güvenlik çalışanları ile de karşılanabilir.

Yapılan rüzgar türbininin EDAŞ sistem işletim bedeli 250 kW üzeri türbinler için yıllık 2323,6 TL olarak belirlenmiştir. Ayrıca dağıtım şirketi için GTŞ sistem işletim bedeli ise 250 kW üzeri türbinler için yıllık 1661,9 TL olarak belirlenmiştir. Toplam sistem işletim bedeli ise 3985,5 TL'dir. 1 doların 6,85 TL'ye eşit olduğu düşünüldüğünde sistem işletim bedeli 581,8 USD hesaplanmıştır.

Rüzgar türbininin ayrıca yıllık dağıtım bedeli 19,79 kuruş/kWh'dir. Dağıtım bedelinin hesaplanabilmesi için üretilecek elektriğin hesaplanması gerekmektedir. Rüzgar

enerjisinin ürettiği elektriğin hesaplanması için de kapasite kullanım oranı önemli bir faktördür. Rüzgar türbinlerinde kapasite kullanım oranı %20 ile % 30 arasında değişmektedir. Hesaplamamızda kapasite kullanım oranını %25 alırsak ve türbinin 365 gün 24 saat çalıştığını düşündüğümüzde yıllık 8.760 saatlik bir yıllık çalışma süresi bulunmaktadır. 600 kW'lık bir rüzgar türbinin yıllık olarak;

$8.760 * 600 * \%25 = 1.314.000$ kWh elektrik üretilbileceği hesaplanmıştır.

Dağıtım bedeli de 1 doların 6.85 TL olduğu düşünüldüğünde $(1.314.000 * 0,1979) / 6.85 = 37,962$ USD hesaplanmıştır.

Tablo 6.2 : 600 kW Kurulu Güçteki Rüzgar Enerji Santralinin İşletme ve Bakım Maliyeti Giderleri

	Fiyat
Bakım, Onarım Giderleri	4.000\$
Sigortalama Giderleri	4.000\$
Diğer Öngörülemeyen Bakım Giderleri	1.000\$
Sistem İşletim Bedeli	582\$
Dağıtım Bedeli	37.962\$
Toplam Maliyet	47.544\$

6.4 Karayolları Sınır Çizgisi İçerisinde Kalan Alanlarda Rüzgâr Enerjisi Projeleri Örnek Vaka Çalışmaları

6.4.1 Ohio eyaleti Northwood kentindeki karayolları bakım tesisi vaka çalışması

6.4.1.1 Projenin tanımı

Ohio Ulaştırma Başkanlığı(Ohio Department of Transportation), Ohio eyaletinin kuzeybatısındaki mevcut bir dinlenme alanının enerji kullanımını dengelemek için çeşitli alternatif enerji sistemlerini kullanmak istedi. Rüzgar, güneş ve jeotermal enerji kaynakları dikkate alındı ve Ohio'daki ortalamanın üzerindeki rüzgar kaynağı sebebiyle 1,3 kW'lık bir rüzgar türbünü yapılmasına karar verildi. Araziye gelen rüzgar değerleri hesaplandıktan sonra türbinin önemli bir yük azaltımı yapabilmesi için türbin kapasitesi 30 kW'a kadar çıkartıldı. ABD Yaban Hayatı Koruma Servisi, birkaç kuş göç yolu üzerinde bulunması sebebiyle türbinin dinlenme tesisi alanına kurulmaması istedi. Bunun üzerine Ohio Ulaştırma Başkanlığı çalışanları mevcut tesislerinin enerji kullanımı ve maliyet araştırması yaptıktan sonra yeterli alana sahip ve elektrik kullanımı yüksek olan Northwood kentindeki bakım tesisine rüzgar türbinin yerleştirmesine karar alındı.

Northwood kentindeki bu bakım tesisinin ana binası yaklaşık 3000m² , iki ekipman depolama binası 800 m² , üstü açık ekipman depolama binası ve tuz depolama alanı bulunmaktadır. Projenin amacı bu bakım tesisi içerisindeki elektrik kullanımı mümkün olduğunca yenilenebilir enerjiden karşılamaktır ve hedef kullanılan enerjinin yıllık olarak %65'inin yenilenebilir enerjiden sağlanmasıdır.

Projede kullanılan rüzgar türbini için yüksekliği 26 metre olan kulenin üzerine monte edilmiş 32 kW'lık yatay eksenli rüzgar türbininden oluşmaktadır. Sistem bir inventör, açıp kapamayı sağlayan anahtar ve mahsuplaşma için elektrik şebekesine bağlanan bir sayaç içermektedir. Sistem tesisin yıllık ihtiyacının %65'ini karşılayacak şekilde boyutlandırılmıştır. (National Cooperative Highway Research Program Report 751 2013)



Şekil 6.5 : Ohio DOT Rüzgar Enerjisi Projesi

6.4.1.2 Edinilen dersler

Tasarım öncesi aşamada öğrenilen temel ders, belirli bir teknoloji seçmeden önce önerilen sahadaki çevresel kısıtlamaların iyi tanımlanması gerektiğidir. Ayrıca teknoloji seçildikten sonra gerekli enerji miktarının hesaplanmasının doğru bir boyutlandırması gerekmektedir.

Kullanılan ekipmanların yurtdışından tedariki proje ve yedek parçaların tedariki proje geliştiricileri için uzun bekleme sürelerine sebep oldu. Bir sonraki projelerde projenin yapıldığı yere yakın yerlerde üretilen ekipmanların tercih edilmesi gerektiği belirtildi.

En düşük teklif her zaman en iyi teklif değildir.

Kule ile türbinin aynı renkte olması daha uyumludur.

Yüklenici firmanın seçiminden önce firmanın önceki projelerinin ve türbin üreticisi ile olan ilişkisinin araştırılması gerekmektedir.

6.4.1.3 Projenin yapılmasındaki motivasyonlar

Düşük elektrik maliyetlerine ek olarak önceden kömürden elde edilen elektrik üretimini de dengeleyerek çevreye olumlu bir katkıda bulunmak.

Devlet yolu üzerinde yenilenebilir enerji projesi yaparak halkın yenilenebilir enerjiye ve devlet kurumlarına karşı sempatisini kazanmak.



Şekil 6.6 : Ohio DOT Rüzgar Enerjisi Projesi

6.4.1.4 Proje paydaşları

Mimar- Shremshock Architects

Danışman- Prater Engineering Associates

Yüklenici- Zenith Systems

Rüzgar Türbini Üreticisi- LTI Power Systems

Rüzgar Türbini- TecWind 32-kW

İnventör- Aurora model number PVI-6000- OUT-US-W(Tedarik TecWill)



Şekil 6.7 : Ohio DOT Rüzgar Enerjisi Projesi

6.4.1.5 Kullanılan teşvikler, politikalar ve maliyet

Yaklaşık 200.000 dolarlık rüzgar türbini jeneratörünü kurmak için hibe veya teşvik kullanılmadı. Proje için tüm fonlar Ohio DOT Ulaştırma Başkanlığı'na tahsis edilen devlet fonlarından geldi.

Yapılan hesaplamalarda projenin geri ödeme süresinin 12 ile 16 yıl arasında olacağı hesaplanmıştır. Türbinin öngörülen ömrü 20 yıldır.

6.4.1.6 Kullanılan iş modelleri

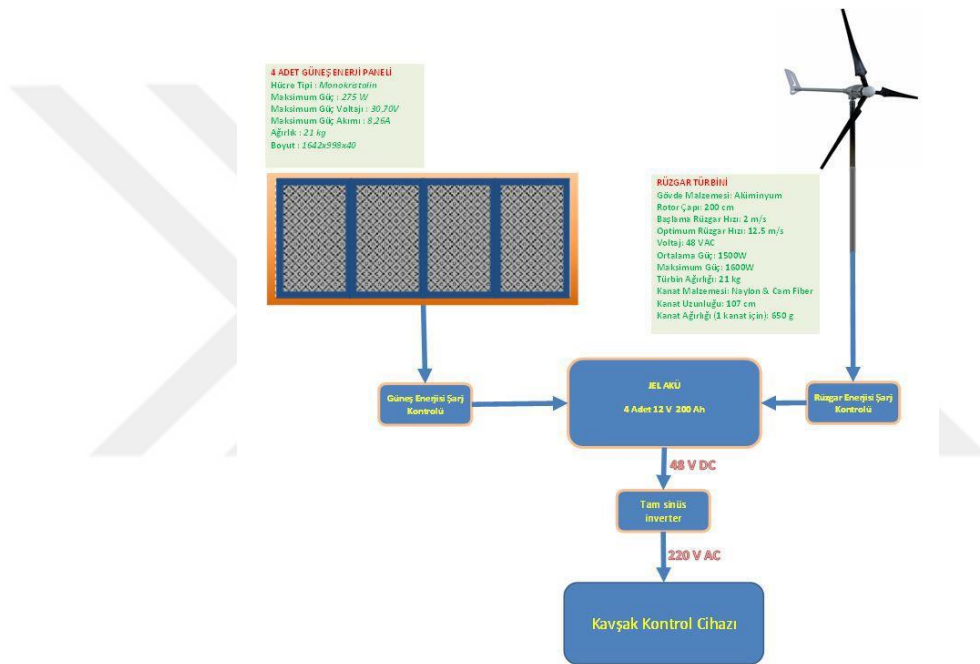
Proje teslim yöntemi olarak geleneksel sistem olan tasarım-ihale-yapım sistemi kullanılmıştır. İhale sistemi olarak da belirli istekliler arasından ihale usulü ile Ohio Ulaştırma Başkanlığı tarafından hazırlanan ön tasarım ile yüklenici firma seçilmiştir. İhaleyi kazanan yüklenici firma tüm tasarım ve alt yüklenici seçimini yapmış ve gerekli izinlerin alınmasından sorumlu olmuştur.

Ön tasarım aşamasında türbin büyüklüğü ve sahadaki yeri belirlenmiştir. Projenin yeri belirlenirken yanlış bir planlama olursa türbin ve kulenin 30 metrelik düşme bölgesinin temiz bir alan olmasına dikkat edilmiştir. Ayrıca bölgeye yakın bir havaalanı bulunduğu için proje yerinin seçiminde federal havacılık idaresi ile koordineli bir çalışma yapılmıştır. Kule yüksekliği ve diğer tasarım parametreleri federal havacılık idaresinin kriterlerine uyumlu bulunduğu için bir sorunla karşılaşılmadı.

6.4.2 Hatay-Kısık mevki güneş enerjisi-rüzgâr enerjisi vaka çalışması

6.4.2.1 Projenin tanımı

817-07 K.K.Nolu Devlet Yolunun 0+000 Km'sindeki Osmaniye-Toprakkale-İskenderun ile kesiştiği Kısık mevkiindeki rüzgar ve güneş enerji sistemlerinin hibrit bir proje yapılması kararlaştırılmıştır. Bu kavşağın aydınlatılması için gereken sinyalizasyon sisteminin gücünün yaklaşık 400 W olacağı hesap edilmiş olup, ihtiyaç durulan 220 Volt elektriğin güneş enerjisinden faydalanılarak sağlanmasına karar verilmiştir. Bu kapsamda kullanılan türbin ve panel bilgileri aşağıdaki gibidir.



Şekil 6.8 : Projede Kullanılan Türbin Ve Panel Bilgileri

Bahse konu sistem 18.06.2017 tarihinden beri sorunsuz olarak çalışmaktadır. Havanın kapalı olduğu ve rüzgâr türbinin çalışmadı zamanlarda ise 12 V 200 Ah 4 adet jel akü sistemin 72 saat çalışmasını sağlamaktadır.

6.4.2.2 Proje den edinilen dersler

Özellikle flaş sistemlerinde kullanılan güneş enerji panellerinin çalınması nedeniyle, kurulacak sistemde de yaklaşık 250 W'lık panellerin çalınmasını engellemek amacıyla panellerin, kavşak içine montajı yapılacak platform üzerine kurulması gerektiği düşünülmüştür.

Sinyalizasyon sistemini çalıştırmak için ihtiyaç duyulan enerjinin sadece güneş enerji panellerinden elde edilmesi durumunda panel sayısının artacağı ve bu sayının platform ölçülerine de yansıtacağı ve kavşak içinde bu ebatta bir platformun kurulması için yeterli alanın olmadığı görülmüştür. Ancak güneş panelleri ile birlikte rüzgar türbini kullanılması durumunda sadece 4 adet güneş panelinin kullanılmasının yeterli olacağı hesaplanmıştır.



Şekil 6.9 : Kısık Mevki Güneş Enerjisi-Rüzgar Enerjisi Projesi

6.4.2.3 Projenin yapılmasındaki motivasyonlar

Bimer, e-mail, valilik vb. kanallar ile kısık kavşağı ile ilgili şikâyetler alınmakta ve buradaki trafik güvenliği sorunu için çözüm üretilmesi istenmekteydi.

Bahse konu kavşakta sinyalizasyon sisteminin çalıştırılmasında ihtiyaç duyulan 220 volt elektrik enerjisinin olmaması nedeniyle sinyalizasyon sistemi kurulamamıştır. Elektrik enerjisinin sağlanması ile ilgili bölgede elektrik dağıtımından sorumlu şirkete başvuru yapılmış ancak bu başvurudan olumlu sonuç alınamamıştır.

Trafik güvenliğine katkı sağlamak ve sürücülerin dikkatini çekmek amacıyla kavşak yaklaşımı ve kavşak içine güneş enerjili flaş sistemleri kurulmuş ancak alınan bu önlemin trafik kazalarının azalmasına önemli etkisinin olmadığı görülmüştür.

Bahse konu kesimde meydana gelen ölümlü ve maddi hasarlı kazaların önüne geçmek için sinyalizasyon sistemi kurulumunun mutlaka yapılması gerektiği tespit edilmiştir.



Şekil 6.10 : Kısık Mevki Güneş Enerjisi-Rüzgar Enerjisi Uygulama Yer

6.5 Rüzgâr Enerji Projesi Fizibilite Analiz Aracı

Bu bölüm, bir rüzgar enerjisi projesinin uygulanması sürecine adım adım bir genel bakış sunmaktadır. Temel yetenekler ve yeterlilikler, başarılı proje yönetimi ve uygulaması için gerekli olan iç ve dış proje ortakları için detaylandırılmıştır. Ayrıca aday proje sahalarının nasıl değerlendirileceği ve bir fizibilite etüdünün nasıl yürütüleceği konusunda da yönlendirme sağlar. Özel sektör ortağı seçimi ve sözleşmesi ile proje uygulamasına ilişkin konuların derinlemesine tartışılması da dâhil edilmiştir. “Fizibilite Analiz Aracı”nın oluşturulmasında literatürde bulunan bazı kaynakların yanı sıra KGM çalışanları ve proje geliştiricilerin fikirlerine başvurulmuştur.

- Proje Uygulama Biriminin Oluşturulması
- Aday Arazilerin Belirlemesi ve Değerlendirilmesi
- Aday Arazilerinin Fizibilite Değerlendirmesi
- Halkın Katılımı ve Paydaş Katılımı

- İş Modellerinin Değerlendirilmesi
- Rüzgar Enerji Kurulumu Yapan Firmanın Belirlemesi
- Proje Teslimi ve Uygulaması

6.5.1 Proje uygulama biriminin oluşturulması

Bir rüzgar enerjisi projesinin planlanması, tasarımı, finansmanı ve inşası mevcut yapıdaki Karayolları Genel Müdürlükleri için geleneksel yöntemlerden uzaklaştığı için karmaşık bir süreçtir. Karayolları Genel Müdürlükleri projelerin önemli noktalarını atlamamak için ve uzmanlıklarından yararlanmak için dış ortaklardan yararlanır. Program geliştirmedeki ilk adım olarak teknik ihtiyaçları değerlendirmek, proje zaman çizelgesini oluşturmak gibi konularda mevcut projeleri geliştiren diğer kurumlardan bilgi almalıdır.

6.5.2 Aday arazilerin belirlenmesi ve değerlendirilmesi

İlk adım olarak daha uygun olan arazilerin kısa listesini oluşturmak için ön tarama yapılmalıdır. Ön taramada dikkat edilmesi gereken konular şunlardır: rüzgar enerji potansiyeli, fiziksel alan, şebeke bağlantısı, arazi özellikleri.

Potansiyel proje alanlarının belirlenmesi ve değerlendirilmesi, hem iç hem de dış uzmanları ve paydaşları içerecek çok disiplinli bir çalışma gerektirmektedir. Bu çalışma sırasında Karayolları Bölge Müdürlüklerinde çalışan mühendisler gerçek saha koşulları hakkında bilgileri ile bir danışılması gereken öncelikli kişilerdir. Bu çalışmaların bazıları aşağıda listelenmiştir.

6.5.2.1 Rüzgâr enerjisi potansiyeli

Bir arazinin rüzgar enerji potansiyeli arazi seçimindeki en kritik konulardan birisidir.

Bir arazinin rüzgar enerjisi potansiyelini etkileyen faktörler:

Türbülans: Eğer arazi üzerinde düz olmayan alanlar ve bina ağaç gibi engeller bulunuyorsa düzensiz rüzgar esmeleri türbülansları oluşturur. Türbülans rüzgar enerjisinden elde edilecek enerjiyi azaltır. Genel bir kural olarak, türbülanslı hava akışlarını önlemek için herhangi bir engelden en az 10 metre yukarıda ve 100 metre uzakta inşa edilmelidir. Buna ek olarak artan kule yüksekliği ile elde edilen güç orantılı olarak artmaktadır. (U.S. Department of Energy 2007)

Türbinlerin Yerleşim Etkisi: Eğer arazi üzerine birden çok rüzgar türbini inşa edilecekse türbinlerin yerleşim etkisine dikkat edilmelidir. Rüzgar türbinleri gelen rüzgarı yavaşlatır bu da arkasındaki rüzgar türbinine yeterli rüzgarın geçmesine engel olabilir. Bu yüzden türbinlerin yerleştirilmesinde hakim rüzgar yönünde türbinler arasına yeterli mesafeler bırakılmalıdır. Bu mesafe rotor çapının 5 veya 9 katı, düşey yönde 3 veya 5 katı mesafe bırakılır.

Tünel Etkisi: Yüksek binalar arasında ya da dağ geçitleri arasında rüzgar sıkışır ve rüzgarın hızı bu engeller arasında hissedilir derecede artar. Rüzgar açık alanda 6 m/s hız ile esiyorsa dağlar arasında 9 m/s hıza çıkabilir. Arazi seçiminde de tünel etkisi dikkate alınarak elde edilecek enerji arttırılabilir.

Tepe Etkisi: Tepelerdeki rüzgar hızı daha alçak yerlere göre daha hızlıdır.

Rüzgar Frekansı: Rüzgar frekansı belirli bir süredeki esme sıklığı olarak tanımlanabilir. Rüzgar hızının yüksek olduğu noktalarda rüzgar frekansının az olması istenilen verimin elde edilmesini engelleyebilir.

6.5.2.2 Fiziksel alan

Bir saha aynı zamanda kurulum için de gerekli alanı bulundurması gerekmektedir. Kurulu üretim arttıkça gerekli arazi de artacaktır.

Projeler için değerlendirilebilecek yerlere örnek olarak şunlar verilebilir:

- Dinlenme tesisleri
- Dört yol ağzı kavşaklar veya yonca kavşaklar
- Bakım alanları
- Tartım istasyonları
- Park ve sürüş alanları
- Karayolları kenarlarındaki boş araziler
- Tünel üzerindeki araziler

6.5.2.3 Şebeke bağlantısı

Yerel elektrik şebekesine fiziksel erişime sahip arazi belki de bir projenin en kritik yönlerinden biridir. Elektrik şebekesine yakınlık projelerin başarısız olmasına neden olabilir. Projenin gerçekleştirileceği alandaki elektrik dağıtım istasyonu ile iletişime geçilmeli ve trafo merkezine yakınlığı, yüksek gerilim hatları ile yakınlığı kontrol

edilmelidir. Ayrıca yer seçimi yapılırken şebeke destekleme yeteneği de göz önünde bulundurulmalıdır. Örneğin elektrik talebinin fazla olduğu kentsel alanlara yakınlık uzak alanlara göre daha çok tercih edilmelidir. Aksi takdirde proje mali açıdan imkansız olabilir.

6.5.2.4 Erişim ve güvenlik

Trafik ve karayolu güvenliği büyük önem ve öncelik taşımaktadır. İnşaat, işletme ve bakım için sahaya erişim gerekmektedir ve çakıllı yollar gibi ek tesisler yapılacaktır. Proje alanına ulaşım karayolları üzerinden olması trafik güvenliğini tehlikeye atabileceğinden yan yollar üzerinden ya da mevcut tesisler üzerinden sağlanmalıdır. Proje eğer karayolu kenarında ise, inşaat sırasında güvenlik kontrolleri kullanılmalıdır ve bu kalın güvenlik kontrolleri proje maliyetlerini artıracaktır. Ayrıca karayollarında oluşacak bir yangının proje sahasını etkilemesi ya da proje sahasında oluşacak bir yangının karayolları mevcut trafiğini etkileyebilecektir bu yüzden yakınlık konusunda dikkat edilmesi gerekir. Hırsızlık ve yağmalamaya karşı çitlerin ya da güvenlik elemanının bulunması gerekmektedir.

6.5.2.5 Bölgesel enerji planlaması

Proje arazisi için enerji dağıtım şirketleri ile koordineli çalışma gerekmektedir. Proje dağıtım şirketleri projeyi uygulayacağınız alanda enerji gereksinimi bulunmuyorsa projenizi kabul etmeyebilir.

6.5.2.6 Arazi gereksinimleri

Arazi seçimini sırasında dikkat edilmesi gereken bir diğer konu da arazinin özellikleridir. Arazi özelliklerini belirleyen başlıca faktörler aşağıda sıralanmıştır.

Çevresel ve başlıca doğal özellikler: Ön tarama, sulak alanlar, tehlikede olan türler gibi belirgin hassas çevresel kaynaklara sahip yerleri de proje arazilerinden dışlamaya çalışmalıdır. Ayrıca, ağaç örtüsü ve gölgeleme mevcut program ekranında iyi görünmeyebilir bu yüzden fiziksel olarak denetlenmesi gerekir.

Koruma ve nesli tükenmekte olan türler: Arazi şartları dikkate alınırken nesli tükenmekte olan hayvanların ve bitkilerin dikkate alınması gerekmektedir. Ayrıca türbinlerin göçmen kuşların yolları üzerinde bulunmamasına dikkat edilmelidir. Bu kapsamda bölge Tarım İl Müdürlüklerine danışılmalıdır.

Gelecekteki kullanım: Araziler gelecekte park alanı, yol genişletme, tesis gibi amaçlarla kullanılabilir. Karayolları Genel Müdürlüğüne bağlı bölge arazilerinde yapılan projelerde için tarımsal amaçlı tekrar kullanım da düşünülmelidir. Fakat karayolları üzerine yapılan araziler halihazırda bozulmuş ve doldurulmuş topraktan oluştuğu için tekrar tarımsal faaliyet amaçlı kullanımı uygun olmayacaktır.

Arkeolojik, tarih ve kültürel yönler: Önceden yapılan bazı çalışmalarda planlanan projeler mevcut tarihi eserlerden dolayı ertelendi veya yapım süresi uzamıştır. Bu yüzde herhangi bir kültürel yapının varlığının arkeoloji uzmanları ile araştırılması fayda sağlayacaktır.

Gürültü: Gürültü rüzgar enerji projeleri için önemli bir kriterdir. Projenin yapılacağı alanda gürültüden rahatsız olacak kişilerin ve alanların olup olmaması araştırılmalıdır. Okullar, parklar ve özel evler gibi yakındaki gürültüden rahatsız olacak kişiler belirlemelidir. Proje çevredeki insanlar ile uyumlu bir şekilde ilerlemelidir.

Türbin Yüksekliği: Civarda bulunan havalanları türbin yüksekliğine sınırlama getirebilir. Bu sebeple arazi seçimi yapılırken çevredeki havaalanları ile koordineli çalışma gerekmektedir.

6.5.3 Aday arazilerinin fizibilite değerlendirmesi

Bir dizi aday arazi belirlendikten sonra, bir sonraki adım teknik tasarım ve saha geliştirme hususlarını tanımlamak ve değerlendirmek için sahaya özgü fizibilite değerlendirmeleri yapmaktır. Bu fizibilite değerlendirmesinin amacı, projenin ihale sürecine devam etme veya devam etmeme kararı vermek içindir.

Bir rüzgar enerjisi fizibilite çalışması, yerinde rüzgar kaynağı değerlendirmesi, proje maliyetinin hesaplanması ve ön finansal analizi içermelidir. Her biri aşağıda ayrıntılı olarak tartışılmaktadır.

6.5.3.1 Yerinde rüzgar kaynağı değerlendirmesi

Güneş enerji kaynağından farklı olarak rüzgar enerjisi kaynağı yüksek oranda sahaya özgüdür ve enerji üretim tahminleri için iyi bir veri çalışması gerekmektedir. Rüzgar potansiyelinin belirlenmesinde ölçüm cihazlarının montajının yapılması ile periyodik olarak veriler (rüzgâr hızı, yönü, sıcaklık, basınç, nem oranı gibi) alınmaya başlanır.. Rüzgar ölçümünün en önemli cihazı anemometredir. Bu ölçüm değerleri belirli bir

periyotta olmalı ve en az bir yıl sürmelidir. Ekonomik olarak uygun bir rüzgar enerji santrali yatırımı için en az 7 m/s rüzgar hızı gerekmektedir.

Yerinde rüzgar kaynağının değerlendirilmesindeki diğer adımlar şöyledir:

- Radar sahası incelemeleri
- Kuş göçü ile alakalı teknik kuruluşlardan görüş alınması
- Havaalanı, benzeri hava trafiği için askeri ve sivil havacılık makamları ile görüşülüp değerlendirme yapılması
- Türbin yerleri ve idari bina için yapı ruhsatlarının alınması
- Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı için proje ilerleme raporlarının düzenlenmesi
- Haritaların hazırlanıp türbin yerlerinin seçimi ve nihai enerji hesabın yapılması
- Jeolojik etüd raporunun hazırlanması
- İmar planı oluşturulması ve onaylatılması
- Zemin etüd raporlarının hazırlanması
- Daha sonrasında enerji iletim hattı bağlantısı, bağlantı yapılacak trafo merkezindeki kapasite ve çevresel etkilerin değerlendirilmesi ile ilgili çalışmalar.

6.5.3.2 Proje maliyetinin hesaplanması

Projenin gerçekleştirilmesi için proje maliyetinin hesaplanması gerekmektedir. Aşağıda başlıca proje maliyeti çeşitleri sıralanmıştır.

İlk Yatırım Maliyet kalemleri olarak;

- Türbin maliyeti
- Enerji Nakil Hattı Maliyeti
- İnşaat Maliyeti ve İşçilik Giderleri
- Etüd, Proje Giderleri
- Yasal İzinler İçin Gerekli Harcamalar
- Rüzgar Enerjisi Ekipmanlarının Korunması

İşletme ve Bakım Maliyet kalemleri olarak;

- Personel Giderleri
- Bakım, Onarım Giderleri

- Sigortalama Giderleri
- Diğer Öngörülemeyen Bakım Giderleri

6.5.3.3 Ön finansal analiz

Aday arazilerin belirlenmesi ile birlikte proje sahipleri işletme ve proje teslim yöntemini de kararlaştırmalıdır.

İlk olarak rüzgar enerjisi projeleri için teşvikleri incelenir. Teşvikler yıldan yıla ve devletin yenilenebilir enerjiye olan bakışına göre değişebilmektedir. Bu yüzden mevcut sistemdeki teşviklerin kontrol edilmesi gerekmektedir.

Proje yapımından önce ayrıca proje değerlendirme yöntemleri ile projenin kabul edilebilirliği ve farklı araziler üzerindeki farklı projeler arasında seçim yapımı sağlanabilir. Proje değerlendirme yöntemleri paranın zaman içerisindeki değerinin değişiminin hesaba katılmasına göre statik ve dinamik yöntemler olarak ikiye ayrılır.

Statik Yöntemler

- c. Geri Ödeme Süresi Yöntemi
- d. Ortalama Yıllık Getiri Oranı Yöntemi

Dinamik Yöntemler

- e. Net Bugünkü Değer Yöntemi(NBD)
- f. İç Verim Oranı Yöntemi (IVO)
- g. Karlılık Endeksi Yöntemi (KE)
- h. Ekonomik Katma Değer Yöntemi (EKD)

6.5.3.4 Çevresel etki değerlendirmesi raporlarının sunulması

25.11.2014 tarih, 29186 sayılı Resmi Gazete’de yayınlanan Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliğinin 4’üncü maddesinin (c) bendinde belirtildiği üzere, 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 çalışmalar” olduğu belirtilmektedir.

Elektrik tesislerinin isabet ettiği sahalarla ilgili olarak Çevresel Etki Değerlendirmesi Yönetmeliğinin EK-2 Seçme Eleme Kriteri Uygulanacak Projeler Listesinde belirtilen elektrik tesisleri projelerinden;

“154 kV ve üzeri gerilimde 5-15 km uzunlukta olan elektrik enerjisi iletim hatları,”

“Kurulu gücü 10-50 MWm olan rüzgâr enerji santralleri,”

“Elektrik, gaz, buhar ve sıcak su elde edilmesi için kurulan endüstriyel tesisler, (Toplam ısı gücü 20 MWt- 300 MWt arası olanlar)”

“Kurulu gücü 1-10 MWe olan güneş enerjisi santralleri, (çatı ve cephe sistemleri hariç)”

Tesisler için ÇED raporları düzenleme zorunluluğu bulunmaktadır.

Projeyle alakalı olarak ÇED raporlarında bulunması gereken bazı başlıklar şunlardır:

- Çevresel izinler sağlanması
- Mevcut habitat ve biyolojik yaşama etkisi
- Su kaynaklarına etkisi
- Çevreye zararlı malzemelerin kullanılması
- Mevcut arazinin kullanım şekline olan etkisi
- Gürültü
- Jeoloji
- Tarihi ve kültürel yapılara olan etkisi
- Parklara olan etkisi
- Görüntü kirliliği

6.5.3.5 Arazinin durumunun tespit edilmesi

Aday arazilerin seçimi yapılırken dikkat edilmesi gereken bir diğer konu da Tarım ve Orman İl Müdürlüğünden Uygunluk Belgesinin alınmasıdır. Arazinin majinal, tarım dışı, imar planına göre durumu, DSİ sulama alanında olmaması gibi konular hakkında bilgisi istenmektedir. Karayolları sınırları bakımından ağaçlık alanların bulunduğu bölgelerde bu izin alınamamaktadır.

6.5.4 Halkın katılımı ve paydaş katılımı

Halkın katılımı ve paydaş katılımı bu tarz rüzgar enerji projeleri için çok önemlidir. Bu planlarda başlangıçta toplum katılımı sağlanmalı, endişeleri belirlenmeli ve bunlara gerekli cevaplar verilmelidir. Bu tarz planlar ayrıca kamuoyunu bilgilendirmek ve bilinçlendirmek ile de görevlidir. Yenilenebilir enerjiye toplum tarafından bir ilgi olmasına rağmen toplumda aksi yönde bir fikir oluşursa projede

yavaşlama olabilir bu da zarara yol açacaktır. Bu tepkilerden kaçınmak için de proje destekçilerinin bakış açılarını toplumla paylaşılabilir. Gerekirse broşürlerle proje tanıtılmalı, projeyi tanıtan toplantılar, web siteleri düzenlenmelidir. Son olarak proje yöneticileri toplum tarafından dile getirilen gerçek tehlikeleri düzenlemek için projede değişikliğe gitmelidir.

Paydaşların ve toplumun ilgilendiği konulara örnek olarak şunlar verilebilir:

- Saha hazırlığı ve beklenen gürültü
- Görsel etkiler
- Proje sonrası oluşacak elektrik ve manyetik alanlar
- Ağaçların kesilmesi
- Ekonomik ve finansal hususlar.

Paydaşların ve toplumun ilgilendiği konulara ek olarak arazi seçim sürecinin bir parçası olarak proje sürecindeki proje paydaşlarının belirlenmesi de önemli bir adımdır. Bu adım hangi paydaşların arazi ile ilgili olduğunu belirlemede ve bu paydaşların desteği ve memnuniyetini sağlamaya yardımcı olacaktır. Her bir paydaşın proje hakkındaki farklı bakış açılarını ve soruları olacaktır.

Hedef kitle ve paydaşlar listesi şunları içermelidir:

- Civarda bulunan işletmeler
- Etkilenen ulaşım sistemi kullanıcıları
- Yerel yetkililer
- Bölgesel şehir bölge planlayıcıları
- Kar amacı gütmeyen kuruluşlar
- Kurum içi personeller

Arazi seçiminde toplum değerleri de dikkate alınmalıdır. Örneğin toplum tarafından bir göl veya deniz manzarasını bozacak bir projenin kabul edilmeyeceği düşünülmelidir. Böyle bir doğal manzarayı engelleyecek projeler için şehir bölge planlamacılardan veya mimarlardan yardım alınabilir.

6.5.5 İş modellerinin değerlendirilmesi

Proje uygulama birimi oluşturduktan sonra bu proje uygulama birimi proje teslim yöntemin karar vermesi gerekmektedir.

Kamu İhale Kanuna göre Türkiye’de uygulanan Proje Teslim Yöntemleri şunlardır;

- Geleneksel sistem (tasarım – ihale –yapım)
- Tasarım-Yapım Sistemi
- Yapımcı Mal Sahibi
- Anahtar Teslim Sistemi
- Yap İşlet Devret
- Kamu-Özel İşbirliği

Projede uygulanacak proje teslim yöntemi belirlendikten sonra proje için gerçekleştirilecek ihale sistemi belirlenir.

4734 Sayılı Kamu İhale Kanununda kamu işverenlerinin kullanabileceği ihale çeşitleri dört tanedir.

- Açık İhale Usulü
- Belirli İstekliler Arasında İhale Usulü
- Pazarlık Usulü
- Doğrudan temin usulü

İhale aşamasından sonra da yüklenici firma ile yapılacak sözleşme tipi belirlenir. Kamu işvereni tarafından kullanılan sözleşme usulleri şunlardır;

- Anahtar Teslim Götürü Bedelli İnşaat Sözleşmeleri
- Birim Fiyatlı İnşaat Sözleşmeleri

6.5.6 Rüzgâr enerji kurulumu yapan firmanın belirlenmesi

Aday rüzgar enerjisi kurulum ekipleri arasında seçim yapılması ve değerlendirilmesi, Bilgi Talebi, Nitelik Talebi veya Teklif Talebi gibi standart tedarik araçlarının kullanılmasıyla kolaylaştırılabilir.

6.5.6.1 Bilgi talebi

Bir Bilgi talebi yayınlamak, önerilen bir proje yaklaşımı ve pazarın mevcut durumu hakkında bilgi edinmek için geri bildirim olarak yararlanılan bir stratejidir. Bir bilgi talebi, genellikle ilgili tarafların yanıtladığı bir dizi soru olarak yapılandırılmıştır. Bu yaklaşım, devlete özgü finansal ve düzenleyici yasalar üzerindeki özel sektör bakışının belirlenmesinde yardımcı olabilir.

6.5.6.2 Yeterlilik talebi

Bir Nitelikler Talebi yayınlamak, bir dizi istenen nitelikleri karşılayan Karayolları Müdürlükleri ile çalışmak isteyen rüzgar enerjisi firmalarının kısa bir listesini oluşturmak için kullanılabilir. Bir Nitelik Talep Formunda dikkate alınması gereken maddeler şunları içerir:

- Önceki proje deneyimi
- Gerekli lisanslar ve sertifikalar
- Aynı veya benzer çalışmalar için referanslar
- Finansal tablolar
- Müdür ve kilit personelin özgeçmişleri
- Örnek hizmet sözleşmeleri

6.5.6.3 Teklif talebi

Teklif Talebi, ortak olacağınız bir rüzgar enerjisi geliştiricisinin seçilmesinde son adımdır. Bir Teklif Talebi yayınlarken, açık ve uygulanabilir bir çalışma alanı oluşturmak önemlidir. Genellikle teklif talebi ön saha taraması tamamlandıktan ve potansiyel proje yerlerinin seçilmesinden sonra verilir. Teklif talebindeki proje geliştirme kapsamının şekli ve detayı büyük ölçüde iş modeli ve finansal modele bağlıdır. Bir teklif talebinde bulunması gereken konular aşağıda belirtilmiştir.

- Arazi Koşulları
- Sistem Gereksinimleri
- Sürdürülebilir Performans Kriterleri
- Yerli Katılım Belgeleri
- Enerji Performans Analizi

Arazi Koşulları

Hazırlanması gereken arazi koşulları şunlardır:

- Toplam arazi, topografya, araziye erişim, araziye gelen rüzgar kuvveti bilgileri içeren haritalar ve bu haritaların havadan görüntüleri,
- Araziye yakın sulak alanlar, toprak yapısı ve jeoteknik çalışmalar ve araziye yakın diğer alanları içeren çevre haritası,
- Şebeke bağlantı noktası ve şebeke bağlantı bilgileri,

- Eğer mahsuplaşma yapılacaksa son iki yılda bölgede kullanılan elektrik değerlerin kilowatt saat cinsinden değeri.

Sistem Gereksinimleri

Teklif talebinin sistem gereksinimleri bölümünde karayollarının sistem üzerindeki bileşenlerin türü, büyüklüğü, performans beklentileri gibi konulardaki beklentilerini karşılamak için eklenmelidir. Sistem gereksinimleri sonuca dayalı olmalıdır. Örneğin, rüzgar türbini garantisi, ilk 10 yıl minimum %90 performans oranı garantisi gibi. Ekonomik olması adına sistem elemanlarının maliyetinden kaçınılmamalı maliyet ve kalite bakımından optimal bir çözüm bulunmalıdır.

Sürdürülebilir Performans Kriterleri

Karayolları yapılacak projelerin daha sürdürülebilir projeler olması için teklif talebinde bu doğrultuda kriterler koyulmasını isteyebilir. Sürdürülebilir kriterlerinin eklenmesi, eyleme dönüşmesi için bir fırsattır. Sürdürülebilir performans kriterlerine örnek olarak:

- Karbon ayak izi analizi
- Üreticinin kullanım sonunda geri dönüşüm garantisi
- Geri dönüşüm ile üretilmiş ürünlerin tercihi
- Sürdürülebilir Enerji Sertifikası sahipliği
- Proje etkisini azaltma stratejileri

Yerli Katılım Belgeleri

Ek teşviklerden ve yardımlardan yararlanmak için yerli malzemelerle üretilmiş ekipmanların belgelenmesi gerekmektedir. Bu belgelerin orijinal ekipman üreticisinden belgelerle sunulması istenmektedir.

Enerji Performans Analizi

Teklif talebinde ayrıca sistemin ayrıntılı bir Enerji Performans Analizi de bulunmalıdır. Bu analizde aylık tahmini üretilecek enerji kapasitesi de bulunmalıdır.

Teklif Süreci ve Değerlendirme

Teklif talebindeki teklif sürecinin ve değerlendirme kriterlerinin yürürlükteki kamu ihale kurallarına uygun olmasına dikkat edilmelidir. Ayrıca, bu tür projeler kamunun görünürlüğü yüksek olduğundan, tedarik sürecinin oldukça şeffaf olması ve halkın

sürdürülebilirlik beklentileriyle uyumlu olması gerekmektedir. Bu amaçla, teklif talebinin zorunlu ön teklif toplantılarına katılım ve saha ziyaretleri de dahil olmak üzere tekliflerin sunulması için süreci ve zaman çizelgesini tanımlamalıdır. Ön teklif toplantısı ve saha ziyareti, projeyi potansiyel geliştiricilere ayrıntılı olarak sunma ve geliştiricinin site koşullarını ilk elden değerlendirmesine olanak tanıyan fırsatlardır.

Teklif talebi ayrıca, tekliflerin bir puanlama sistemi ile değerlendirileceği kriterleri de netleştirmelidir. Yalnızca maliyet etkinliği ile ilgili teklifleri değerlendirmek, projenin en iyi şekilde seçilmesine yol açmayabilir.

Teknik ve mali puanlama sisteminin içerisindeki bulunabilecek bazı kriterler aşağı sıralanmıştır.

- Deneyim ve geçmiş performansı
- Finansal istikrar ve finansal ortaklardan bir taahhütte bulunma yeteneği
- Azınlığa ait, kadınlara ait, dezavantajlı ve gelişmekte olan küçük işletmelerin kullanımı
- Çevre yönetimine bağlılık
- Uzun vadeli garantili bileşenlerin kullanımını gösterebilme
- Yerel kaynaklı malzemeler ve işçilik
- Proje yönetim yapısı ve yaklaşımı

6.5.7 Proje teslimi ve uygulaması

Rüzgar enerjisi firması seçildikten sonra ve proje anlaşmaları imzalandıktan sonra, karayollarının rolü öncelikle koordinasyon, kolaylaştırma ve kalite kontrolden sorumluluk haline gelir. Karayolları, beklenmedik olayları çözmek için proje geliştirici ile birlikte çalışarak proje teslimi sırasında esnek olmaya hazır olmalıdır. Proje teslim ve uygulanmasında belirli adımlar vardır ve bu adımların sözleşme üzerinde beliren tarihlerde gerçekleştirilmiş olması gerekmektedir. Başlıca adımlar aşağıda sıralanmıştır.

- Proje teslim ekibinin oluşturulması
- Nihai Tasarım, İzin ve Onay
- İnşaat ve Sistemin Açılması
- Operasyon ve Bakım

Proje teslim ekibinin oluşturulması

Proje teslim ekibi, proje için tasarım, mühendislik, tedarik ve inşaat görevlerinden sorumlu profesyonellerden oluşan bir gruptur. Karayolları veya proje geliştiricileri bu ekip için bir mühendislik tedarik inşaat firması ile sözleşme imzalayabilir ya da ekibi kendi içerisinde oluşturabilir.

Nihai Tasarım, İzin ve Onay

Bir sonraki adım, tasarım ve mühendislik planlarını tamamlanmasıdır ve bu nihai planlar, tüm ekipmanların ve yardımcı proje öğelerinin yerleşimini gösteren şemaları ve çizimleri içermeli ve lisanslı bir mühendisin mührünü içermelidir. Uygulanabilirse, nihai planlar ayrıca geçici inşaat ve proje bakımı ile ilgili saha erişimine yönelik bir trafik kontrol planı içermelidir. Bu aşamada proje geliştiricisi, ister karayolları olsun isterse üçüncü bir taraf olsun gerekli onayları ve izinleri almaya başlamalıdır. Yaygın olarak gerekli onaylar ve izinler şunları içerir:

- Yerel yetki alanından elektrik ve / veya inşaat izni
- Arazi kullanım onayları ve tasarım inceleme izinleri
- Şebeke ara bağlantı onayı
- İnşaat Yağmursuyu İzni
- Hizmet ikamet izni veya hava kiralaması

İnşaat ve Sistemin Açılması

İnşaat aşaması faaliyetleri şunları içerir:

- Malzeme tedariki
- Mobilizasyon
- Arazi hazırlığı
- Temel kazınması ve destek yapıları inşa etmek
- Kulelerin inşası
- Pervanelerin takılması
- Güvenlik çitin kurulması ve güvenlik sistemlerinin kurulması
- Etkilenen alanların yeniden düzenlenmesi ve inşası.

İnşaat tamamlandığında, sistemi devreye alacaktır. Devreye alma, sistemin yapısal olarak sağlam ve malzeme veya işçilik eksikliğinden emin olmasını sağlamak için geliştiricinin son kalite kontrolüdür. Ayrıca, sistemin elektrik kurulumunun geçerli elektrik yasalarına ve standartlarına uygun olduğunu ve uygun şekilde etiketlendiğini de doğrular. Son olarak, devreye alma sistemi etkinleştirerek ve kabul edilebilir sınırlar

dâhilinde çalışıp çalışmadığını belirler. Geliştirici, projenin devreye alınmasını tamamladıktan ve elektrik şirketi onayladıktan sonra, sistem çalışmaya başlayabilir ve elektrik şebekesine enerji vermeye başlayabilir.

Operasyon ve Bakım

Bakım ve izleme süreci de karayollarının sorumluluğundadır. Şebekeye bağlı PV sistemler için bakım ve onarım yıllık denetimlerle sınırlıdır. Bu denetimlerde;

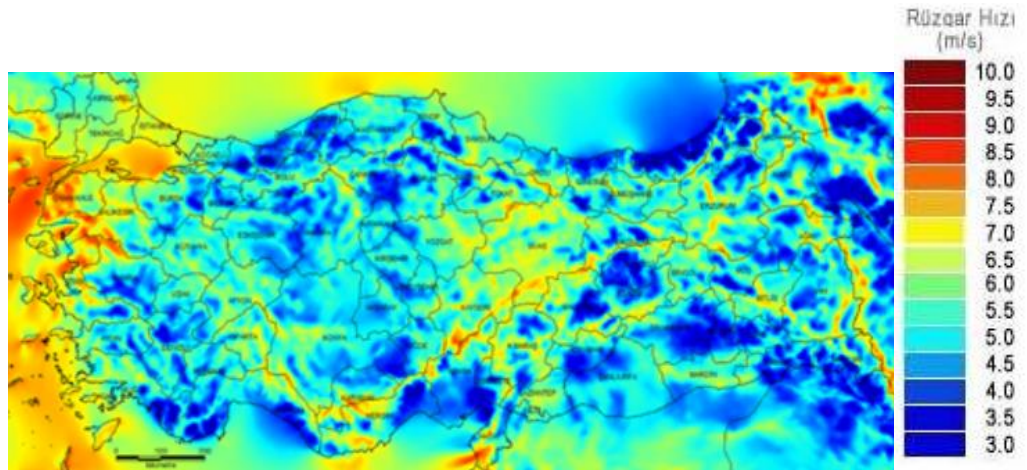
- Elektrik sistemlerinde hasar veya korozyon belirtileri olup olmadığını kontrol edilmelidir.
- Kulelerin yapısal sağlamlığı incelenmelidir.
- Normal çalışma aralığında olduklarından emin olmak için elektrik sistemlerinden okumalar alınmalıdır.

Çevre düzenlemesi yapılmalı rüzgar türbini çevresi temizlenmelidir.

6.6 Yer Seçim Kriterleri ve Türkiye’de Uygulama Alanları

6.6.1 Yer seçim kriterleri

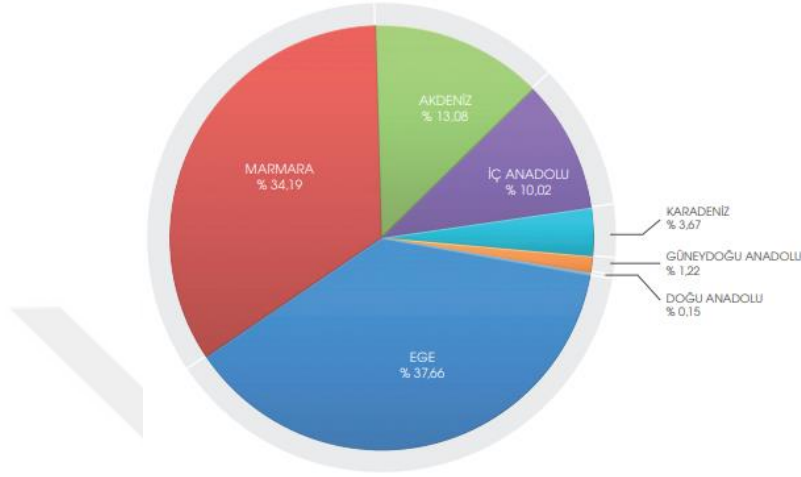
Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından 45 adet Meteoroloji İstasyonunun analiz sonuçları ve bu sonuçlarının değerlendirilmesi ile Türkiye Rüzgâr Atlası oluşturulmuştur. (MGM 2019)



Şekil 6.11 : Türkiye Rüzgâr Atlası (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı (ETKB) 2020)

Yukarıdaki Türkiye Rüzgar Enerjisi Potansiyel Atlasında 50 metre yükseklikteki rüzgar hızları gösterilmektedir. Ekonomik yatırımlar için 7 m/s veya üzerinde rüzgâr hızı gerekmektedir. Bu da Türkiye Rüzgâr Atlasında sarı renk ile gösterilen alanlardır.

Ayrıca Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği (TÜREB) tarafından 2019 yılının Temmuz ayında yayınlanan Türkiye Rüzgâr Enerjisi İstatistik Raporu 2019’a göre işletmedeki RES’lerin bölgelere göre dağılımında Ege bölgesi %37.66 ile birinci, Marmara bölgesi ise % 34.19 ile ikinci sırada bulunmaktadır. (Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği TÜREB 2019)



Şekil 6.12 : RES’lerin Bölgelere Göre Dağılımı

Bu rapor ve Meteoroloji Rüzgar Atlası çalışmaları sonucunda biz de çalışmalarımızı Ege ve Marmara bölgesi üzerinde yoğunlaştırdık.

6.6.2 Rüzgâr enerjisi için fırsat bölgeleri

1. Karayolları 1. Bölge Müdürlüğüne bağlı Gelibolu’da bulunan Bakım İşletme Şefliği arazisi üzerine yarıçapı yaklaşık 60 metreye kadar olabilecek bir rüzgar enerjisi türbini inşa edilebilir. Bölgenin rüzgar hızının Rüzgar Enerjisi Potansiyel Atlasında rüzgar hızı yaklaşık 8 m/s olması projenin ekonomik olarak yapılabilir olduğunu göstermektedir. Ayrıca arazinin düz olması ve çevresinde yerleşim yeri olmaması sebebiyle uygulanabilirliği yüksek bir arazidir. Projeden elde edilecek elektrik de bölgede bulunan Bakım İşletme Şefliği tarafından değerlendirilebilecektir. (Google Earth, 2020)

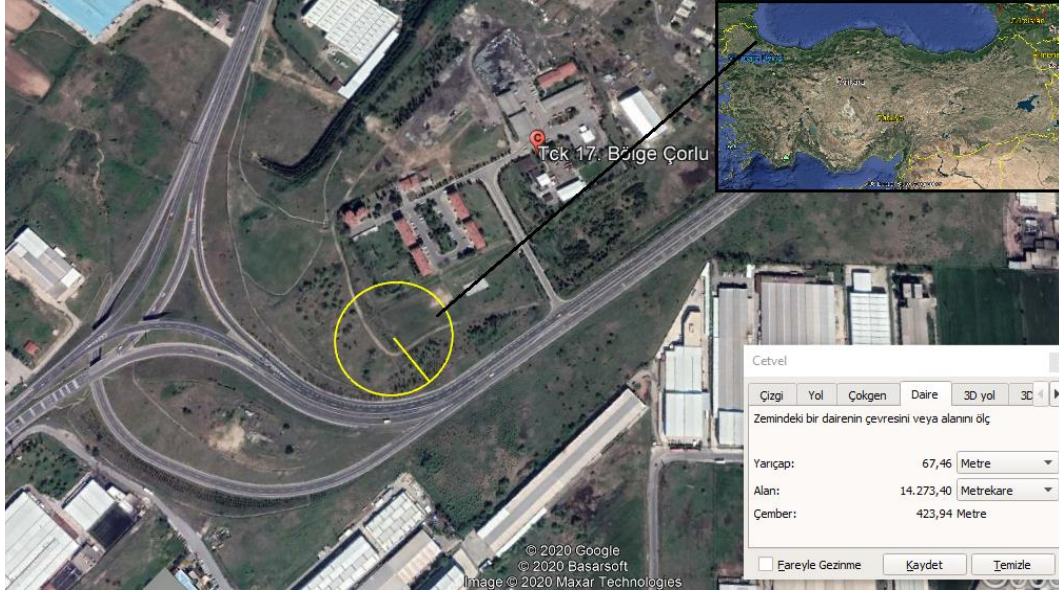


Şekil 6.13 : Arazinin Yukarıdan Görünüşü



Şekil 6.14 : Arazinin Doğudan Görünüşü

2. Çorlu’da bulunan Otoyol Bakım Şefliği ve Karayolları lojmanları arazisi üzerinde yaklaşık 65 metre yarıçaplı rüzgar türbini projesi geliştirilebilir. Otoyol Bakım Şefliği ve Karayolları lojmanlarının enerji ihtiyacını karşılayabilecek proje ile atıl durumda bulunan arazilere katma değer sağlanabilir. (Google Earth, 2020)

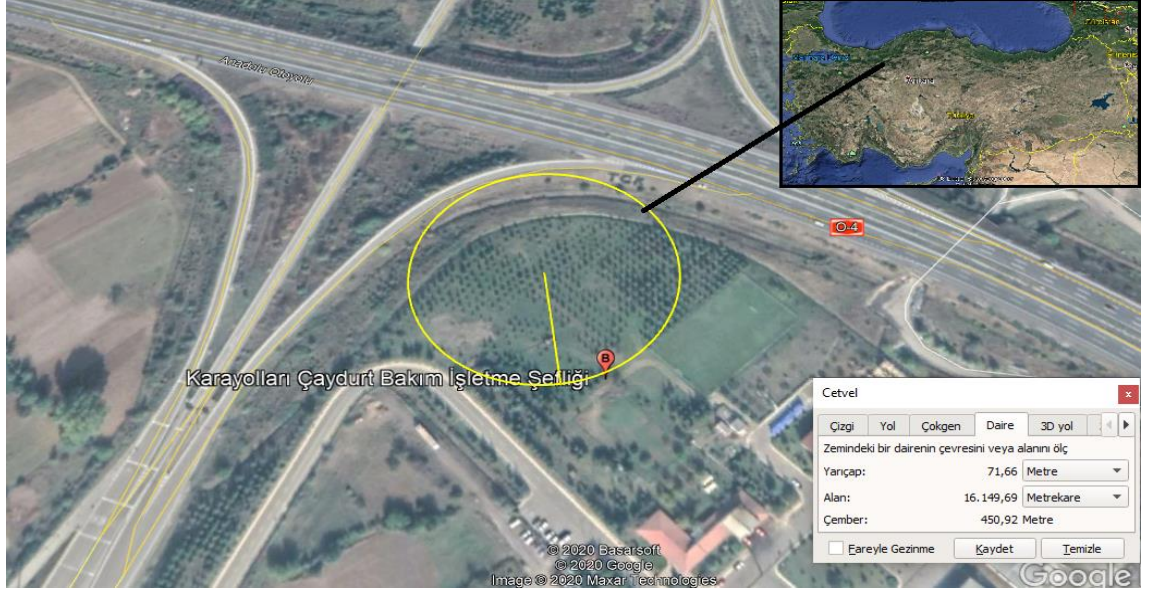


Şekil 6.15 : Arazinin Yukarıdan Görünüşü



Şekil 6.16 : Arazinin Güneyden Görünüşü

3. Anadolu otobanının Bolu dağı çıkışında bulunan Karayolları Çaydurt Bakım İşletme Şefliğine bağlı araziye rüzgâr türbini uygulamak için yeterli koşullar bulunmaktadır. Bu rüzgâr türbininden elde edilen enerji gerek bakım işletme şefliği gerekse yan tarafta bulunan otoban gişelerinde kullanılabilir. (Google Earth, 2020)



Şekil 6.17 : Arazinin Yukarıdan Görünüşü



Şekil 6.18 : Arazinin Kuzeyden Görünüşü



7. BİYOKÜTLE ENERJİSİ VE TEKNOLOJİLERİ

7.1 Biyokütle Enerjisi

Biyokütle enerjisi, yeryüzünde yaşayan bütün biyolojik kökenli canlıların (bitki, ağaç, tohum) güneş enerjisi kullanarak gerçekleştirdikleri fotosentez ile oluşan ve bünyelerinde depoladıkları organik maddelerin, fiziksel veya kimyasal yollarla ayrışması ve oluşan bu biyoyakıtlardan elde edilen ısınma, elektrik ya da sıvı yakıtlar gibi ihtiyaçları karşılamak amacıyla kullanılan bir enerji türüdür. (ASLANTAŞ 2018)

7.1.1 Tanım

Biyokütle bitkilerde doğrudan yaptığı fotosentez sonucu ortaya çıkarken hayvanlarda bu bitkiler ile beslenilmesi sonucu oluşturdıkları atıklar dolaylı fotosentez sonucu oluşmaktadır. Hayvansal atıkların yeraltı ve yerüstü sularının kirletmesi ve bulaşıcı hastalıkların çoğalması gibi çevreye zararları bulunmaktadır. Hem çevreyi korumak hem de bu tür atıkların değerlendirilmesinin yolu da bu atıklardan enerji elde edilmesidir.

5346 sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun'da ise biyokütle şu şekilde tanımlanmaktadır: “Organik atıkların yanı sıra bitkisel yağ atıkları, tarımsal hasat atıkları dahil olmak üzere, tarım ve orman ürünlerinden ve bu ürünlerin işlenmesi sonucu ortaya çıkan yan ürünlerden elde edilen kaynaklara biyokütle denir.”

Biyokütle için kaynak oluşturan türlere örnek olarak; odun, ayçiçek ve soya gibi yağlı tohum bitkileri, buğday samanı, fındık kabuğu, tarımsal atıklar, çay atıkları, zeytin çekirdeği ve posası, atık kâğıtlar, meyve sebze kabuğu gibi evsel organik atıklar, otlar; sap ve kök gibi diğer bitkisel atıklar, yosunlar, denizdeki algler, hayvan dışkıları, gübre ve sanayi atıkları, atık su arıtma tesisi çamurları verilebilir.

Biyogaz insanoğlu tarafından kullanılan en eski enerji kaynaklarından birisidir. Geçmişte daha çok geçimini tarım ve hayvancılıktan sağlayan insanlar tarafından, gaz ihtiyaçlarını karşılamak için hayvanın gübresini oksijensiz ortamda fermante edilerek

gaz üretilirdi. Bu enerji bu yüzden biyogaz kelimesi ile bilinmekteydi. Fakat günümüzde ise daha modern, gelişmiş tesislerde ve biyolojik birçok farklı atık işlenerek elektrik, sıvı ve gaz yakıt elde edilmektedir. Bu yüzden biyogaz kelimesi yerine biyokütle kelimesinin kullanılması daha doğru olacaktır. (Doğanay, Ekonomik Coğrafya 2 Enerji Kaynakları. 1998)

Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığına göre; başlıca biyokütle kaynakları aşağıda listelenmiştir.

➤ Bitkisel Biyokütle Kaynaklar:

Biyokütle enerjisi üretmek için yetiştirilen özel bitkiler bu gruba girmektedir. Bu bitkilere enerji bitkileri, düzenli olarak ülke enerji ihtiyacını karşılamak için geliştirilen bu tür tarımsal faaliyetlere de enerji tarımı denilmektedir. Ayrıca halk arasında bilinen adıyla anızların yani zirai faaliyet sonucu toprakta kalan hasat artıklarının oluşturduğu bitkisel ve tarımsal artıklardan biyokütle enerjisi elde edilmektedir.

- Yağlı tohumlu bitkiler (kanola, ayçiçek, soya v.b.)
- Şeker ve nişasta bitkileri (patates, buğday, mısır, şeker pancarı v.b.)
- Elyaf bitkileri (keten, kenaf, kenevir, sorgum, miskantus, v.b.)
- Protein bitkileri (bezelye, fasulye v.b.)
- Bitkisel ve tarımsal artıklar (dal, sap, saman, kök, kabuk, v.b.)

➤ Orman ve Orman Ürünlerinden Elde Edilen Biyokütle Kaynakları

Ormancılık ve ağaç endüstrisi sonucunda oluşan atıklarından faydalanılarak biyokütle enerjisi üretimi artmış ve orman ürünlerinin biyokütle enerjisi üretiminde en çok kullanılan hammaddelerden birisi olmuştur. (Akdağ 2007)

- Odun ve orman atıkları(enerji ormanları ve enerji bitkileri, çeşitli ağaçlar)

➤ Hayvansal Biyokütle Kaynakları

Hayvansal atıklar; büyükbaş, küçükbaş ve kümes hayvanlarının dışkılarından (gübre) oluşmaktadır. Gübrenin biyokütle kaynağı olarak dünyada yaygın olan kullanım formu ise modern yöntemlerle elde edilen biyogazdır.

- Sığır, at, koyun, tavuk gibi hayvanların dışkıları, mezbahane atıkları ve hayvansal ürünlerin işlenmesi sırasında ortaya çıkan atıklar.

➤ Organik çöpler, Şehir ve Endüstriyel Atıklardan Elde Edilen Biyokütle Kaynakları

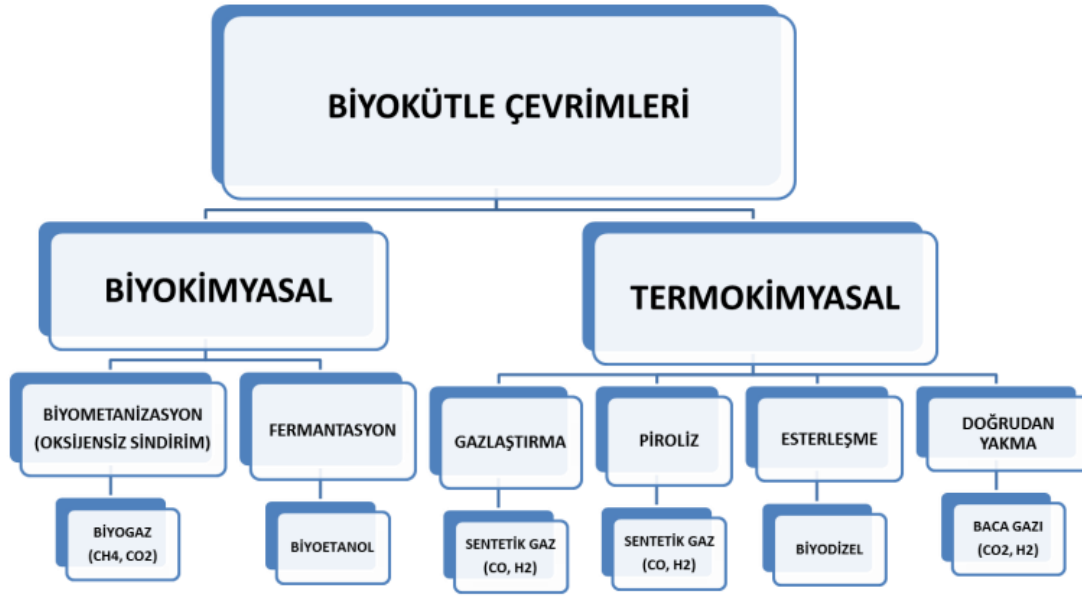
Kentsel ve endüstriyel atıklar arasında, evsel atıklar, belediye atıkları, sanayi atıkları, gibi gündelik hayattan oluşan atıklar bulunmaktadır. Bu tür atıklardan, düzenli depolama, anaerobik çürütme, yakma ya da gazlaştırma yöntemleriyle biyokütle enerjisinin en önemli kaynağı olan biyogaz üretimi gerçekleştirilebilmektedir

- Kanalizasyon ve dip çamurları, kağıt, sanayi ve gıda sanayi atıkları, endüstriyel ve evsel atık sular, belediye ve büyük sanayi tesisleri atıklarıdır. (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2020)

➤ Biyokütle Çevrimleri Teknolojileri

Biyoküteller, biyokütle çevrim teknikleri ile işlenerek katı, sıvı ve gaz yakıtlara dönüştürülür. Çevrim sonunda biyodizel, biyogaz, biyoetanol, pirolitik gaz gibi ana ürün olan yakıtlara ek olarak, gübre, hidrojen gibi yan ürünler de elde edilmektedir.. (Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü YEGM 2019)

Biyokütleyi 2 grupta değerlendirebiliriz. Birinci grup; verimi nispeten daha düşük olan, geleneksel, birincil nesil biyokütledir. Bu gruptaki ürünler, genellikle gelişmekte olan ülkelerde ısınma, yemek pişirmede, aydınlatmada kullanılan hayvansal atıklardır. İkinci grup ise daha yüksek verimli, modern, ikinci nesil biyoenerji ürünleridir. Bu gruptaki modern biyoenerji ürünleri ise iki grupta değerlendirilir. Birisi biyoetanol, biyodizel gibi ulaşımda kullanılan sıvı yakıtların üretimi diğeri ise organik atıkların yakma, piroliz, ve gazifikasyon metodlar ile oksijen varlığında veya oksijensiz yakılması ile elektrik üretimidir. (Küçükkaya, Biyokütle Enerjisi Nedir? 2017)



Şekil 7.1 : Biyokütle Çevrim Teknolojileri (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı 2020)

7.1.1.1 Doğrudan yakma

Biyokütlenin doğrudan yakılarak enerji üretilmesi, bilinen en eski yöntemdir ve son yıllarda verimi yükseltmek için yeni yakma sistemleri geliştirilmektedir. Hemen hemen her türlü biyokütle kaynağını doğrudan yakmak mümkündür fakat nem oranı yükseldikçe elde edilen ısı değer azalır. Genellikle enerji bitkilerinden elde edilir.

Yanma, biyokütle içerisindeki yanabilir maddelerin oksijen ile hızla kimyasal tepkimesi olarak tanımlanır. Bu kimyasal tepkime sonucunda ortaya çıkan atık maddeler ise, karbondioksit, su buharı ve bazı metal oksitlerdir.

7.1.1.2 Havasız çürütme

Oksijensiz ortamda yaşayabilen mikroorganizmalar tarafından yapılan havasız çürütme biyolojik bir işlemdir. Formülü “organik madde + bakteri + su = metan + karbondioksit + hidrojen, kükürt + kararlı, gübre + bakteri” olan bu işlem ancak tümüyle oksijensiz bir ortamda gerçekleşebilir.

Havasız çürütme ile yakıt elde edilmesinde, en bilinen yöntem biyogaz olup % 55-75 metan gazı ile %25-45 karbondioksit içermektedir ve genellikle havyan gübresi, özel olarak yetiştirilen bazı bitkiler ile tarım atıkları kullanılır.

Yapılan maliyet analizleri, ilk başlangıçta gereken biyokütle yeterince ucuza temin edilirse, havasız çürüme ile elde edilen metan gazının ekonomik olduğunu göstermektedir. Bu nedenle havasız çürüme tesisleri özellikle hayvansal atıkların bol bulunduğu çiftliklerde bölgesel olarak kurulmaktadır. (Türe 2001)

7.1.1.3 Fermantasyon (mayalama)

Biyokütlerde değişik oranlarda, hemiselüloz ve lignin bulunmaktadır. Kimyasal hidroliz, enzimler veya kimyasal işlemler ile glikozla parçalanabilir. Glikozun fermantasyonu ile etanol, aseton, bütanol ve ham petrol ürünlerinden elde edilen ürünlere eş değer birçok kimyasal ürün elde edilebilir. Diğer bir deyişle selüloz, glikoz ve birçok ürün için ucuz bir biyokütle kaynağıdır.

Selülozun hidrolizini engelleyen lignini uzaklaştırmak için biyokütleyi önceden daha küçük parçalara ayırmak oldukça maliyeti arttırmaktadır. Selülozdan alkol elde edilmesi için dört basamklı bir işlem gerekmektedir. (1) fermente selüloz elde etmek için ayrı bir mayalama işlemi yapmak, (2) fermente selülozu ayırmak, (3) fermente selülozu hidroliz işlemine tabi tutmak, (4) alkol elde etmek için mayalamak. (Türe 2001)

7.1.1.4 Piroliz

Piroliz, biyokütleden gaz elde etmek için kullanılan en eski yöntemlerden birisi ve oldukça basit bir yöntemdir. Oksijensiz ortamda odunun 900°C'ye kadar ısıtılması ile oluşan kimyasal ve fiziksel olaylar olarak tanımlanır. Piroliz sonucu gazlar, katran, organik bileşikler, su ve odun kömürü gibi maddeler elde edilir. Isıl değerleri yüksek, metan ve hidrojen elde edilen gazlar arasında yer alırken, oluşan organik maddelere, petrolden çıkarılanlara benzer olarak petro-kimyasal ürünler adı verilir. Biyokütleyi çeşitli yakıtlara çevirmek için kullanılan en iyi yöntemlerden biridir.

7.1.1.5 Gazlaşma

Gazlaştırma, karbon içeren biyokütle gibi katıların yüksek sıcaklıkta bozunması ile yanabilir gaz elde etme işlemidir. Pirolizden en büyük farkı, işlem sırasında sisteme oksijen verilmesidir. Gazlaşmada kullanılan biyokütle kaynakları üç ayrı sınıfta incelemek mümkündür. Bunlar; mısır sapları, buğday, pirinç, Ayçiçek gibi bitkilerin samanları gibi tarım atıkları, ceviz kabuğu, erik, kayısı çekirdekleri gibi gıda işleme sonrası atıklar ve orman ürünleri ile atıklardır. (Türe 2001)

7.1.1.6 Biyofotoliz

Biyofotoliz, bazı mikroskobik alglerden güneş enerjisi ile hidrojen ve oksijen elde edilme işlemidir. Deniz suyu içindeki bu algler bir tür güneş pili gibi çalışarak deniz suyunu fotosentetik olarak ayrıştırmaktadır.

7.1.2 Biyoyakıtlar

Bitkilerin fotosentez sonucu aynı ürünleri ortaya çıkarmasına rağmen ortaya çıkan organik maddeler bulundukları çevre koşulları ve iklim özelliklerine göre farklı kimyasal ve fiziksel özelliklere sahiplerdir. Bu sebeple çok çeşitli bitki türlerinin bulunması çok çeşitli biyoyakıt elde edilmesine sebep olmaktadır. Biyoyakıtların elde edilmesinde kullanılan teknolojiler ve yöntemler ile elde edilen yakıtları biyokütle çevrim teknolojileri kısmında anlatılmıştı. Dünya genelinde en çok kullanılan biyoyakıtların başında biyogaz(biyometan), biyodizel ve biyoetanol (etanol) bulunmaktadır. Dünya üzerinde biyodizel ve biyoetanol üretimi için her ülke coğrafi özellikleri ve iklim koşullarındaki farklılıklara göre kendi tarımsal faaliyetlerini gerçekleştirmektedir. Örneğin Amerika'da biyodizel üretimi için soya bitkisi ağırlıklı olarak kullanılırken Avrupa ülkelerinde kanola(kolza) bitkisi kullanılmaktadır. Biyoyakıt üretiminde Malezya, Brezilya ve Hindistan'da ise daha çok sırasıyla palm, soya ve jotraba bitkiler kullanılmaktadır. (Gizlenci ve Acar, Enerji Bitkileri Tarımı ve Biyoyakıtlar 2008)

7.1.2.1 Biyodizel

Bitkisel kolza, (aspir, ayçiçeği, hindistan cevizi, soya, hurma vb.) ve hayvansal yağlar ile bu tür yağların atıkları kullanılarak oluşmaktadır. Biyodizel farklı metotlarla elde edilebilmektedir. Bu metotlardan en sık kullanılanı yağ asitlerinin etanol ve metanol gibi katalizörler ile reaksiyona girmesi ile gerçekleştirilen transesterifikasyon yöntemidir. Bu yöntem ile elde edilen biyodizel belirli ve düşük oranlarda dizel yakıtlarına eklenerek motorlu taşıtlarda değişiklik olmadan kullanılabilir. Daha yüksek oranlarda biyodizel kullanımı için ise taşıtlarda değişiklikler yapılması gerekmektedir. (Sabancı, Atal ve Yaşar 2006)

Biyodizel, diğer dizel yakıtlara kıyasla havaya %80 oranında daha az CO₂ salınımı yaparak sera etkisini diğer yakıtlara kıyasla daha az artırmaktadır. Biyodizelin bir diğer avantajı ise alevlenme noktasının dizel yakıtlara kıyasla daha yüksek olması ile

taşıma, depolama ve kullanım sırasında daha güvenli bir ortam oluşturmaktadır. (Akdağ 2007)

7.1.2.2 Biyoetanol

Biyoetanol diğer adıyla etanol; bünyesinde nişasta ve selüloz bulunan şeker pancarı, mısır, ve buğday gibi ürünlerin fermantasyon ve distilasyon yöntemleri ile dönüştürülerek elde edilen bir yakıt türüdür. Biyoetanol, küçük ev aletlerinde (fırın, ısıtma ve soğutma sistemleri), kimyasal ürün sektöründe ve ulaşım sektöründe kullanılmaktadır. (Kılıç 2011)

7.1.2.3 Biyogaz

Biyogaz (biyometan); organik maddelerin fermantasyonu sonucunda ortaya çıkan, içerisinde, metan, karbondioksit, su buharı, hidrojen sülfür, amonyak, azot ve hidrojen barındıran, havadan hafif ve yanıcı bir gaz karışımıdır. (Horuz, Korkmaz ve Akınoğlu 2015)

Biyogaz üretiminde kullanılan organik maddeler ise sığır, koyun ve tavuk gibi hayvan dışkıları, hayvansal ürün işleme tesis atıkları, tarımsal ve bitkisel atıklar ile kentsel ve endüstriyel atıklardan (çöpler, kanalizasyon çamurları, sanayi atıkları) oluşmaktadır. (Doğanay ve Çoşkun, Enerji Kaynakları 2017)

7.2 Biyokütle Enerji Projesi Fizibilite Analiz Aracı

Bu bölüm, bir biyokütle enerjisi projesinin uygulanması sürecine adım adım bir genel bakış sunmaktadır. Bu fizibilite analiz aracının amacı, projenin sürdürülebilir olup olmadığına karar vermede karar vericilere yardımcı olmak ve uygulaması gereken adımları belirlemektir. Temel yetenekler ve yeterlilikler, başarılı proje yönetimi ve uygulaması için gerekli olan iç ve dış proje ortakları için detaylandırılmıştır. Ayrıca aday proje sahalarının nasıl değerlendirileceği ve bir fizibilite etüdünün nasıl yürütüleceği konusunda da yönlendirme sağlar. Özel sektör ortağı seçimi ve sözleşmesi ile proje uygulamasına ilişkin konuların derinlemesine tartışılması da dâhil edilmiştir. “Fizibilite Analiz Aracı”nın oluşturulmasında literatürde bulunan bazı kaynakların yanısıra KGM çalışanları ve proje geliştiricilerin fikirlerine başvurulmuştur.

- Proje Uygulama Biriminin Oluşturulması
- Potansiyel Alıcıların Belirlenmesi
- Aday Arazilerin Belirlenmesi ve Değerlendirilmesi
- Hammadde Türünün Değerlendirilmesi
- Aday Arazilerinin Fizibilite Değerlendirmesi
- Halkın Katılımı ve Paydaş Katılımı
- İş Modellerinin Değerlendirilmesi
- Proje Teslimi ve Uygulaması

7.2.1 Uygulama biriminin oluşturulması

Bir biyokütle enerjisi projesinin planlanması, tasarımı, finansmanı ve inşası mevcut yapıdaki Karayolları Genel Müdürlükleri için geleneksel yöntemlerden uzaklaştığı için karmaşık bir süreçtir. Kamu ve özel sektör çalışanları kendi alanındaki becerilerini sunmalı ve ortaya bu projenin çıkmasına katkıda bulunmalıdır. Enerji mahsulü planlanması, kuruluşu, üretimi, işlenmesi ve kullanımı da dahil olmak üzere ortak çalışma gerektirmektedir. Program geliştirmedeki ilk adım olarak teknik ihtiyaçları değerlendirmek, proje zaman çizelgesini oluşturmak gibi konularda mevcut projeleri geliştiren diğer kurumlardan bilgi almalıdır.

7.2.2 Potansiyel alıcıların belirlenmesi

Bir biyokütle enerjisi projesinin fizibilitesini değerlendirmenin ilk adımı, hammaddeyi satın almak isteyebilecek potansiyel alıcıların belirlenmesi ve bu alıcıların kalite kriterleri, fiyatını ve ödeme koşullarını gibi etkenleri incelemektir.

7.2.3 Aday arazilerin belirlenmesi ve değerlendirilmesi

Potansiyel bir alıcı veya alıcının kriterleri belirlendikten sonra, bir sonraki adım, proje uygulaması için potansiyel olarak mevcut olan alanları tanımlamak olmalıdır. Yer seçimi potansiyel alıcıya yakınlığı göz önünde bulundurmalıdır; alan şekli, boyutu, erişimi ve karayolları yönetimi hususlarıyla uyumluluk öncelikli dikkat edilmesi gereken hususlardır.

Potansiyel proje alanlarının belirlenmesi ve değerlendirilmesi, hem iç hem de dış uzmanları ve paydaşları içerecek çok disiplinli bir çalışma gerektirmektedir. Bu çalışma sırasında Karayolları Bölge Müdürlüklerinde çalışan mühendisler gerçek saha

koşulları hakkında bilgileri ile bir danışılması gereken öncelikli kişilerdir. Bu çalışmaların bazıları aşağıda listelenmiştir.

7.2.3.1 Nakliye maliyeti

Nakliye maliyetleri, bu tarz biyokütle santrallerinin kârlılığının belirlenmesinde önemli bir etkidir. Bu faktör özellikle enerji içeriğinin hacme oranı küçük olan odunsu biyokütle bitkileri için geçerlidir. Bu hacimli malzemelerin taşınması pahalıdır çünkü tek seferde daha az ürün taşıyabilmektedir. Biyokütle yakma tesisleri yaklaşık 80 km ile 120 km arasındaki hammaddeler ile beslenir çünkü yakıtları bu mesafenin ötesine taşımak genellikle ekonomik değildir.

7.2.3.2 Arazi koşulları

Potansiyel bölgeler; arazi hazırlama, bitki örtüsü kurma ve bakım faaliyetleri ve mahsul hasadı için ekipmanın güvenli ve verimli kullanımını da sağlayabilmelidir. Genel olarak, tarım alanları geniş, düz, dikdörtgen ve bitişik olmalıdır. Birleşik araziler de ekipman taşınma maliyetlerini azaltacaktır. Bu özellikteki alanlar daha büyük arazilerden daha verimli olabilir çünkü ekipmanı arazilerde daha az zaman harcayacak ve mahsulü daha kolay elde edecektir.

Dikkate alınması gereken yetiştirme koşulları içerisinde makro iklimsel ve mikro iklimsel değişkenler, toprak tipi ve koşulları, dolgunun yapısı ve miktarı, topografya, su ihtiyacı ve su temini gibi konular yer alır. Bitki büyümesini etkileyen faktörler ise iklim değişiklikleri arasında mevsimsel sıcaklık farkları, mevsim uzunluğu, yağış miktarı ve yağış süresi, rüzgara maruz kalma süresidir. Bitkinin hayatta kalmasını etkileyen faktörler ise toprak karakteristik tipi, dokusu, yapısı, sıkıştırma miktarı, drenaj, toksin kirlenme ve mevcut bulunan besinlerdir. Dikkate alınması gereken tomografik özellikler ise tüm bitkilerin güneş görmesini sağlayan eğim, yamaç yönü, dağ bina gibi gölge oluşturacak yapıların bulunmasıdır. Dikkate alınması gereken hidrolik faktörler ise drenaj ve taşkın eğimi, yeraltı suyunun varlığı ve konumu, yüzey suyu özellikleri bulunur. Bu faktörlerden her biri bitkilerin hayatta kalma ve büyümesini etkileyecektir.

- Eğim

Eğim, bitkilerin ekimi ve hasadı için önemli bir faktördür. Ayrıca su süzülmesini ve suyun akışını direk etkiler. Dik eğimli arazilerde suyun tutulması daha zor olur. Ayrıca

yüksek eğimli arazilerde toprak kaybı ve erozyon sebebiyle bitkilerin kökünün olumsuz etkilenmesine sebep olur. Bitkilerin hasadı için de gerekli ekipmanların daha rahat çalışabilmesi için eğimin çok olmadığı araziler gerekmektedir.

- Yükseklik

Çok alçakta bulunan araziler için sel tehlikesi bulunmaktadır. Ayrıca çok yüksekteki arazilerine de erişim zorluğu olacaktır.

- Sıcaklık

Enerji elde edilecek bitkilere bakıldığında bazıları yüksek sıcaklığa bazıları ise soğuk hava koşullarında daha verimli olduğu bilinmektedir. Burada önemli olan nokta ise bitkilerin hayatta kalmasını sağlayacak ‘minimum kış sıcaklığı’ değeridir.

- Yağış

Bitkilerin su ihtiyacının yağıştan karşılanması hem bitkilerdeki verimi hem de projenin maliyetini etkilemektedir. Yağış miktarının bitkiden elde edilecek verimi azaltmaması beklenir.

- pH

Toprağı biyolojik, kimyasal ve fiziksel olarak etkileyen pH değeri, bitkilerin büyümesi için ihtiyacı olan S, N, P, K, Cu, Mo vb. elementleri ile ilişki içerisindedir. pH değerinin istenilen aralıkta olmaması bitkilerin gelişimini olumsuz etkilemektedir.

- Toprak Kuru Madde Yoğunluğu(TKM)

Kök gelişimini etkileyen bir diğer husus da kuru madde yoğunluğudur. Çünkü artan toprak kuru madde yoğunluğu nedeniyle bitki kökleri su ve besinlere ulaşmakta zorluk yaşamaktadır.

- Toprak Organik Karbon Değeri(TOK)

Toprak organik karbon değeri bitki köklerinin gelişimi için oldukça önemlidir. Potansiyel verimi ve ekolojik adaptasyon için bitki köklerinin sağlıklı olmasına ihtiyaç vardır. Bozulmuş tarım bölgelerinde toprak organik karbon değeri değişmekte, besin ve su alımı potansiyelini etkilenmektedir.

7.2.3.3 Saha testi

Biyoenerji mahsulü üretimi için kullanılabilir saha alanını doğrulamak için her alanın saha testi (veya zemin doğrulaması) gereklidir.

7.2.3.4 Fiziksel alan

Bir saha aynı zamanda kurulum için de gerekli alanı bulundurması gerekmektedir. Kurulu üretim arttıkça gerekli arazi de artacaktır..

Projeler için değerlendirilebilecek yerlere örnek olarak şunlar verilebilir:

- Karayolları kenarlarındaki boş araziler
- Dört yol ağzı kavşaklar veya yonca kavşaklar

7.2.3.5 Erişim

Trafik ve karayolu güvenliği büyük önem ve öncelik taşımaktadır. İnşaat, işletme ve bakım için sahaya erişim gerekmektedir ve çakıllı yollar gibi ek tesisler yapılacaktır. Proje alanına ulaşım karayolları üzerinden olması trafik güvenliğini tehlikeye atabileceğinden yan yollar üzerinden ya da mevcut tesisler üzerinden sağlanmalıdır.

7.2.3.6 Yabani hayvan tehlikesi

Karayolları doğal hayatın içerisinde geçer ve bazı tür canlıların yolları üzerinde bulunabilir. Bazı tarımsal ürünlerin yetiştirilmesi ve hasat edilmesi yabani hayvanları karayolları etrafına çekebilir. Yabani hayvanlar ile araçların çarpışması sürücüler ve hayvanlar için ciddi can güvenliği sorunu oluşturmaktadır.

7.2.4 Hammadde türünün değerlendirilmesi

Potansiyel alıcılar ve araziler belirlendikten sonra, bir sonraki adım, yetiştirilmesi gereken hammadde türünü değerlendirmektir. Bu değerlendirme, hem potansiyel bir alıcının gereksinimlerini hem de aday sitelerin büyüyen koşullarını dikkate almalıdır.

Potansiyel alıcıların hammadde gereksinimleri büyük ölçüde hammadde seçimini belirleyecektir, çünkü alıcı büyük olasılıkla bir hammadde tipi (odunsu biyokütle, nişasta taneleri veya yağlı tohum) için uzmanlaşmıştır. Alıcı ayrıca belirli bir hammadde mahsulü tercih edebilir. Birden fazla alıcı olması veya birden fazla hammadde mahsulünün kabul edilebilir olması durumunda, her bir mahsulün yetiştirme koşullarına uyup uymadığının kontrol edilmesi gerekmektedir.

Türkiye’de biyodizel ve biyoetenol amaçlı üretimi gerçekleştirilebilecek hammadde türleri şunlardır:

7.2.4.1 Biyodizel amaçlı üretilen ürünler

1. Kolza
2. Aspir
3. Soya
4. Ayçiçeği

7.2.4.2 Biyoetenol amaçlı üretilen ürünler

1. Şekerpancarı
2. Mısır
3. Buğday
4. Patates

7.2.5 Aday arazilerinin fizibilite değerlendirmesi

Hammadde türü de belirlendikten sonra sonraki adım teknik tasarım ve saha geliştirme hususlarını tanımlamak ve değerlendirmek için sahaya özgü fizibilite değerlendirmeleri yapmaktır. Bu fizibilite değerlendirmesinin amacı, projenin ihale sürecine devam etme veya devam etmeme kararı vermek içindir.

Bir biyokütle enerjisi fizibilite çalışması, , proje maliyetinin hesaplanması ve ön finansal analizi içermelidir. Her biri aşağıda ayrıntılı olarak tartışılmaktadır.

7.2.5.1 Proje maliyetinin hesaplanması

Projenin gerçekleştirilmesi için proje maliyetinin hesaplanması gerekmektedir. Proje maliyetleri, proje geliştirme, bitki örtüsü kurulması ve bakımı, hasat ve ulaştırma ile ilgili maliyetlerdir. Bir bölümü ilk yatırım maliyeti olarak bir bölümü de işletme ve bakım maliyeti olarak adlandırılmaktadır.

Aşağıda başlıca proje maliyeti çeşitleri sıralanmıştır.

İlk Yatırım Maliyet kalemleri olarak;

- Saha Keşif Maliyeti

- Etüd, Proje Giderleri
- Güvenlik Maliyeti
- Ekipman ve İşçilik Maliyeti
- Gübre Maliyeti
- Yasal İzinler İçin Gerekli Harcamalar

İşletme ve Bakım Maliyet kalemleri olarak;

- Ulaşım Maliyeti
- Zirai İlaç Maliyeti
- Personel Giderleri
- Bakım, Onarım Giderleri
- Sigortalama Giderleri
- Diğer Öngörülemeyen Bakım Giderleri

7.2.5.2 Ön finansal analiz

Aday arazilerin belirlenmesi ile birlikte proje sahipleri işletme ve proje teslim yöntemini de kararlaştırmalıdır.

İlk olarak biyokütle enerjisi projeleri için teşvikleri incelenmelidir. Teşvikler yıldan yıla ve devletin yenilenebilir enerjiye olan bakışına göre değişebilmektedir. Bu yüzden mevcut sistemdeki teşviklerin kontrol edilmesi gerekmektedir.

Proje yapımından önce ayrıca proje değerlendirme yöntemleri ile projenin kabul edilebilirliği ve farklı araziler üzerindeki farklı projeler arasında seçim yapımı sağlanabilir. Proje değerlendirme yöntemleri paranın zaman içerisindeki değerinin değişiminin hesaba katılmasına göre statik ve dinamik yöntemler olarak ikiye ayrılır.

Statik Yöntemler

Geri Ödeme Süresi Yöntemi

Ortalama Yıllık Getiri Oranı Yöntemi

Dinamik Yöntemler

Net Bugünkü Değer Yöntemi(NBD)

İç Verim Oranı Yöntemi (IVO)

Karlılık Endeksi Yöntemi (KE)

Ekonomik Katma Değer Yöntemi (EKD)

7.2.6 Halkın katılımı ve paydaş katılımı

Bu planlarda başlangıçta toplum katılımı sağlanmalı, endişeleri belirlenmeli ve bunlara gerekli cevaplar verilmelidir. Bu tarz planlar ayrıca kamuoyunu bilgilendirmek ve bilinçlendirmek ile de görevlidir. Yenilenebilir enerjiye toplum tarafından bir ilgi olmasına rağmen toplumda aksi yönde bir fikir oluşursa projede yavaşlama olabilir bu da zarara yol açacaktır. Bu tepkilerden kaçınmak için de proje destekçilerinin bakış açılarını toplumla paylaşılabilir. Gerekirse broşürlerle proje tanıtılmalı, projeyi tanıtan toplantılar, web siteleri düzenlenmelidir. Son olarak proje yöneticileri toplum tarafından dile getirilen gerçek tehlikeleri düzenlemek için projede değişikliğe gitmelidir.

Paydaşların ve toplumun ilgilendiği konulara örnek olarak şunlar verilebilir:

- Saha hazırlığı ve beklenen gürültü
- Görsel etkiler
- Ağaçların kesilmesi
- Ekonomik ve finansal hususlar.

Paydaşların ve toplumun ilgilendiği konulara ek olarak arazi seçim sürecinin bir parçası olarak proje sürecindeki proje paydaşlarının belirlenmesi de önemli bir adımdır. Bu adım hangi paydaşların arazi ile ilgili olduğunu belirlemede ve bu paydaşların desteği ve memnuniyetini sağlamaya yardımcı olacaktır. Her bir paydaşın proje hakkındaki farklı bakış açılarını ve soruları olacaktır.

Hedef kitle ve paydaşlar listesi şunları içermelidir:

- Civarda bulunan işletmeler
- Etkilenen ulaşım sistemi kullanıcıları
- Yerel yetkililer
- Bölgesel şehir bölge planlayıcıları
- Kar amacı gütmeyen kuruluşlar
- Kurum içi personeller

7.2.7 İş modellerinin değerlendirilmesi

Proje uygulama birimi oluşturduktan sonra bu proje uygulama birimi proje teslim yöntemin karar vermesi gerekmektedir.

Kamu İhale Kanuna göre Türkiye’de uygulanan Proje Teslim Yöntemleri şunlardır;

- Geleneksel sistem (tasarım – ihale –yapım)
- Tasarım-Yapım Sistemi
- Yapımcı Mal Sahibi
- Anahtar Teslim Sistemi
- Yap İşlet Devret
- Kamu-Özel İşbirliği

Projede uygulanacak proje teslim yöntemi belirlendikten sonra proje için gerçekleştirilecek ihale sistemi belirlenir.

4734 Sayılı Kamu İhale Kanununda kamu işverenlerinin kullanabileceği ihale çeşitleri dört tanedir.

- Açık İhale Usulü
- Belirli İstekliler Arasında İhale Usulü
- Pazarlık Usulü
- Doğrudan temin usulü

İhale aşamasından sonra da yüklenici firma ile yapılacak sözleşme tipi belirlenir. Kamu işvereni tarafından kullanılan sözleşme usulleri şunlardır;

- Anahtar Teslim Götürü Bedelli İnşaat Sözleşmeleri
- Birim Fiyatlı İnşaat Sözleşmeleri

7.2.8 Proje teslimi ve uygulaması

Proje anlaşmaları imzalandıktan sonra, karayollarının rolü öncelikle koordinasyon, kolaylaştırma ve kalite kontrolden sorumluluk haline gelir. Karayolları, beklenmedik olayları çözmek için proje geliştirici ile birlikte çalışarak proje teslimi sırasında esnek olmaya hazır olmalıdır. Proje teslim ve uygulanmasında belirli adımlar vardır ve bu adımların sözleşme üzerinde beliren tarihlerde gerçekleştirilmiş olması gerekmektedir. Başlıca adımlar aşağıda sıralanmıştır.

- Proje teslim ekibinin oluşturulması
- Nihai Tasarım, İzin ve Onay

Proje teslim ekibinin oluşturulması

Proje teslim ekibi, proje için tasarım, mühendislik, tedarik ve inşaat görevlerinden sorumlu profesyonellerden oluşan bir gruptur. Karayolları veya proje geliştiricileri bu ekip için bir mühendislik tedarik inşaat firması ile sözleşme imzalayabilir ya da ekibi kendi içerisinde oluşturabilir.

Nihai Tasarım, İzin ve Onay

Bir sonraki adım, tasarım ve mühendislik planlarını tamamlanmasıdır ve bu nihai planlar, tüm ekipmanların ve yardımcı proje öğelerinin yerleşimini gösteren şemaları ve çizimleri içermeli ve lisanslı bir mühendisin mührünü içermelidir. Uygulanabilirse, nihai planlar ayrıca geçici inşaat ve proje bakımı ile ilgili saha erişimine yönelik bir trafik kontrol planı içermelidir. Bu aşamada proje geliştiricisi, ister karayolları olsun isterse üçüncü bir taraf olsun gerekli onayları ve izinleri almaya başlamalıdır.

7.3 Yer Seçim Kriterleri ve Türkiye’de Uygulama Alanları

Projemizin kapsamı karayolları sınır çizgisi içerisine kalan alanların değerlendirilmesi olduğu için bu bölümde biyodizel ve biyoetanol amaçlı üretilebilecek ürünler ve araziler değerlendirilmiştir.

7.3.1 Biyodizel yer seçim kriterleri

7.3.1.1 Biyodizel amaçlı üretilebilecek ürünler

Kolza:

Kolza yağı mevcut bitkisel yağlar arasında en fazla doymamış yağ oranına sahip olması, tohumlarında % 35-50 arasında yağ bulunması, kaynama noktasının yüksek olması, sebepleri ile dünya genelinde üretim alanları hızla artmaktadır. Dünyada üretilen biyodizelin yaklaşık %86’sı kolza bitkisinden üretilmektedir.

Kolza ülkemizde her yerde yetişebilen bir bitkidir. Pazarı hazır, üretimi kolay, fazla yatırım gerektirmeyen bir bitkidir. (Gizlenci, Acar ve Şahin, Türkiye’de Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının (Biyodizel, Biyoetanol ve Biyokütle) Projeksiyonu 2019)

Aspir:

Yıllık yağış miktarının yüksek olduğu veya sulanabilir bölgelerdeki verim potansiyeli yüksek bir bitkidir. Fosil kaynaklı akaryakıt ihtiyacının karşılanmasında önemli bir biyodizel kaynağı olacağı ve üretimin giderek artacağı düşünülmektedir. Güneydoğu

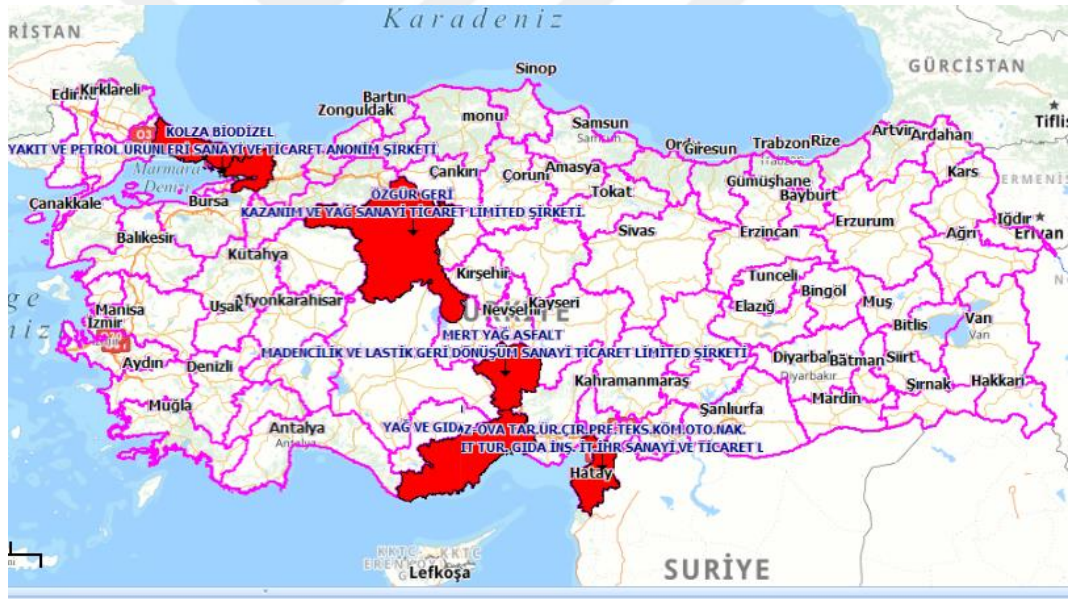
Anadolu, İç Anadolu, Karadeniz'in iç bölgelerinde ılıman rakımı yüksek ve kışları sert geçen bölgelerde erken ilkbahar ekimleri için uygundur.

Soya:

Soya, Dünya'daki bitkisel yağların ve yüksek proteinli hayvan yemlerinin başlıca kaynaklarından birisidir. Karadeniz, Trakya, Marmara, Ege, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinde ana ürün olarak, Ege ve Akdeniz bölgesinde ise sulanır tarım alanlarında ikinci ürün olarak yetiştirilebilir. Genel olarak Mersin, Adana civarı; İzmir, Manisa civarı ve Şanlıurfa'da daha verimli bir üretim yapılmaktadır.

7.3.1.2 Biyodizel üretimi yapabilecek tesisler

Biyodizel amaçlı üretilebilecek ürünler belirlendikten sonra bu ürünlerin işletileceği tesisler belirlenmelidir. Ulaşım maliyeti, biyodizel üretimi için en önemli maliyetlerden birisi olduğu için üretim yeri ile tesisin birbirine yakın olmalıdır.



Şekil 7.2 : Biyodizel İşletme Sahibi Firmalar (Enerji İşleri Genel Müdürlüğü 2020)

7.3.2 Biyoetanol yer seçim kriterleri

7.3.2.1 Biyoetanol amaçlı üretilebilecek ürünler

Şekerpancarı:

Şekerpancarı yetiştirme ve hasat zamanında aşağıdan sulanması gerekmektedir. Bu nedenle üretim alanları için sulama koşullarının iyi olması gerekmektedir. Üretimi en fazla İç Anadolu bölgesinde yapılmaktadır. Daha sonra Orta Karadeniz, Marmara,

Doğu Anadolu ve İç Egede üretimi olabilmektedir. Fazla yağıştan hoşlanmadığı için Karadeniz kıyılarında, aşırı sıcak ve kurak olan Güneydoğu Anadolu bölgesinde yapılamamaktadır.

Mısır:

Yaz döneminde yağış alan veya sulama yapılan bölgelerde yetiştirilmektedir. En uygun iklim yaz yağışlarının olduğu Karadeniz bölgesidir. Bunun dışında da Akdeniz Ege ve iç bölgelerde yazın sulamayla yetiştirilmektedir.

Buğday:

Orta kuşakta yarı kurak iklim bölgelerinde yetişen bir tarım ürünüdür. İlkbahar döneminde filizlenmek ve büyümek için yağış, yaz döneminde ise olgunlaşmak için kurak ve sıcak bir ortam ister. Türkiye’de en fazla üretimi İç Anadolu Bölgesinde yapılır. Karadeniz bölgesinde yazları yağışlı geçmesinden ve Doğu Anadolu’da ise yazları serin geçmesinden dolayı üretim yapılamamaktadır.

Patates:

Alüvyon ve kumlu topraklarda iyi yetişir. En fazla İç Anadolu Bölgesinde olmak üzere bütün bölgelerimizde tarımı yapılabilir.

7.3.2.2 Biyoetanol üretimi yapabilecek tesisler

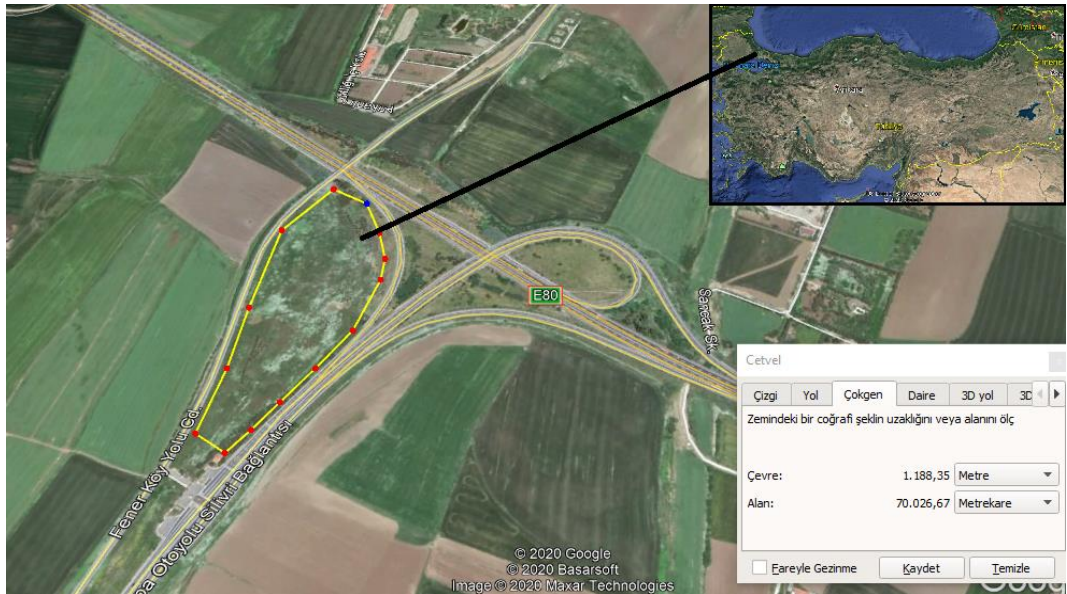
Biyoetanol amaçlı üretilebilecek ürünler belirlendikten sonra bu ürünlerin işletileceği tesisler belirlenmelidir. Ulaşım maliyeti, biyoetanol üretimi için en önemli maliyetlerden birisi olduğu için üretim yeri ile tesisin birbirine yakın olmalıdır.



Şekil 7.3 : Bioetanol Üretimi Yapan Firmalar (Enerji İşleri Genel Müdürlüğü 2020)

7.3.3 Biyokütle enerjisi için fırsat bölgeleri

1. Avrupa otoyolunun Silivri çıkışında bulunan gişeler civarında yaklaşık 55 dönüm ve 7.5 dönüm şeklinde iki parça halinde bulunan Karayolları Genel Müdürlüğüne bağlı arazinin biyokütle enerjisi için ekilimi ve hasadı sağlanabilir.(Google Earth, 2020)

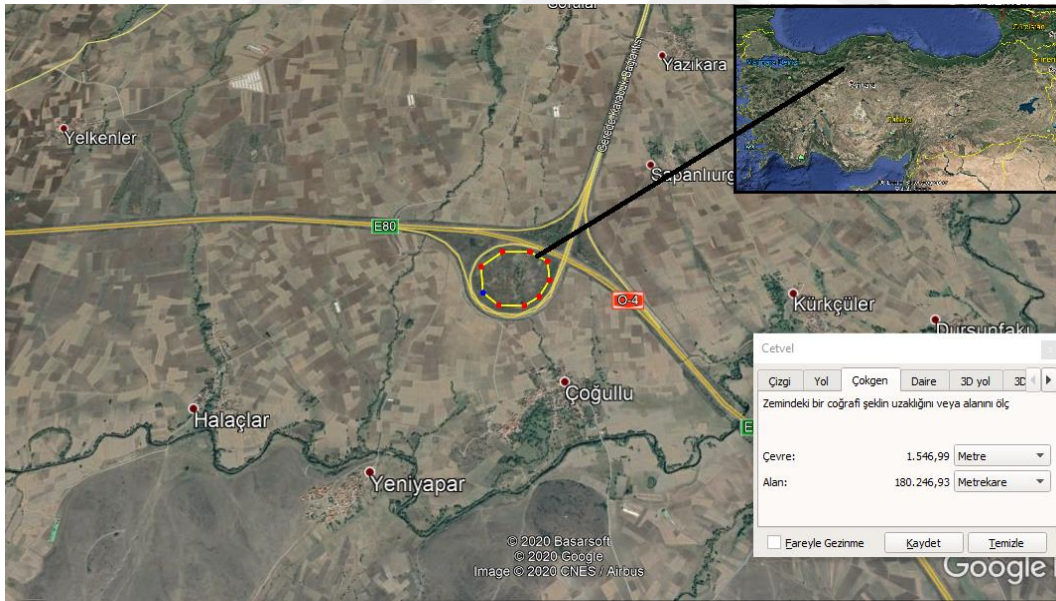


Şekil 7.4 : Arazinin Yukarıdan Görünüşü



Şekil 7.5 : Arazinin Doğudan Görünüşü

2. Anadolu otobanının Gerede çıkışında bulunan kavşaktaki yaklaşık 180 dönümlük arazi gerek bitki örtüsü gerekse yıllık yağış miktarı bakımından biyokütle enerjisi için ideal bir bölgedir. (Google Earth, 2020)



Şekil 7.6 : Arazinin Yukarıdan Görünüşü



Şekil 7.7 : Arazinin Kuzeyden Görünüşü



8. İŞ MODELLERİ

8.1 Proje Teslim Yöntemi

Proje teslim yöntemi, yapının ortaya çıkması için farklı sorumlulukları olan tarafların, sözleşme maddeleriyle işverene verdikleri taahhütlerin kapsamını (projenin tasarımı, yapımı, denetimi, koordinasyonu, yöntemi) ortaya koyar. Böylece projenin yürütülmesindeki tarafların sorumlulukları ve aralarındaki ilişkiler belirlenmiş olup organizasyon şeması çizilmiş olur.

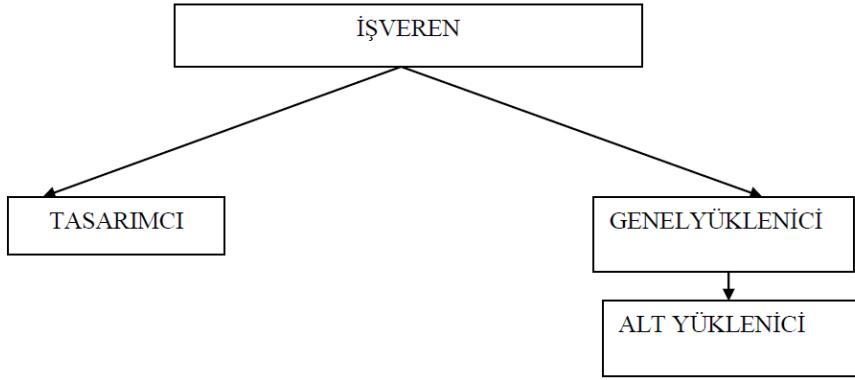
İnşaat sektöründe farklı taraflar arası sözleşmelere bağlı olarak farklı proje teslim yöntemleri bulunmaktadır. Her proje teslim yönteminin kendisine özel avantaj ve dezavantajları bulunmaktadır. Uygulamada her proje teslim yöntemi belirli bir esneklik düzeyine sahiptir ve tip sözleşmelerle standartlaştırılan bu proje teslim yöntemleri, taraflar ve projenin gereksinimleri doğrultusunda sözleşme maddelerinde değişiklik yapılarak değişikliğe gidilebilir. (TUZ 2010)

8.1.1 Kamu işverenleri tarafından kullanılan proje teslim yöntemleri

8.1.1.1 Geleneksel sistem (tasarım – ihale –yapım)

İnşaat sektöründe en çok karşılaşılan proje teslim yöntemidir. Geleneksel (klasik) bir inşaat proje teslim yönteminde öncelikle tasarımcı, mal sahibi adına, plan ve şartnameleri hazırlar, belli aşamalarda (kalıp, beton dökümü, çatı montajı gibi) denetim, izleme ve kontrol faaliyetlerinde bulunur. İnşaatın sorumluluğu ise, sözleşme ile genel yükleniciye yüklenilmiştir. Yapım kısmı ise genel yüklenici ve ona bağlı alt yüklenicilerce yürütülür. Genel yüklenici, alt yüklenici ve kendi personelinin yaptığı bütün imalatlardan mal sahibine karşı sorumludur. Şekil 5.1’de geleneksel model için geçerli taraflar arası ilişkiler gösterilmiştir.

Geleneksel proje teslim yönteminde her sözleşme fiyatlandırma yöntemi kullanılabilmektedir fakat tasarımlar yapım ihalesi öncesinde hazır olduğundan dolayı fiyat esaslı fiyatlandırma yöntemleri daha çok tercih edilir.



Şekil 8.1 : Geleneksel Sistem Proje Teslim Yöntemi Organizasyon Şeması

Avantajları;

1. Tasarım ve yapım ekibi için yapılan sözleşmeler ayrı olduğu için kontrol daha kolay sağlanır.
2. Yapım aşaması tasarım bitmeden başlamadığı için tasarımda değişiklik yapılması daha kolaydır.
3. Tüm katılımcıların sorumlulukları en baştan belirlidir.
4. İhalede rekabet ortamı oluşmasını sağlayan bir proje teslim sistemidir. Çünkü yapılacak tüm iş kalemleri önceden belirlenmiştir.
5. Yapım aşamasında işveren tek bir yüklenici ile sözleşme imzalamış olması muhatap bulmada işveren için bir avantajdır.

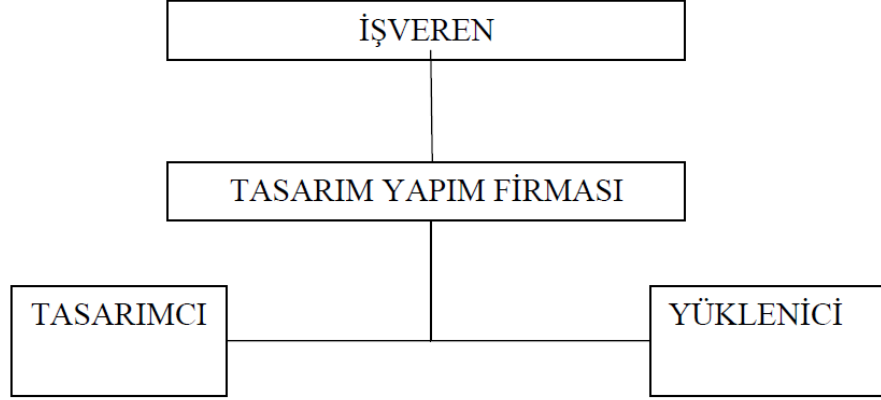
Dezavantajları;

1. Tasarım ve yapım aşamaları farklı kişiler tarafından yapıldığı için işveren bu kişiler arasında çıkacak sorunları çözmek zorundadır.
2. Tasarım aşamasında yapılacak işler ve kullanılacak ekipmanlar belirlendiği için yüklenicinin yapacağı her türlü teknolojik yenilikleri ortadan kaldırmaktadır bu durumda ekonomik olarak projeyi olumsuz etkilemektedir.
3. Tasarımda meydana gelen her türlü yanlış veya eksik işten dolayı işveren sorumludur.

8.1.1.2 Tasarım-Yapım sistemi

Tasarım yapım proje teslim sisteminde mal sahibi tasarım projelerinin hazırlanması ve yapımın gerçekleşmesi için tek bir yüklenici ile anlaşmaktadır. Burada mal sahibi yüklenici seçimi ve hakkediş ödemeleri için ayrıca bir müşavir (danışman) da atayabilir. Yüklenici de tasarım projelerini başka firmalara yaptırabilir. Bu proje teslim

sistemi pazarlık usulüyle ihale edilen, maliyet+kar veya götürü bedelle fiyatlandırılan projelerde sık kullanılmaktadır. Şekil 5.2’de tasarım yapım proje teslim sistemi için geçerli taraflar arası ilişkiler gösterilmiştir.



Şekil 8.2 : Tasarım-Yapım Sistem Proje Teslim Yöntemi Organizasyon Şeması

Avantajları;

1. Yüklenici firma için sorumluluğunun tek başına olması projenin yapılabilirliği, denetlenmesi ve kontrolünü kolaylaştırmaktadır.
2. Tasarımı yapan firma ile yapımı yapan firmanın aynı olması tasarım bitmeden yapıma geçme imkanı vermektedir. Bu da projenin daha hızlı ilerlemesini sağlar.
3. Yüklenici firma projeye dair tüm maliyet, süre, kalite, ve yönetim risklerini alması işveren için bir avantajdır.
4. Diğer proje teslim yöntemlerine göre risklerin paylaşımı daha açık ve belirgindir.

Dezavantajları;

1. Yapım aşaması öncesinde malsahibi için maliyet hesabı kesin olarak bilinmemektedir.
2. Yapım aşaması başladıktan sonraki projede değişiklikler maliyet artışlarına sebep olabilir.
3. Tasarım ve yapım alanlarının ikisinde de iyi olan firma sayısı daha sınırlıdır.

8.1.1.3 Yapımcı mal sahibi

Geçmişte planlı ekonomik dönemde, birçok kamu altyapı birimi (DSİ, Karayolları vb.) ve özel firmalar, yapım işlerinde kendi içlerinde bir birim kurarak kendi imkanlarıyla projeleri gerçekleştirmişlerdir. 4734 Sayılı Kamu İhale Kanunu'nda bu yöntemin kaldırılmasına rağmen genel tadilat ve bakım işlerinde hala bu yöntemin kullanılması söz kullanılması söz konusudur. Ancak düzenli bir işgücü ve malzeme bulundurmak zorunda olduğu için çok fazla tercih edilen bir yöntem değildir.

Bu proje teslim yönteminde mal sahibi, tasarımdan yapıma veya sadece yapımda tüm işleri kendi çalışanları ve alt yükleniciler ile birlikte koordine etmektedir. Bu tür bir yapı, iş kaleminin ve miktarının az olduğu projeler ve emanet usulüyle yapılacak küçük çaplı inşaat işlerinde kullanılması için uygundur.

Avantajları;

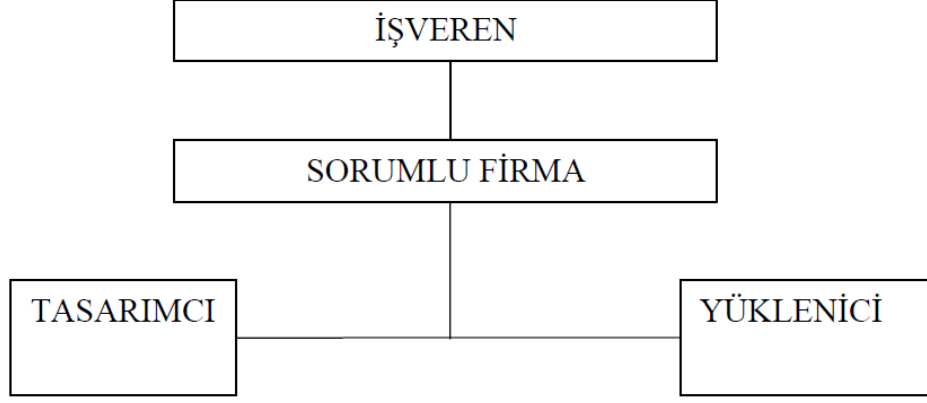
1. Yüklenici bulunmadığı için yüklenicinin kar ücreti gibi ücretler yoktur ve ekonomik olarak daha avantajlıdır.
2. Yüklenici bulunmadığı için yüklenin kar amaçlı kaliteyi düşürme olayı da ortadan kalkmış olur.
3. Tasarım ve yapım aşamasının birlikte ilerleme imkanı bulunmaktadır.

Dezavantajları;

1. İş yapımı sırasında tecrübesiz kişilerin bulunması projede oluşacak büyük hatalara sebebiyet verebilir ve büyük maliyet artışlarına yol açabilir.
2. Toplam maliyet tam olarak belirli değildir.

8.1.1.4 Anahtar teslim sistemi

Bu tip proje teslim yönteminde işveren tüm sorumluluğu yükleniciye bırakır. Anahtar teslim ile tasarım-yapım arasındaki tek fark proje sözleşme tipidir. Tasarım-yapım bütün sözleşme türüne uygun olsa da anahtar teslim sistem sadece götürü bedel sözleşme tipiyle uygulanabilir. Şekil 8.3'de anahtar teslim proje teslim sistemi için geçerli taraflar arası ilişkiler gösterilmiştir.



Şekil 8.3 : Anahtar Teslim Proje Teslim Yöntemi Organizasyon Şeması

8.1.1.5 Yap işlet devret

İşverenin finansal olarak zorlandığı durumlarda ve kamu yararı için acil önemi bulunan projelerde kullanılır. Çoğu zaman işveren kamudur, otoyol, köprü, raylı sistem gibi ağır mühendislik çalışmalarında kullanılır.

Avantajları;

1. İşveren elindeki finansmanını bu projeye vermek zorunda kalmamaktadır. Kamu adına konuşursak elindeki finansmanı diğer projeler için kullanma imkanı doğmaktadır.
2. Proje tamamlandıktan sonra işverene verilmediği için işverenin proje süre kontrolü ya da genel maliyet kontrolü yapmak zorunda kalmamaktadır.
3. Projenin bütün sorumluluğu yüklenicide olduğu için işverenin projeye dahil olmasını gerektirecek bir alan bulunmamaktadır.

Dezavantajları;

1. Projeler genelde ağır mühendislik çalışmaları gerektirdiği ve finansman olarak da fazla olduğu için yüklenici bulma konusunda sıkıntı yaşanabilir.
2. Yüklenici finansmanı karşılayabileceğine dair teminat ödeme durumundadır.

8.1.1.6 Kamu-Özel işbirliği

İnşaat projelerine özel bir ihale ve sözleşme uygulamasıdır. Adından da anlaşılacağı üzere bu teslim sisteminde ortaklardan birisi özel sektör diğeri de kamu kurum ve kuruluşları adına faaliyet gösteren idarelerdir. Bu tarz projelerin ana amacı kar etmek değil kamu hizmetlerinin en iyi şekilde uygulanmasını sağlamaktır.

Kamu-özel ortaklığı yapısı gereki yap-işlet-devret modeline benzemesine karşın söz konusu projenin tamamen özel sektöre bırakılmaması gibi farklılıkları bulunmaktadır. Bu doğrultuda finansman zorluklarının aşılması ve riskleri azaltılması başlıca hedefler arasındadır. (BOZ 2013)

Özel sektördeki işletmelerin dinamizmi ile, kaynakların verimli kullanımı ve yeni bir bakış açısı katabilme kapasitesi ile kamu kuruluşlarının elinde bulunan fırsatların doğru şekilde harmanlanması ile bu ortaklıktan büyük kazanımlar elde edilebilir. Ancak bu yöntem şu aşamada ülkemizde ağırlıklı olarak sağlık hizmetlerine ilişkin projelerde yürütüldüğü için düzenli bir mevzuatı yoktur. Bu durum modelin farklı projeler üzerinde uygulanmasını engellemektedir. (Galip Can ÖZKAYA 2020)

8.2 İhale Sistemleri

İhale, proje gereksinimlerini yerine getireceğini belirten yüklenici firmalar arasından en uygun teklifi verenin seçilmesidir.

8.2.1 Kamu işverenleri tarafından kullanılan ihale sistemleri

4734 Sayılı Kamu İhale Kanununda kamu işverenlerinin kullanabileceği ihale çeşitleri dört tanedir.

- Açık İhale Usulü
- Belirli İstekliler Arasında İhale Usulü
- Pazarlık Usulü
- Doğrudan temin usulü

8.2.1.1 Açık ihale usulü

4734 Sayılı Kamu İhale Kanunu'na göre açık ihale usulü, işin gerekli niteliklerini yerine getirebilecek yeterliğe sahip bütün isteklilerin teklif verebileceği bir ihale usulüdür. İhale şartnamesindeki şartları sağlayan bütün yükleniciler ihaleye başvurabilmektedir. En avantajlı teklifi veren yüklenici belirlenerek ihale tamamlanır.

8.2.1.2 Belirli istekliler arasında ihale usulü

4734 Sayılı Kamu İhale Kanunu'na göre belirli istekliler arasında ihale usulü, idarece yapılacak ön yeterlik değerlendirmesine göre sadece davet edilen isteklilerin teklif

verebildiği iki aşamalı bir ihale usuldür. Belirli bir uzmanlık ya da yüksek teknoloji gerektiren işlerde uygulanır.

8.2.1.3 Pazarlık usulü

4734 Sayılı Kamu İhale Kanunu’nun 21. Maddesine göre; diğer ihale usüllerinde teklif çıkmaması, ivedilikle yapılması gereken işler, savunma ve güvenlik gibi özel durumlar, araştırma geliştirme gerektiren koşulların bulunması gibi durumlarda pazarlık usulü ile ihale yapılabilir.

8.2.1.4 Doğrudan temin usulü

4734 Sayılı Kamu İhale Kanunu’nun 22. Maddesine göre; ihtiyacın yalnızca belirli bir kişi tarafından sağlanabileceği, sadece tek kişinin ihtiyacı gibi özel bir hakka sahip olması gibi durumlarda ilâna gerek duyulmaksızın doğrudan temini usulüne başvurulabilir.

8.3 Sözleşme Tipleri

İnşaat projelerinde sözleşme ise yüklenicinin belirli bir ücret karşılığında taşınmaz bir eser meydana getirmeyi, mal sahibinin ise belirli ücreti ödemeyi borçlandığı sözleşmelerdir.

8.3.1 Kamu işverenleri tarafından kullanılan sözleşme usülleri

4735 sayılı Kamu İhale Sözleşmeleri Kanunu’na göre; yapım işleri ihalelerinde iki çeşit sözleşme usulü bulunmaktadır. Birisi; işin tamamının toplam bir bedel üzerinden hesaplandığı “anahtar teslimi götürü bedel sözleşme usulü”dür. Diğeri ise; idarece hazırlanmış birim fiyat cetvelinde yer alan her bir iş kalemi için teklif edilen fiyatların toplanması ile belirlenen “birim fiyat sözleşme usulü”dür.

8.3.1.1 Anahtar teslim götürü bedelli inşaat sözleşmeleri

Bu yöntem yüklenici firmanın belirli bir sabit ücret karşılığında sözleşmede kabul ettiği işi, işverence istenilen kalitede ve nitelikte yapılmasını taahhüt eder. Bu yöntem ile işveren açısından projenin maliyeti önceden belirli iken riskler yükleniciye devredilmiş olur. Götürü bedel sözleşmeler, süreye göre prim, fiyat farkı uygulaması ve kısmi birim fiyat uygulamasıyla çeşitlendirilmiştir.

8.3.1.2 Birim fiyatlı inşaat sözleşmeleri

Birim fiyatlı sözleşmelerde ihale bedeli proje sırasında yapılan her aktivitenin tanımlanması ne kadar gerektiği ve teker teker birim fiyatlandırılmasıyla belirlenmektedir. Mal sahibi projenin her aktivitesi için gerekli işleri yüklenicilere sunar ve yükleniciler de projenin işverence ölçülmüş aktiviteleri kendisine uygun olacak şekilde fiyatlandırarak teklif fiyatını işverene sunar.

Birim fiyatlı inşaat sözleşmeleri için kamu projelerinde kullanılmak üzere geliştirilen ‘Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Birim Fiyat Cetveli’ ve Rayiç Cetvelleri’ standartlaştırmıştır. (İTÜ 2014, 62)

8.4 Kamu İhale Kanunu’na Göre Yapım İşlerinde İhale Süreci

Kamu İhale Kanunu devletin harcama yaptığı yani gider nitelikteki ihalelerin neler olduğunu ve nasıl yapıldığını anlatan kanundur. Kamu ihaleleri ülke ekonomisi içerisinde önemli bir yeri vardır. İhale süreçleri ile ilgili düzenlemeler yapılırken yolsuzluk ve usulsüzlüklerin ortadan kaldırılması; ihaleye katılan katılımcılar arasında eşit muamelenin yapılması; işlemlerin aksaksız, hızlı yapılması; hesap verilebilirlik ve kamuoyu denetimi sayesinde saydamlığın artırılması; kamu kaynaklarından önemli oranda tasarruf sağlanması hedeflenmektedir.

4734 Sayılı Kamu İhale Kanunu 2003 yılında yürürlüğe girmiştir. Bu kanun ile sadece yapım ve denetim ile ilgili ihale işlerine dair prosedürler düzenlenmemekte aynı zamanda mal ve hizmet alımı gibi tüm kamu ihaleli işlerin ihale kuralları düzenlenmektedir.

8.4.1 Kamu İhale Kanunu’nun temel ilkeleri

İdareler, yapılacak ihalelerde; saydamlığı, rekabeti, eşit muameleyi, güvenilirliği, gizliliği, kamuoyu denetimini, ihtiyaçların uygun şartlarda ve zamanında karşılanmasını ve kaynakların verimli kullanılmasını sağlamakla sorumludur.

8.4.2 Mevzuat çerçevesinde kamu ihale sürecindeki işlemler

Kamu ihale mevzuatına göre ihale süreci 5 aşamadan oluşur. Bunlar; geliştirme & tasarım, ihaleye hazırlık, ihale ilanı sonrası, ihale ve sözleşmedir.

Gelişme & tasarım aşaması; ihtiyacın belirlenmesi, etüt çalışması (arsa temini ve ÇED raporu), yatırım programının alınması veya ilave edilmesi, ödeneğin bütçelenmesi ve projelendirme(ön, kesin, uygulama projesi, teknik şartname).

İhaleye hazırlık aşamasında; yaklaşık maliyet ve eşik değerin belirlenmesi, ihale usulünün belirlenmesi, ihale dokümanlarının hazırlanması(idari, teknik şartnameler, sözleşme taslağı), ihale ve ön yeterlilik dokümanının verilmesi, ihale onayının alınması, ihale komisyonun teşkili.

İhale ilanı sonrası aşamasında; ihale ve ön yeterlilik ilanı, ihale işlem dosyasının oluşturulması, zeyilname düzenlenmesi nedeniyle ertelenmesi, başvuru ve tekliflerin hazırlanması ve sunulması.

İhale aşamasında; başvuruların alınması, değerlendirilmesi, ihalenin iptali, ihalenin karar verilmesi ve onaylanması, kararların bildirilmesi, sözleşmeye davet.

Sözleşme aşamasında; ihalenin sözleşmeye bağlanması, sonuç bildirimi. (İTÜ 2014, 72)

8.4.3 İhale komisyonu

İhale sürecini yönetecek komisyon en az beş ve tek sayıda kişilerden oluşur: ihale yetkilisi, ikisi konunun uzmanı olması şartıyla (biri başkan olmak üzere), ilgili idare personelinen en az dört kişinin, muhasebe veya mali işlerden sorumlu bir kişinin katılımıyla kurulur.

8.4.4 Yaklaşık maliyet ve eşik değerler

İhale öncesinde idare tarafından fiyat araştırması yaparak yaklaşık maliyet belirlenir ve ön yeterlilik ilanlarında ve ihalede yer verilmez. Yaklaşık maliyet isteklilere ve diğer kişilere açıklanmaz.

Eşik değerler, ihale sürelerinin belirlenmesinde, yerli istekliler ile ilgili düzenlemelerin yapılmasında, bir kriter olarak kullanılmak amacıyla tanımlanmıştır.

8.4.5 Uygulanacak ihale usulleri

Kamu inşaatları temel olarak açık usulde ihale edilir. Ancak Yaklaşık Maliyeti > ½ Eşik Değer yapım işi ihaleleri ile işin uzmanlık veya yüksek teknoloji gerektirmesi nedeniyle, yapım işleri belli istekliler arasında ihale usulüne göre yaptırılabilir.

Pazarlık usulü başlığı altında bulunan özel koşullarda kamuda ihaleler pazarlık usulü ile yapılabilmektedir. (İTÜ 2014, 74)

8.5 Proje Değerleme Yöntemleri

Proje değerlendirme yöntemleri, projelerin ticari, ekonomik, ve sosyal açıdan ortaya çıkacak gelirlerinin(faydalarının) giderler ile matematiksel tekniklerle karşılaştırılmasıdır. Hem projelerin kabul edilebilirliğini test edebilmek için hem de birden fazla projenin birbirinden bağımsız projelerin sıralanmasında kullanılır. Paranın zaman içerisindeki değerinin değişimi hesaba katmaya göre statik ve dinamik diye iki başlıca iki farklı gruba ayrılır. Dinamik yöntemlerde tüm gelir ve giderler bir referans yılına indirgenerek değerlendirme yapılır. (İTÜ 2014, 40-45)

8.5.1 Statik yöntemler

Statik yöntemler ile değerlendirme oldukça basit ve kullanışlı olduğu için her yatırımcı tarafından sıklıkla kullanılır. Başlıca iki tane statik yöntemleri bulunmaktadır.

8.5.1.1 Geri ödeme süresi yöntemi

Projenin giderlerinin projeden sağlanan gelirler ile ne kadar sürede karşılanacağını gösteren bir tekniktir. Basit bir ifadeyle yatırımcının kendisini kaç yılda amorti edeceğini araştırır. Projenin kabul kriteri olarak da yatırımcının projeye başlamadan önce belirlenen bir süre ile karşılaştırılması ile değerlendirilir. Geri ödeme süresinin dezavantajları paranın zaman değerini dikkate alınmaması ve yatırım maliyeti karşılandıktan sonraki gelirlerin dikkate alınmamasıdır.

8.5.1.2 Ortalama yıllık getiri oranı yöntemi

Ortalama yıllık getiri oranı yönteminde yıllık karlılıkların ortalamasının yatırım tutarına oranı ile bulunur. Tek projeler için kabul kriteri yatırımcının projeye başlamadan önce belirlediği oran ile karşılaştırılması ile bulunur. Birçok proje arasından seçim gerektiğinde ise getiri oranı en yüksek olan tercih edilir. Bu yöntemde de paranın zaman değeri dikkate alınmamaktadır.

8.5.2 Dinamik yöntemler

Proje değerlendirme yönteminde paranın zaman değerini dikkate alındığı yöntemlerdir. Basit bir ifadeyle bugünkü 1 TL ile ileriki zamanlardaki 1 TL'nin değeri

aynı değildir. Projeler değerlendirilirken de yatırımcılar bu faiz faktörünü dikkate alması gerekmektedir.

8.5.2.1 Net bugünkü değer yöntemi (NBD)

Net Bugünkü Değer, gelirlerin bugüne indirgenmesi ile elde edilen sonuç ile giderlerin bugüne indirilmesi ile elde edilen sonuç arasındaki farktır.

Hesaplama 3 aşamada gerçekleşir:

- a. Her dönemin gelirleri ve harcamaları (+ ve – nakit akışları) kendi içinde toplanarak, her dönemki tutar faiz faktörüyle bugüne indirgenir(iskontolanır).
- b. İndirgenen tutarlar toplamı projenin net bugünkü değerini verir.
- c. Projenin $NBD > 0$ ise kabul; $NBD < 0$ ise red edilir. Çünkü projenin gelirlerinin sıfırdan büyük olması o projenin karlılığını gösterir.

Net Bugünkü Değer, kolay anlaşılır olduğu ve TL cinsinden sonuç verdiği için piyasada en çok tercih edilen proje değerlendirme yöntemlerinden birisidir. (UYGUR 2015)

8.5.2.2 İç verim oranı yöntemi (IVO)

İç verim oranı, bir yatırım projesinin net bugünkü değerini sıfıra eşitleyen orana denir. Yani gelirlerin bugünkü değerini giderlerin bugünkü değerine eşitleyen oranı olarak tanımlanır.

Projenin kabul kriteri olarak yatırımcının beklediği karlılık oranı ile karşılaştırılır. İç verim oranı beklenen karlılık oranı ile karşılaştırılarak yatırıma karar verilir. İç verim oranının ne kadar yüksek olması projenin daha karlı olduğunu gösterir.

8.5.2.3 Karlılık endeksi yöntemi (KE)

Gelirlerin bugünkü değerinin giderlerin bugünkü değerine oranı ile bulunur. Projenin uygulanabilmesi için karlılık endeksinin 1’den büyük olması beklenir. Hesaplama bugünkü değerler kullanıldığı için Net Bugünkü Değerler Oranı olarak da bilinmektedir.

Karlılık endeksinin diğer adı fayda/maliyet oranı yöntemidir.

Eğer birden fazla proje arasından seçim yapmak gerekiyorsa, karlılık endeksi oranı en fazla olan proje diğerlerine göre daha yapılabilir olarak seçilmelidir.

8.5.2.4 Ekonomik katma değer yöntemi (EKD)

Ekonomik katma değer, hedeflerinin belirlenmesi, stratejik planlama, bütçeleme, fiyatlandırma, insan kaynakları gibi farklı alanları da değerlendiren finansal yönetim sistemidir. EKD faaliyet karının sermaye maliyetinden arındırılarak hesaplanan değerdir. (HACİRÜSTEMOğLU 2017)



9. SONUÇ, ÖNERİ

Dünya'daki her geçen gün artan enerji ihtiyacının karşılanmasında kullanılan yenilenemez enerji kaynaklarının zaman içerisinde bitecek olması, insanları yenilenebilir enerji çeşitlerinin yaygınlaştırılması için çalışmalar yapmasına itmiştir. Enerji kaynaklarında oluşacak çeşitlilik ile oluşabilecek enerji krizlerinin de önüne geçmek hedeflenmektedir. Güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi ve biyokütle enerjisi gibi enerji çeşitleri ile bu artan enerji ihtiyacı karşılanabilecek düzeydedir. Bu tarz enerji çeşitlerinin daha çok yaygınlaşabilmesi için araziye ihtiyaç duyulmaktadır. Gelişen dünyada artan ulaşım ihtiyacını karşılamak için yaygınlaşan karayollarının, kamulaştırılmış atıl durumda bulunan arazileri bu arazi ihtiyacını karşılamak için ideal bir alandır. Örnek vermek gerekirse Dünyanın toplam enerji ihtiyacı 15.000 giga watt civarındır. Bu enerji de yaklaşık 5.000 mil² (13000 km²)'lik bir alan ile sağlamak mümkündür. Bu alan ise dünya genelindeki karayolları kenarlarındaki alanlar ile sağlanabilir. (U.Muralikrishna 2013) Yapılan literatür taraması ile görülmüştür ki bu tarz projeler Almanya, Amerika Birleşik Devletleri gibi ülkelerde son 10 yılda giderek yaygınlaşmakta, elde edilen olumlu sonuçları ile verilen teşvik ve destekler her geçen gün artmaktadır.

Yıllardır karayollarında çeşitli fotovoltanik teknolojiler kullanılmaktadır. Bu teknolojiler içinde en yaygın olanları; taşınabilir değişken mesaj işaretleri, trafik sinyalleri, yanıp sönen işaretler, hava durumu bilgi sistemleri gibi işaret levhalarıdır. Bu teknolojilerin kullanmasının sebepleri arasında enerji politikası veya çevrenin korunması ile pek ilgisi yoktur ve öncelik olarak kolaylık ve maliyet tasarrufları sağlamasıydı.

Güneş enerjisi, son yıllarda artan potansiyeli ile mevcut araziler üzerinde uygulaması en kolay enerji çeşidi olacaktır. Ülkemiz özelinde çoğu nokta, güneş enerji santralinden kar edebilmek için gerekli güneş ışığını almaktadır. Güneş enerjisi projeleri için oluşacak en büyük problem güvenlik olacaktır.

Rüzgar enerjisi, ilk yatırım maliyeti diğer yenilenebilir enerji türlerine göre biraz yüksek, kapasite kullanım koşulları düşük, rüzgarın esme koşullarına göre değişkenlik

gösterebilen yani sürekli aynı seviyede enerji üretimi olmayan bir yenilenebilir enerji türüdür. Bunun yanında dünyada bol miktarda bulunan, gece gündüz ayrımı olmadan düzenli enerji üretebilen, bakım ve işletme maliyetleri düşük ve işletilmesi kolay bir enerji türüdür. Devrilmesi durumunda oluşacak güvenlik sorununun önüne geçilmesi için mevcut arazilerin hemen yanına yapılması uygun değildir. Bu kapsamda proje özelinde daha çok KGM bünyesindeki tesislerde değerlendirilmiştir.

Biyokütle enerjisi için mevcut bitkileri kullanmak yerine KGM bünyesindeki atıl durumda bulunan marjinal arazilerin değerlendirilmesi daha uygun olacaktır. Proje kapsamında uygun arazilerde yetiştirilecek özel bitkilerden elde edilecek biyodizel ve biyoetenol ile elde edilecek yakıtlar değerlendirilmiştir. Bu tarz yakıtların elde edilmesindeki en büyük maliyet kalemi ulaşım olacağından mevcut fabrikalara yakınlık göz önünde bulundurulmuştur.

Mevcut yasalar ve görev tanımları kapsamında KGM'nin asıl görevi ülkemizde bulunan karayollarının düzeltilmesi ve yeni karayollarının yapılmasıdır. Bu da KGM bünyesinde enerji elde edilmesinde problemler ile karşılaşılabilir. Devletin enerji alanındaki görüşü değişebilir ve enerji üretimini kamu kurum ve kuruluşlarında en azından kendi elektriğini üretmesi gerektiğini yasal düzenlemeler ile sağlayabilir. Bu sayede enerjide dışa bağımlılığın Türkiye Cumhuriyeti olarak mevcut çalışanları ile azaltılması sağlanabilir. Devlet politikası olarak belirlenmediği sürece Karayolları Genel Müdürlüğü geri dönüş süresi 10 yıldan daha az olan enerji projelerini bile yatırım yapmaya uygun görmemesi son derece doğaldır. Karayolları Genel Müdürlüğü, Devlet Su İşleri gibi kamu kurumlarında ve İski, Aski gibi belediye kurumları için çıkarılacak bir yasa ile kendi sorumluluklarının yanında elektrik üretimi vizyonunun benimsenmesi bu kurumların sahip olduğu atıl arazilerin daha verimli kullanılmasını sağlayabilir.

Bir diğer konu ise mevcut Karayolları Genel Müdürlüğü bünyesinde enerji üretimi ile ilgilenecek kalifiye elemanın bulunmaması veya bulunanların da mevcut işlerinin yoğun olmasıdır. Elektrik ile ilgilenecek kişiler, güvenlikle ilgilenecek kişiler Karayolları Genel Müdürlüğü bünyesinde işe alınabilir bu şekilde bu tarz projelerin sistematik bir şekilde kamu kurumlarına kazandırılması sağlanabilir.

Bir öneri olarak da ileride yapılacak karayolları için kamulaştırma öncesinde güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, biyokütle enerjisi projeleri tasarlanabilir. Projenin yapılacağı arazi kamulaştırmaya dâhil edilir ve sistematik bir şekilde enerji üretimi sağlanabilir.

Yine bunun için de Karayolları Genel Müdürlüğüne vizyon belirlenerek Türkiye'deki elektrik üretimi içerisinde belirli bir pay verilebilir.

Mini YEKA projelerinde 10-50 MV'lık yenilenebilir enerji projeleri şirketler için bakanlığın belirlediği bölgelerde projelerini yapabilmektedir. Bu da projelerin açıklanmasından önce o bölgedeki arazi fiyatlarının artmasına sebep olmuştur. Bu modelin 2-3 MV gibi daha küçük ihaleler ile sunulması ve bu arazilerin Karayolları Genel Müdürlüğü bünyesindeki araziler üzerinden yapılması da proje bölgelerindeki arazi maliyet artışının önüne geçilebilmesi için bir seçenektir.

Ayrıca mevcut koşullar altında karayolları bünyesindeki bu tarz arazilerin kiralanma ücretleri ekonomik açıdan projeleri karşılamayacak düzeydedir. Oluşturulabilecek yasalar ile enerji üretimi için bu tarz arazilerin kullanıma açılması veya daha uygun fiyatlar ile kiralanması sağlanabilir.

KAYNAKLAR

- Akdağ, N.F., DEKTMK, (2007).** Komitesi, Hidrolik ve Yenilenebilir Enerji Çalışma Grubu Biyokütle Enerjisi Alt Çalışma Grubu Raporu.
- Akdoğan, D. A. (2016).** Türkiye’de yenilenebilir enerjiye yönelik teşviklerdeki son gelişmeler. *Political Economy of Taxation*, Editors: Murat AYDIN–S. Sami TAN, *IJOPEC Publication*, (23), 151-165.
- Akdoğan, D. A. (2018).** Yenilenebilir enerjide kamu politikaları ve Türkiye.
- AKİB, Şahin, M. Y. (2012).** Yeni Teşvik Sistemi, Yatırımlarda Devlet Yardımı. Teşvik Uygulamaları ve Yabancı Sermaye Genel Müdürlüğü, Ankara.
- ASLANTAŞ, A. (2018).** Dünya’da ve Türkiye’de biyokütle enerjisinin kullanımı ve potansiyeli/The utilization and potential of bioenergy in the world and in Turkey (Doctoral dissertation).
- Bayraktar, M. E., Zhu, Y., Mahmoud, N. V., Tindall, D. J., & Prozzi, J. (2013).** Opportunities on the state highway system to generate revenue or offset expenditures for the state of Florida (No. BDK80 977-34). *Florida. Dept. of Transportation. Research Center*.
- Billitzer, Barbara.** «Making It Happen (The Nation's First Solar Highway).» *Right Of Way*, 2010: 18-25.
- Biyokütle.** 2020. <<https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Biyokutle>> erişim tarihi: 03 12, 2020
- Boz, S. S. (2013).** Kamu özel işbirliği (PPP) modeli. İnönü Üniversitesi Hukuk Fakültesi Dergisi, 4(2), 277-332.
- BP. Statistical Review of World Energy Report-2018.** <<https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy.html>> , erişim tarihi 02.03.2020
- Çanka Kılıç, F. (2011).** Biyogaz, önemi, genel durumu ve Türkiye’deki yeri. *Mühendis ve Makine*, 52(617), 94-106.
- Chen, X. D., Chen, D. F., & Zhang, F. J. (2013).** A Study of Design and Application of Solar Energy Power Supply System in Highway Tunnel Lighting. *In Advanced Materials Research (Vol. 717, pp. 338-341). Trans Tech Publications Ltd.*
- Deloitte.** (2019) Küresel Yenilenebilir Enerji Trendleri.
- Doğanay, H., & Coşkun, O. (2017).** Enerji kaynakları. *Pegem Atıf İndeksi*, 1-328.
- Doğanay, H., Özdemir, Ü., & Şahin, İ. F. (2011).** *Genel Beşeri ve Ekonomik Coğrafya*. Pegem Akademi.

- EPRI, (Electric Power Research Institute)** (2010) «A Survey Of Current Knowledge And.» Addressing Solar Photovoltaic Operations.
- ESER, L. Y., & POLAT, S.** (2015). ELEKTRİK ÜRETİMİNDE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ KULLANIMINA YÖNELİK TEŞVİKLER: TÜRKİYE VE İSKANDİNAV ÜLKELERİ UYGULAMALARI. *Gümüşhane University Electronic Journal of the Institute of Social Science/Gümüşhane Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Elektronik Dergisi*, 6(12).
- ETKB. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı-Enerji Verimliliği Destekleri.**
[https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Enerji-Verimliliği Destekleri](https://www.enerji.gov.tr/tr-TR/Sayfalar/Enerji-Verimliliği-Destekleri),
erişim tarihi: 08.12.2019
- Gazete, R.** (2005). 5346 Sayılı Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Elektrik Enerjisi Üretimi Amaçlı Kullanımına İlişkin Kanun.
- GEPA. 2020.** <<http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/>>, erişim tarihi 03.04.2020
- GİZLENCİ, Ş., ACAR, M., & ŞAHİN, M.** (2012). TÜRKİYE'DE YENİLENEBİLİR ENERJİ KAYNAKLARININ (BİYODİZEL, BİYOETANOL VE BİYOKÜTLE) PROJEKSİYONU.
- Gizlenci, Ş, ve Acar M. (2008)** *Enerji Bitkileri Tarımı ve Biyoyakıtlar*. Samsun.
- Google Earth,** < <https://www.google.com/earth/> > , erişim tarihi: 17.04.2020.
- HACİRÜSTEMOĞLU, R., MÜNİR, Ş., & Volkanü, D.** (2002). *Etkin Performans Ölçüm Aracı (EVA)*. Mali Çözüm Dergisi, (59).
- Horuz, A., Korkmaz, A., & Akınoğlu, G.** (2015). *Biyoyakıt bitkileri ve teknolojisi*. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi, 3(2), 69-81.
- İTÜ, İnşaat Mühendisliği Bölümü.** (2014) *Yapı İşletmesi Ders Notları*. İstanbul.
- Karayolları Genel Müdürlüğü. ÇEŞME GÜNEŞ ENERJİSİ SANTRALİ KURULUMU İŞİ.**
<https://www.kgm.gov.tr/Sayfalar/KGM/SiteTr/Bolgeler/2Bolge/Calisma.aspx> , erişim tarihi 02.02.2020
- Ketenci, H. S.** (2019). Yenilenebilir Enerji Kaynaklarının Fizibilite Analizi (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- KOSKEB.** (2018) KOSKEB Destek Programları Yönetmeliği.
- Küçükkaya, E. Biyokütle Enerjisi Nedir?**
<<https://www.enerjiportali.com/biyokutle-enerjisi-nedir/>>, erişim tarihi: 08.04.2020
- KURUCU, A. A.** (2017). *Türkiye'nin yenilenebilir enerji potansiyelinin hesaplanması*. Ankara Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi, 8(1).
- Lorand, R.** (2013). Renewable energy guide for highway maintenance facilities (Vol. 751). Transportation Research Board.
- Lorand, R.** (2013). Renewable energy guide for highway maintenance facilities (Vol. 751). Transportation Research Board.
- MacKay, D.** (2008). Sustainable Energy-without the hot air. UIT cambridge.

- MGM, Meteoroloji Genel Müdürlüğü. Türkiye Rüzgar Atlası. (2019)**
<<https://www.mgm.gov.tr/genel/ruzgar-atlasi.aspx>> , erişim tarihi: 03.02.2020
- Mimarlar ve Mühendisler Odası (2015) Yenilenebilir Enerji Kaynakları.**
- Oregon Department Of Transportation. (2008) «Frequently Asked Questions. »**
Oregon Solar Highway Demonstration Project.
- ÖZKAYA, G. C., & GELİŞEN, G. (2020).** Kamu İhale Kanunu'na Göre Yapım İşleri İçin Yüklenici Seçimi, Karşılaşılan Zorluklar ve İhale Yönetimi. *Teknik Bilimler Dergisi*, 10(1), 31-44.
- Öztürk, H. H. (2017).** Güneş Enerjisinden Fotovoltaik Yöntemle Elektrik Üretiminde Güç Dönüşüm Verimi Ve Etkili Etmenler. *Elektrik Tesisat Ulusal Kongre ve Sergisi Bildirileri*, 1, 1-14.
- Petroleum, B. (2019).** BP Statistical Review of World Energy Report. BP: London, UK.
- Poe, C., Plovnick, A., Hodges, T., Hastings, A., & Dresley, S. (2017).** Highway renewable energy: photovoltaic noise barriers (No. DOT-VNTSC-FHWA-17-20; FHWA-HEP-17-088). United States. Federal Highway Administration. Office of Natural Environment.
- Ponder, D., Proudfoot, J., & Luftig, S. (2011).** *Solar Highway Program: From Concept to Reality: a Guidebook for Departments of Transportation to Develop Solar Photovoltaic Systems in the Highway Right-of-way.* Good Company.
- Proudfoot, J., Ponder, D., Tindall, D., & Wysocki, D. (2015).** *Guidebook for designing and managing rights-of-way for carbon sequestration and biomass generation* (No. Project 25-35).
- Pwc. YEKA Üzerine Bir Değerlendirme. (2019)**
<<https://www.pwc.com.tr/tr/sektorler/enerji-altyapi-madencilik/enerji-spotlights/yeka-uzerine-bir-degerlendirme.html>> , erişim tarihi:01.02.2020.
- Renewables, R. (2012).** Global status report. Renewable Energy Policy Network for the 21st Century.
- Rüzgar Türbini Nedir? Rüzgar Türbini Çeşitleri Nelerdir?**
<<https://www.enerjiportali.com/ruzgar-turbini-nedir-ruzgar-turbini-cesitleri-nelerdir/>> , erişim tarihi: 09.12.2019
- SABANCI, A., Mehmet, A. T. A. L., & Yaşar, A. (2006).** *Türkiye'de Biyodizel Kullanım Olanakları.* Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 2(1), 33-39.
- Saray, E. (2019).** Yenilenebilir enerji üretim ve yatırım maliyetlerinin karşılaştırılması: Ege Bölgesi örneği (Master's thesis, Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü).
- Şenlik, İ. (2017)** Güneş Enerji Santrallerinin Yer Seçimi. » *Elektrik Mühendisliği*, 94-98.
- SEZAL, L. (2017).** *TÜRKİYE'DEKİ GÜNEŞ ENERJİSİ YATIRIMLARININ DAVRANIŞSAL FİNANS AÇISINDAN*

- Strateji, C., & Başkanlığı, B.** (2019). On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023).
- Teke, O.** (2013). *Türkiye'de Yenilenebilir Enerjinin Mevcut Durumu ve Ar-Ge Çalışmaları*. Nisan, 7, 2015.
- TMMOB Makina Mühendisleri Odası** (2008). Yenilenebilir Enerji Kaynakları. Oda Raporu, Ankara, 2008.
- Türe, S.** (2001) Biyokütle Enerjisi. Ankara: Temiz Enerji Vakfı Yayınları.
- Türkiye Rüzgar Enerjisi Birliği TÜREB.** (2019) Türkiye Rüzgar Enerjisi İstatistik Raporu.
- Tuz, A. (2010).** İnşaat projelerinde farklı durumlar için uygun proje teslim sisteminin belirlenmesi (Doctoral dissertation, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- U. Muralikrishna.**(2013) Solar Energy Highways.Alternatives, : 96-98.
- U.S. Department of Energy.** (2007) Small Wind Electric Systems: A Vermont Consumer's Guide. » *Teknik Rapor, United States*.
- UYGUR, M.** (2015). Yatırım Projesi Değerlendirme Yöntemleri. Demiryolu Mühendisliği, (2), 56-59.
- YEGM.** (2014) TÜRKİYE ULUSAL YENİLENEBİLİR ENERJİ EYLEM PLANI. 30. Verimlilik Arttırıcı Projeler(VAP). <http://www.yegm.gov.tr/verimlilik/d_VAP.aspx> , erişim tarihi: 8.12.2019.
- YEGM.** **Güneş Enerjisi ve Teknolojileri.** http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/g_enj_tekno.aspx , erişim tarihi:12.12.2019.
- YEKA GES-3 İle İlgili Detaylar Belli Olmaya Başladı.** <<https://www.enerjiportali.com/yeka-ges-3-ile-ilgili-detaylar-belli-olmaya-basladi/>>, erişim tarihi:05 23, 2020
- Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü YEGM. Biyokütle Çevrim Teknolojileri.** <http://www.yegm.gov.tr/yenilenebilir/biyokutle_cevrim_tekno.aspx> , erişim tarihi: 03.17.2020.
- Yenilenebilir Enerji Genel Müdürlüğü. Güneş Enerjisi Potansiyel Atlası (GEPA).** (2020). <<http://www.yegm.gov.tr/MyCalculator/>> erişim tarihi 25.04.2020)
- YILMAZ, M.** (2012). Türkiye'nin enerji potansiyeli ve yenilenebilir enerji kaynaklarının elektrik enerjisi üretimi açısından önemi.
- Yılmaz, O.** (2015). Yenilenebilir enerjiye yönelik teşvikler ve Türkiye (Master's thesis, Adnan Menderes Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü).
- Zhu, X., & Cui, Q.** (2012). Delivering solar highway project: A case study. *In Construction Research Congress 2012: Construction Challenges in a Flat World* (pp. 31-40).

EKLER

EK A.1 Karayolları Çalışanlarını Kapsayan Anket Çalışması



EK A:

**KARAYOLU SINIR ÇİZGİSİ İÇİNDE KALAN ALANLARDA
YENİLENEBİLİR ENERJİ PROJELERİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

Anket Formu

Karayolları Sınır Çizgisi İçerisinde Kalan Alanlardan ‘Katma Değer’ Sağlanması

İletişim Bilgileri:

Mehmet Burak Çelebi

İstanbul Teknik Üniversitesi

İnşaat Mühendisliği Ana Bilim Dalı

Yapı İşletmesi Yüksek Lisans Programı

Telefon:05317909464

E-mail:celebimehme@itu.edu.tr

Bu anket formu TÜBİTAK adına yürütülen bir araştırma için hazırlanmıştır.

Burada toplanan tüm bilgiler kesinlikle gizli tutulacak ve kişi adlarına değinmeden yalnızca araştırma ve analiz için kullanılacaktır.

**KARAYOLU SINIR ÇİZGİSİ İÇİNDE KALAN ALANLARDA
YENİLENEBİLİR ENERJİ PROJELERİNİN GELİŞTİRİLMESİ**

Anketin Amacı
Bu anketin amacı, karayolu sınır çizgisi içerisinde kalan alanlar hakkında Karayolları Genel Müdürlüğü tarafından bilgi toplamaktır.

Genel Bilgiler
Yenilenebilir enerji projeleri, Türkiye'nin enerjide dışa bağımlılığını azaltması açısından kritik önem arz etmekte ve sürdürülebilir kalkınmanın en önemli yapı taşlarından birini oluşturmaktadır. Bu sebeple bu tür projelerin ülkemiz karayolu sınır çizgisi içinde uygulanmalarının altyapısını oluşturmak için gerekli çalışmaları yapmak önem arz etmektedir. Bu tip katma değer sağlayan projelerin karayolu kenarlarına uygulanmasından elde edilebilecek faydalar şunlardır: (i) gelir sağlama; (ii) maliyet tasarrufu; ve (iii) parasal olarak ölçülemeyecek olan faydalar(yenilenebilir enerji gelişimi, hava sahası kiralama (binalar ve otoparklar), saman ve kereste gibi doğal kaynak çıkarımı ve reklam sponsorluğu vb.)

A) İletişim Bilgileri:

Katılımcının Adı:

Unvan/Meslek:

Çalıştığı Kurum:

Telefon Numarası:

E-mail Adresi:

B) Kurumunuzun Katma Değer Projeleri ile ilgili Tecrübeleri

1) Kurumunuz geçmişte karayolları sınırları içerisinde kalan bölgelerde katma değer sağlamak için herhangi bir projenin proje uyguladı mı?

☐ Evet

☐ Hayır

Cevabınız evet ise, lütfen projeleri kısaca tanımlayınız ve daha fazla bilgi verebilecek irtibat kişilerini, ilgili web sayfalarını veya diğer belgeleri aşağıdaki kutuya ekleyiniz.

Proje tanımı & irtibat bilgileri

2) Kurumunuz şu anda karayolları sınırları içerisinde kalan bölgelerde katma değer sağlamak için herhangi bir projenin uygulanmasını araştırıyor / değerlendiriyor mu?

☐ Evet

☐ Hayır

Cevabınız evet ise, lütfen projeleri (geçmiş ve mevcut projeler dahil) kısaca

Proje tanımı & irtibat bilgileri

tanımlayınız ve daha fazla bilgi verebilecek irtibat kişilerini, ilgili web sayfalarını veya diğer belgeleri aşağıdaki kutuya ekleyiniz.

3) Kurumunuz, geçmişte karayolları sınırları içerisinde kalan bölgelerde katma değer sağlamak için herhangi bir projenin uygulanmasını araştırdı / değerlendirdi, ancak devam etmemeye karar verdi mi?

☐ Evet

☐ Hayır

Cevabınız evetse, lütfen araştırdığınız / değerlendirdiğiniz projelerin devam etmeme nedenlerini kısaca açıklayınız ve daha fazla bilgi verebilecek irtibat kişilerini, ilgili web sayfalarını veya diğer belgeleri aşağıdaki kutuya ekleyiniz.

Proje tanımı & irtibat bilgileri

Bu anketi doldurmaya zaman ayırdığınız için teşekkür ederiz.

ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Mehmet Burak ÇELEBİ

ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2018,İstanbul Teknik Üniversitesi, İnşaat Fakültesi, İnşaat Mühendisliği

