

T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



RÜZGÂR ENERJİ SANTRALLERİNDE İŞ KAZALARI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ernail ASLAN
(Y1713.220014)

İş Sağlığı ve Güvenliği Ana Bilim Dalı
İş Sağlığı ve Güvenliği Programı

Tez Danışmanı: Doç. Dr. Banu Yeşim BÜYÜKAKINCI

MART-2018



T.C.
İSTANBUL AYDIN ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLER ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ

Yüksek Lisans Tez Onay Belgesi

Enstitümüz İş Sağlığı ve Güvenliği Ana Bilim Dalı İş Sağlığı ve Güvenliği Tezli Yüksek Lisans Programı Y1713.220014 numaralı öğrencisi **Ernail ASLAN** 'ın "RÜZGAR ENERJİ SANTRALLERİNDE İŞ KAZALARI" adlı tez çalışması Enstitümüz Yönetim Kurulunun 21.02.2018 tarih ve 2018/03 sayılı kararıyla oluşturulan jüri tarafından *ayrılığı* ile Tezli Yüksek Lisans tezi olarak *Kabul* edilmiştir.

Öğretim Üyesi Adı Soyadı

İmzası

Tez Savunma Tarihi : 28/03/2018

1) Tez Danışmanı: Doç. Dr. Banu Yeşim BÜYÜKAKINCI

2) Jüri Üyesi : Prof. Dr. Hasan Alpay HEPERKAN

3) Jüri Üyesi : Doç. Dr. Metin YÜKSEK

[Handwritten signatures in blue ink over dotted lines]

Not: Öğrencinin Tez savunmasında **Başarılı** olması halinde bu form **imzalanacaktır**. Aksi halde geçersizdir.

ÖNSÖZ

Tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Banu Yeşim BÜYÜKAKINCI'ya tüm çalışmalarım süresince bana ayırmış olduğu değerli zamanı ve başarıya ulaşmamı sağlayan teşvikleri için sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Tez çalışmalarım esnasında desteklerini esirgemeyen aileme, Yunus Emre ERTÜRK'e ve Eren FİLİZ'e başta olmak üzere, bütün arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Mart 2018

Ernail ASLAN
Bilgisayar Mühendisi



İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER	v
KISALTMALAR	vii
ÇİZELGE LİSTESİ.....	ix
ŞEKİL LİSTESİ.....	xi
1. GİRİŞ	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1 Avrupa ve Dünyada Rüzgâr Enerjisi.....	4
2.2 Türkiye’de Rüzgâr Enerjisi	7
3. RÜZGÂR TÜRBİNLERİNİN İNŞASI, BİLEŞENLERİ, YAPISI VE ÇALIŞMA PRENSİBİ.....	15
3.1 Rüzgâr Türbinlerinin İnşası.....	15
3.2 Rüzgâr Türbinlerinin Bileşenleri.....	16
3.3 Rüzgâr Türbinlerinin Yapısı ve Çalışma Prensibi	18
4. RÜZGÂR TÜRBİNLERİNDE OLAY BİLDİRİM İSTATİSTİKLERİ.....	21
4.1 Türkiye Rüzgâr Enerjisi Olay Bildirim İstatistikleri ve Diğer Ülkeler İle Karşılaştırılması	26
4.2 Türkiye’deki Rüzgâr Enerjisi Santrallerinde Yapılan Olay Bildirimlerinin Her Prosesteki İstatistikleri	29
5. ANALİZ YÖNTEMLERİ	37
5.1 Olay Bildirimlerinin Heinrich Teorisi ile Gösterimi.....	37
5.2 Personele Verilen Eğitimlerin İş Kazaları Üzerindeki Etkisinin Spss Analiz Programı ile Gösterimi	40
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	45
KAYNAKLAR	47
EKLER.....	49
ÖZGEÇMİŞ.....	55



KISALTMALAR

AB	Avrupa Birliği
BWEA	British Wind Energy Association (İngiltere Rüzgâr Enerjisi Birliği)
Cut-In	Türbinin Çalışmaya Başladığı Minimum Hız
Cut-Out	Türbinin Durma Konumuna Geçtiği Maksimum Hız
CWIF	The Caithness Wind Farm Information Forum (Caithness Rüzgâr Bilgi Forumu)
EUOSHA	European Agency for Safety and Health At Work (Avrupa İş Sağlığı ve Güvenliği Ajansı)
GCube	Renewable Energy Insurance Coverage
GW	Gigawatt
Hub	Türbin Kanatlarının Bağlı Olduğu Bölüm
IEC	International Electrotechnic Comission (Uluslararası Elektroteknik Komisyonu)
IWEA	Irish Wind Energy Association (İrlanda Rüzgâr Enerjisi Kurumu)
EİE	Elektrik İşleri Etüt İdaresi
İSG	İş Sağlığı ve Güvenliği
m²	Metrekare
m³	Metreküp
m/s	Metre/saniye
MW	Megawatt
Nacelle	Makine Dairesi
PSTT	Paired Samples T Test (Eşleştirilmiş Örneklemler T Testi)
REPA	Rüzgâr Enerjisi Potansiyeli Atlası
RES	Rüzgâr Enerjisi Santrali
Rotor	Kanatların bağlı olduğu bölüm (Hub) ile kanatların oluşturduğu yapının bütünü
SPSS	Statistical Package for the Social Sciences (Sosyal Bilimler İstatistik Paketi)
TIC	Travelers Insurance Company
Tower	Kule
V	Rüzgâr Hızı



ÇİZELGE LİSTESİ

Sayfa

Çizelge 2.1 : Türkiye’de Bölgelerin Ortalama Rüzgâr Hızı ve Yoğunluğu	9
Çizelge 5.1 : PSTT Analiz Yöntemi Veri Setleri	40
Çizelge 5.2 : PSTT Analiz Yöntemi Değişkenleri.....	41
Çizelge 5.3 : Kolmogorov-Smirnov Normallik Testi	42
Çizelge 5.4 : Paired Samples Statistics Tablosu.....	42
Çizelge 5.5 : Paired Samples Test Tablosu	43





ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa

Şekil 2.1 : Avrupa’da Kurulu Rüzgâr Enerjisinin Yıllara Göre Kümülatif Dağılımı..	4
Şekil 2.2 : 2016 Yılı Avrupa Kurulu Rüzgâr Kapasitesinin Ükelere Göre Dağılımı .	5
Şekil 2.3 : Küresel Kurulu Rüzgâr Enerji Kapasitesinin Yıllık Kümülatif Dağılımı ..	6
Şekil 2.4 : 2016 Yılı Küresel Rüzgâr Enerjisi Sektöründeki İlk On Ülke.....	7
Şekil 2.5 : Türkiye’nin 50 m Seviyesindeki Rüzgâr Haritası	8
Şekil 2.6 : Türkiye’deki Rüzgâr Enerjisi Santralleri için Kümülatif Kurulum.....	10
Şekil 2.7 : Türkiye’de İşletmede Olan RES’lerin Bölgelere Göre Dağılımı	11
Şekil 2.8 : Türkiye’de İşletmedeki RES’lerin Türbin Markalarına Göre Dağılımı...	12
Şekil 2.9 : Türkiye’de İşletmedeki RES’lerin İllere Göre Dağılımı	13
Şekil 3.1 : Rüzgâr Türbinleri Betonarme Temel İnşası	16
Şekil 3.2 : Modern Üç Kanatlı Rüzgâr Türbinlerinin Yapı Elemanları.....	17
Şekil 4.1 : Dünya Genelinde Olay Bildirim İstatistikleri	22
Şekil 4.2 : Küresel Rüzgâr Enerjisi Sektöründeki Ölümlü İş Kazaları.....	23
Şekil 4.3 : Küresel Rüzgâr Enerjisi Sektöründeki Yaralanmalı İş Kazaları	23
Şekil 4.4 : Dünyadaki Rüzgâr Enerjisi Sektöründe Meslek Hastalıkları Vakaları	24
Şekil 4.5 : Türkiye 2016 Yılı Olay Bildirim İstatistikleri.....	26
Şekil 4.6 : İngiltere 2016 Yılı Olay Bildirim İstatistikleri.....	27
Şekil 4.7 : Fransa 2016 Yılı Olay Bildirim İstatistikleri.....	28
Şekil 4.8 : Rotor’un Makine Dairesine Yerleştirilmesi	30
Şekil 4.9 : Makine Dairesinde Oluşan Buzlanma.....	31
Şekil 4.10 : Kanat İçerisinde Bakım Çalışması	32
Şekil 4.11 : Kanat Üzerinde Bakım Çalışması	33
Şekil 4.12 : Türbin Santralindeki Olay Bildirimlerinin Her Süreçteki Dağılımı.....	34
Şekil 4.13 : Olay Bildirimlerinin Yaşandığı Yerler.....	35
Şekil 5.1 : Yapılan Olay Bildirimlerinin Heinrich Teorisi İle Gösterimi	39



RÜZGÂR ENERJİ SANTRALLERİNDE İŞ KAZALARI

ÖZET

Rüzgâr türbinlerinin bulunduğu, enerji santrallerinde veya santral dışında oluşabilecek iş kazaları ve meslek hastalıklarını önleyebilmek amacıyla, tehlikelerin tespit edilip riske dönüşmesine neden olan faktörlerin azaltılması amaçlanmaktadır. Belirlenen bu faktörlerin neden olduğu risklerin kabul edilebilir seviyeye düşürülmesi için alınması gerekli olan tedbirler tespit edilerek, her süreçte yaşanan kazalar istatistiksel olarak kategorize edilmiştir. Bu kategorizasyon; temel inşaatı, türbin bileşenlerinin sevkiyatı, montajı, devreye alınması ve bakım süreçleri olmak üzere altı ana başlık altında incelenmiştir. Ayrıca rüzgâr türbinlerinde yaşanan kazalar kendi bileşenleri içerisinde de kule, makine dairesi, göbek ve kanatlar olmak üzere dört alt başlık içerisinde değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeler, yaşanan olayların tekrarlanmaması için alınması gereken aksiyonlarla ilgili istatistiksel verilere ulaşılmasına yardımcı olmuştur. Bu istatistiksel veriler ışığında görülmüştür ki yapılan olay bildirimlerinin %15 i rüzgâr türbini temel inşaatında, %8 i türbin bileşenlerinin nakliyesinde, %45 i türbin montajında, %12 si rüzgâr türbininin devreye alınmasında, %10 u da bakım işlemleri sırasında yapılmıştır. Yapılan olayların % 11.5 nin kulede, %7.7 sinin makine dairesinde, %3 ünün göbekte ve %7 sinin de kanatlarda yaşandığı tespit edilmiştir. Genel olarak bakıldığında ise, yapılan bildirimlerin %62 si güvensiz durumlardan, %20 si ise güvensiz davranışlardan kaynaklandığı analiz edilmiştir. Güvensiz davranış ve durumlar insan kaynaklı olduğundan bu unsurların giderilmesi yaşanan olay bildirimlerinin büyük oranda düşmesini sağlayacaktır. Bildirimi yapılan olaylarda bu unsurların giderilmesi ancak çalışan personele ayrılan eğitim süresinin artırılması ile gerçekleşeceği öngörülmüştür. Tez çalışmasında sunulan öngörülere kesinlik kazandırılması için SPSS analiz programı kullanılmıştır. Bu çalışma Türkiye'nin önde gelen bir rüzgâr türbini firmasının inşaa, kurulum ve bakım süreçleri gözlemlenerek hazırlanmıştır. Bununla birlikte her bir süreç altında belirlenen riskler için çözüm önerileri getirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Rüzgâr Türbini, Rüzgâr Enerjisi, Yenilenebilir Enerji



INDUSTRIAL ACCIDENTS IN WIND ENERGY STATIONS

ABSTRACT

The precautions in order to avoid and reduce the amount of the risks and prevent the occupational diseases inside and outside of the wind turbine energy stations has been detected and the incidents that happened during every period has been statistically categorized. This categorization has been studied under six topics such as basic construction, dispatching of turbine components, mounting, activating and maintenance process. In addition, the accidents has been studied under four different subtopics such as the tower, the engine room, the centre and the wings. These evaluations helped to reach the statistical data to take actions in order to avoid from the incidents. After evaluating the data that has been gathered from these statistics, the incidents had reported 15% during the basic construction, 8% on the dispatching of turbine components, 45% during the mounting of the turbine, 12% on activating the wind turbine and 10% during the maintenance process. Again these evaluations show the incidents that had reported took place 11.5% on the tower, 7.7% in the engine room, 3% in the centre and 7% on the wings. In general, the statistics shows that the reports has been made 62% due to unsafe conditions, 20% due to the unsafe actions. Since unsafe behaviors and situations are human-induced, eliminating these elements will greatly reduce the number of event reports. To reduce the incidents that is being reported can only be ensured with increasing the time of education of the staff working on the field. SPSS analysis program was used to give certainty to the predictions presented in the thesis study. This study has been prepared by observing the construction, mounting and maintenance process of one of the leading wind turbine company in Turkey. Nevertheless, the solutions has been offered for all the risks that has been identified during the entire process.

Keywords: Wind Turbine, Wind Energy, Renewable Energy



1. GİRİŞ

Ülkelerin gelişmişlik seviyelerini belirleyen rüzgâr enerji sektörü, ülkemizde de son yıllarda ciddi bir ivme kazanarak büyümeye devam etmektedir. Ülkemizde ve dünyada rüzgâr enerjisi sektörü yenilenebilir enerji kaynakları arasında en hızlı gelişen çevre dostu enerji kaynaklarından biridir. Bu nedenle yenilenebilir enerji kaynakları arasında rüzgâr enerjisi, dünyada birçok ülkenin tercih ettiği alternatif bir enerji türü olmaktadır. Tez çalışmasında rüzgâr türbinlerindeki inşaat ve bakım süreçleri ele alınarak bildirilen iş kazası ya da meslek hastalığına neden olabilen risklerin tespit edilmesi, kontrol edilmesi ve bu risklere karşı önlem alınması hususunda çalışmalar ile tezde geri bildirimler yapılarak, tümevarım yöntemi bilimi kullanılmaktadır. Bununla birlikte; yapılan araştırmalar ve elde edilen istatistikler ışığında çözüm önerileri getirilmesi amaçlanmaktadır.

Tezin ikinci bölümünde, Türkiye’de, Avrupa’da ve dünyada kurulmuş olan rüzgâr enerji santrallerinin yıllık gelişimi istatistiksel olarak incelenmektedir.

Tezin üçüncü bölümünde, rüzgâr türbinlerinin inşaatı, bileşenleri, modern dönemde rüzgâr enerji santrallerinde en çok kullanılan üç kanatlı yapısı ve çalışma prensibi anlatılmaktadır.

Tezin dördüncü bölümünde, rüzgâr enerji santrallerinde bildirilen iş kazaları ya da meslek hastalıkları istatistikleri, inşaat, kurulum, nakliye ve bakım-onarım süreçlerinde yaşanan kaza istatistiklerinin diğer ülkeler ile karşılaştırılması yapılmaktadır. Rüzgâr enerji santrallerinde geri bildirilen iş kazaları temel olarak üç ana başlık altında elde edilen riskler değerlendirilerek kaynağa, ortama ve çalışana yönelik çözümler sunulması amaçlanmaktadır.

Tezin beşinci bölümünde, rüzgâr enerji santrallerinde bildirilen kaza istatistiklerinin azaltılması için personele verilen eğitimlerin iş kazası istatistikleri üzerindeki etkisinin SPSS analiz programı kullanılarak bilimsel olarak anlamlılığının ortaya konulması amaçlanmaktadır.

Son bölümde ise rüzgâr enerji sektörü ile ilgili mevzuatlara yer verilmektedir.

2. GENEL BİLGİLER

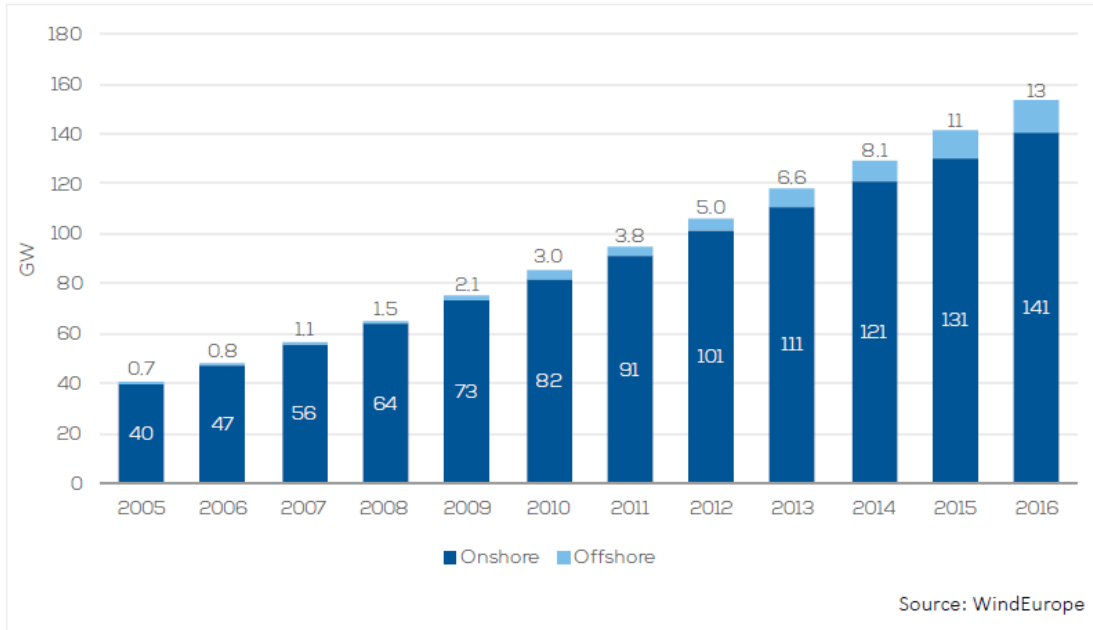
Rüzgâr enerjisi kullanımı beş bin yıl önceye kadar uzansa da çağdaş toplumlar, kendi elektrik enerjisi ihtiyaçlarının büyük bir bölümünü karşılamak için fosil yakıtlar kullanmışlardır. Öte yandan, son otuz yıl boyunca artan enerji arzı ve çevre güvenliği, rüzgâr enerjisi uygulamaları alanındaki ilgiyi yeniden canlandırmıştır [1]. Çevre üzerindeki olumsuz etkileri ve fosil yakıtlarla ilgili diğer sorunların üstesinden gelmek ve artan enerji talebini sürdürmek için birçok ülke, yenilenebilir çevre dostu alternatif enerji kaynakları aramak zorunda kalmışlardır. Güneş enerjisi, çevre üzerinde olumsuz etkileri en az olan en iyi yenilenebilir enerji kaynaklarından biri olduğu için ülkeler, fosil yakıtlara olan bağımlılıklarını azaltmak ve güneş enerjisiyle yerel enerji üretimlerini artırmak için güneş enerjisi politikalarını yeniden formüle etmişlerdir [2].

Güneşin dünyaya gönderdiği ışınlar yer yüzeyine farklı açılar ile düşmektedir. Yeryüzünde sıcaklık farkı daha çok enlem etkisi, yükseltinin etkisi, kara ve denizlerin dağılışı sonucunda oluşmaktadır. Güneşin, yer yüzeyini ve atmosferi homojen ısıtmamasının bir sonucu olarak ortaya çıkan sıcaklık ve basınç farkından dolayı hava kütleleri arasında hava akımı gerçekleşir. Hava kütlesi mevcut durumundan daha fazla ısınrsa atmosferin yukarısına doğru yükselir ve hava kütesinin yükselmesiyle boşalan yere, aynı hacimdeki soğuk hava kütlesi yerleşir. Hava kütlelerinde meydana gelen bu yer değişimleri sonucunda oluşan hava akımları rüzgârları meydana getirmektedir. Diğer bir ifadeyle rüzgâr; birbirine komşu olan iki basınç bölgesi arasındaki, yüksek basınç merkezinden alçak basınç merkezine doğru hareket eden hava akımlarından oluşmaktadır [3].

Rüzgâr enerjisinden elektrik enerjisi üretiminin çevresel etkileri; arazi kullanımı, gürültü, görsel ve estetik etkiler, doğal hayat ve habitata etki, elektromanyetik alan etkisi, gölge ve titreşimler olarak sıralanmaktadır. Bununla birlikte; hammaddenin hava olması, temiz ve sürdürülebilir enerji kaynağı olmaları, enerjide dışa bağımlılığı azaltmaları, sera etkisinin azaltılmasına katkıları, güvenilirliklerinin artması ile maliyetlerinin ucuzlaması, rüzgâr türbinlerinin kurulduğu arazinin tarım alanı olarak kullanılabilmesi gibi önemli avantajları da bulunmaktadır [4].

2.1 Avrupa ve Dünyada Rüzgâr Enerjisi

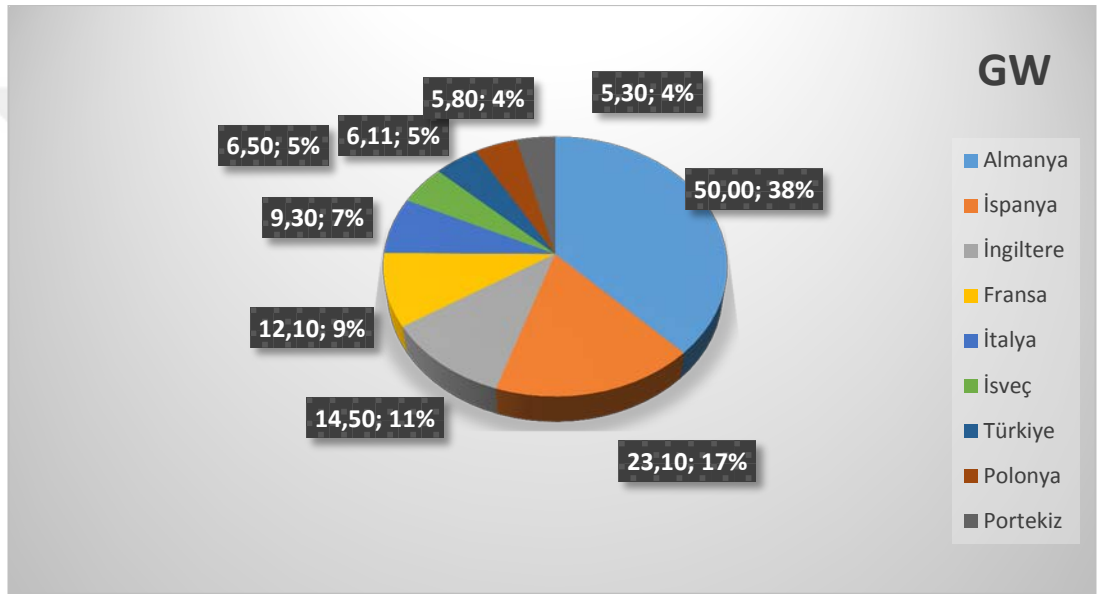
Kyoto Protokolü'ne göre ülkelere getirilmiş olan bazı mesuliyetler ve artan enerji talebini karşılamak için yenilenebilir enerji sektöründe yapılan teşvikler 2000 li yılların başından itibaren etkili olmuştur. 2005 yılına bakıldığında Avrupa'daki ülkelerin toplam rüzgâr gücü kapasitesi yıllık 40,7 GW seviyelerindedir. 2016 yılı değerine bakıldığında ise yıllık kapasite 153,7 GW kurulu güç ile yaklaşık dört kat artmıştır. Avrupa Birliği yıllık kümülatif kurulu rüzgâr gücü kapasitesi değişimi Şekil 2.1 de gösterilmektedir. 2016 yılı Avrupa Rüzgâr Enerjisi Kurumu raporuna göre; Avrupa'da yıllık toplam 12,490 MW güce sahip yeni rüzgâr enerji santrallerinin sektöre dâhil edilmesi ile Avrupa Birliği ülkelerindeki kurulu rüzgâr enerji kapasitesi yıllık 153,7 GW olarak belirlenmiştir [5].



Şekil 2.1 : Avrupa'da Kurulu Rüzgâr Enerjisinin Yıllara Göre Kümülatif Dağılımı

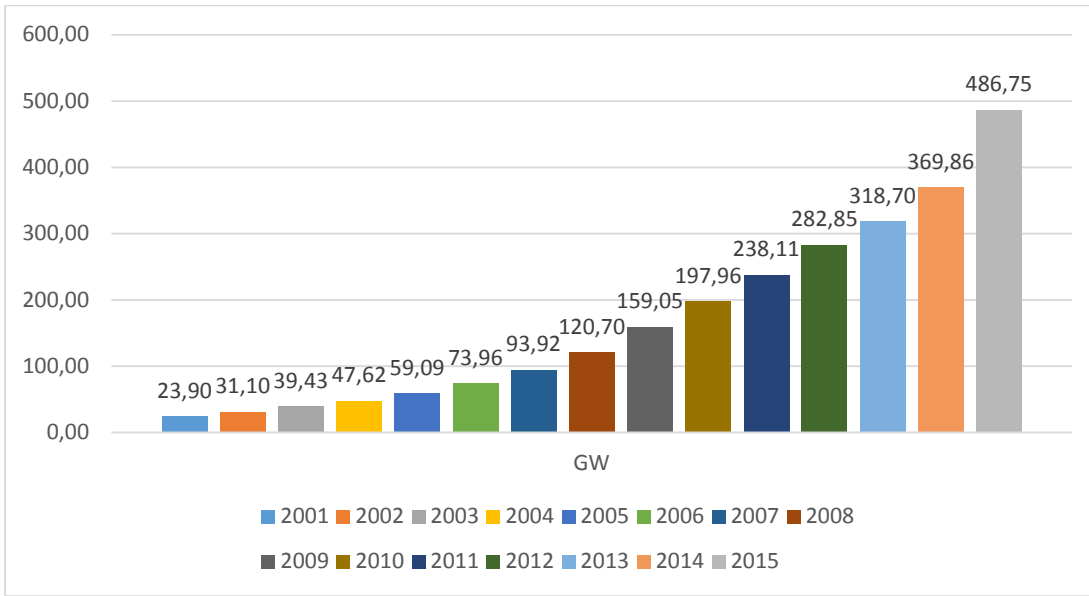
2005-2016 yılları arasında Onshore kurulu güç kapasitesindeki artış ortalama 9,2 GW olarak tespit edilmiştir. Ortalama artışı en çok 2011 ile 2016 yılları arasında gerçekleşmiştir. Offshore kurulu güç kapasitesindeki artış ise 0,85 GW olarak belirlenmiştir. Ortalama artışı ise en çok 1,9 GW ile 2009-2010 yıllarında ve 2 GW ile 2015-2016 yılları arasında yaşanmıştır.

Avrupa Birliği'nde 2016 yılı istatistiklerine göre tespit edilen kurulu rüzgâr gücü kapasitesinin ülkelere göre dağılımlı Şekil 2.2 de gösterilmiştir. Avrupa'da toplam 153,7 GW lık rüzgâr gücü kapasitesinin Almanya 50 GW ve İşpanya 23,1 GW kurulu enerji kapasitesi ile Avrupa'nın en büyük kurulu enerji kapasitesine sahip ülkeleridir. Bu iki ülkenin kurulu rüzgâr enerji kapasitesi Avrupa'nın %48 ni oluşturmaktadır. Sırasıyla İngiltere 14,5 GW, Fransa 12,1 GW ve İtalya 9,3 GW kurulu rüzgâr enerji kapasitesine sahiptir. Türkiye ise 6,11 GW kurulu rüzgâr enerjisi kapasitesi ile yedinci sırada yer almaktadır [5].



Şekil 2.2 : 2016 Yılı Avrupa Kurulu Rüzgâr Kapasitesinin lkelere Göre Dağılımlı

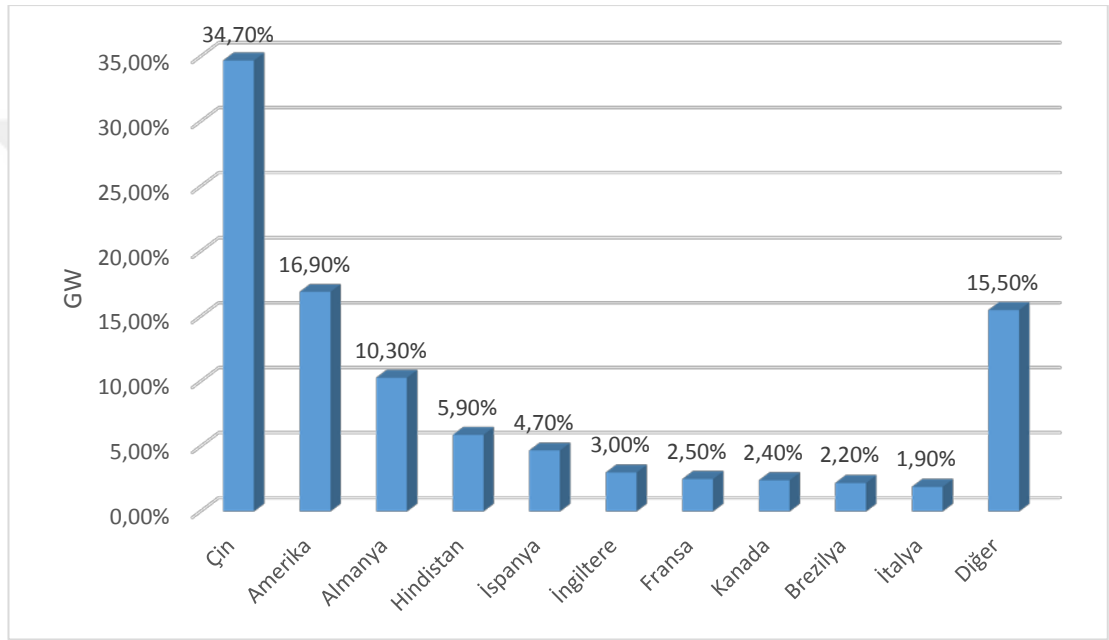
Dünyadaki gelişmeler incelendiğinde rüzgâr enerjisi piyasasında 2001-2016 yıllarında küresel kurulu rüzgâr gücü kapasitesi logaritmik olarak artmıştır. 2016 sonunda belirlenen istatistiklere göre; 2001 yılına bakıldığında dünyadaki kurulu rüzgâr gücü kapasitesi yıllık 6,5 GW seviyesindeyken, 2016 yılı değerlerine bakıldığında bu değer ortalama 10 kat artırılarak bir yılda 54,6 GW seviyesine ulaşmıştır. 2016 yılı küresel rüzgâr istatistiklerine göre, küresel kurulu rüzgâr gücü kapasitesindeki artışın yıllık olarak sürekli artacağı ve logaritmik artışın ivmelenerek devam edeceği düşünülmektedir. Şekil 2.3 te 2016 yılında dünyadaki kurulu rüzgâr enerjisi kapasitesinin yıllık kümülatif dağılımı gösterilmektedir [6].



Şekil 2.3 : Küresel Kurulu Rüzgâr Enerji Kapasitesinin Yıllık Kümülatif Dağılımı

2016 yılı başlangıcı ile kümülatif rüzgâr gücü kapasitesi bağlamında ülkeler değerlendirildiğinde; 168,690 MW lık kapasite ile Çin en büyük enerji payına sahiptir. Dünyadaki enerji sektörüne bakıldığında %35 lik kurulu rüzgâr gücü kapasitesi ile ilk sırada yer almaktadır. Sırasıyla 82,184 MW üretim ile Amerika Birleşik Devletleri ve 50,018 MW üretim ile Almaya gelmektedir. Bu ülkeleri sırasıyla Hindistan 28,700 MW, İspanya 23,074 MW, İngiltere 14,543 MW, Fransa 12,066 MW, Kanada 11,900 MW, Brezilya 10,740 MW ve İtalya 9,257 MW üretim kapasitesi ile takip etmektedir. Türkiye ise 6,110 MW üretim kapasitesi ile sektörde ilk on ülke arasına girememiştir.

2016 istatistikleri incelendiğinde, dünyadaki kümülatif kurulu rüzgâr gücü kapasitesinin %62 lik bölümünü Çin, Amerika ve Almanya'nın kurulu rüzgâr gücü kapasitesi oluşturmaktadır. Küresel pazarda rüzgâr enerji santrallerine yönelik yapılan teşvikler ve yatırım trendleri incelendiğinde 2017 yılı sonu itibari ile küresel rüzgâr enerji sektöründe kümülatif bazda %10 oranında bir artış öngörülmektedir ve 2017 yılı sonuna kadar küresel kurulu rüzgâr enerji kapasitesinin 550 GW seviyesine çıkacağı düşünülmektedir. Şekil 2.4 te 2016 yılına ait küresel pazardaki rüzgâr enerjisi kapasitesi bakımından ilk on ülke gösterilmektedir [6].



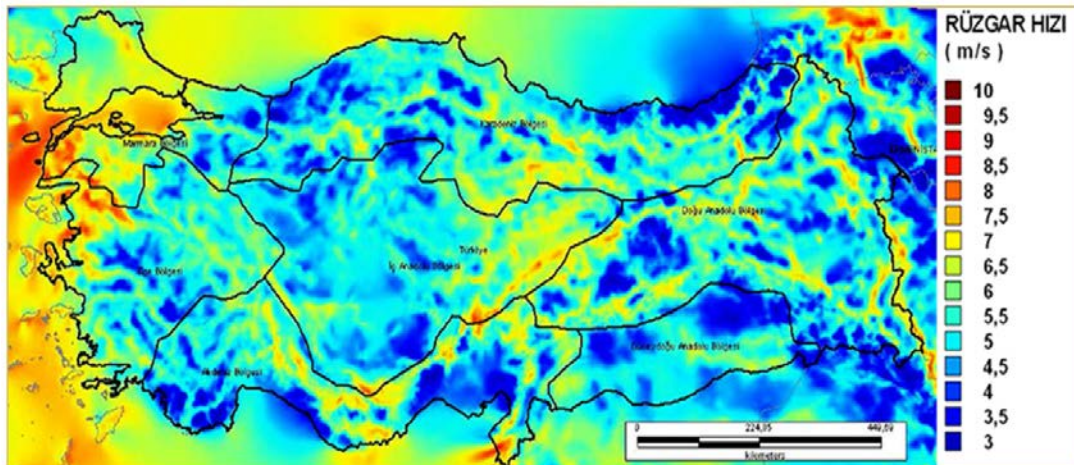
Şekil 2.4 : 2016 Yılı Küresel Rüzgâr Enerjisi Sektöründeki İlk On Ülke

2.2 Türkiye’de Rüzgâr Enerjisi

Toprak ve su yaşamak için ne kadar gerekli ise enerjide kalkınmak için o kadar gereklidir. Türkiye yoğun bir biçimde sosyo-ekonomik olarak kalkınmaya çalışmaktadır. Bu gayretleri hedefe ulaştıracak tek etken enerjidir. Ancak enerji sektörüne yakından baktığımızda hem birincil enerji kaynaklarına hem de elektrik enerjisine çok hızlı talep artışımız olmaktadır. Türkiye birincil enerji kaynaklarının sağlanması bakımından %70 leri aşan bir oranda dışa bağımlı bir ülkedir. İkincil enerji olarak elektrik enerjisi üretiminde de dışa bağımlı olan kaynaklarımız yaklaşık %58 oranındadır. Dışa bağımlılık, hızlı talep artışı, yüksek yatırım gereksinimi enerji sektörümüzün önemli özellikleri olarak kendini göstermektedir.

Yıllık ortalama değerler esas alındığında, Türkiye'nin en iyi rüzgâr kaynağı alanları kıyı şeritleri, yüksek bayırlar ve dağların tepesinde ya da açık alanların yakınında bulunmaktadır. Açık alan yakınındaki en şiddetli yıllık ortalama rüzgâr hızları Türkiye'nin batı kıyıları boyunca, Marmara Denizi çevresinde ve Antakya yakınında küçük bir bölgede meydana gelmektedir. Orta şiddetteki rüzgâr hızına sahip geniş bölgeler ve rüzgâr gücü yoğunluğu Türkiye'nin orta kesimleri boyunca mevcuttur. Türkiye Rüzgâr Santralleri Atlasına göre Marmara Bölgesinde; Balıkesir, İstanbul, Çanakkale, Ege Bölgesinde; İzmir, Manisa, Doğu Akdeniz çevresinde Hatay rüzgâr santrallerinin yoğun olarak yer aldığı illerdir. Yer seviyesinden 50 m yükseklikteki rüzgâr potansiyelleri incelendiğinde Ege, Marmara ve Doğu Akdeniz bölgelerinin yüksek potansiyele sahip olduğu görülmektedir. 7 m/s den büyük rüzgâr hızları göz önüne alınarak Türkiye rüzgâr enerjisi potansiyeli 48.000 MW olarak belirlenmiştir. Şuanda Türkiye, 11 GW mevcut proje stoğu ve ulusal hedefi 2023 yılında 20 GW olan rüzgâr enerjisi kapasitesi ile Avrupa'daki en önemli rüzgâr pazarıdır. Türkiye'nin kendi bölgesinde bir enerji üssü haline gelmiş olması, Türkiye'deki yatırım fırsatlarının şekillenmesinde önemli rol oynayacaktır [7].

Türkiye Rüzgâr Enerjisi Potansiyel Atlası (REPA), Türkiye rüzgâr kaynaklarının karakteristiklerini ve dağılımını belirlemek amacıyla Elektrik İşleri Etüt İdaresi (EİE) tarafından 2006 yılında üretilmiştir. Şekil 2.5 te gösterilen Türkiye rüzgâr enerjisi potansiyeli atlasına göre ülkemizdeki rüzgâr enerjisi kapasitesi 40 GW olarak tahmin edilmektedir [8].



Şekil 2.5 : Türkiye'nin 50 m Seviyesindeki Rüzgâr Haritası

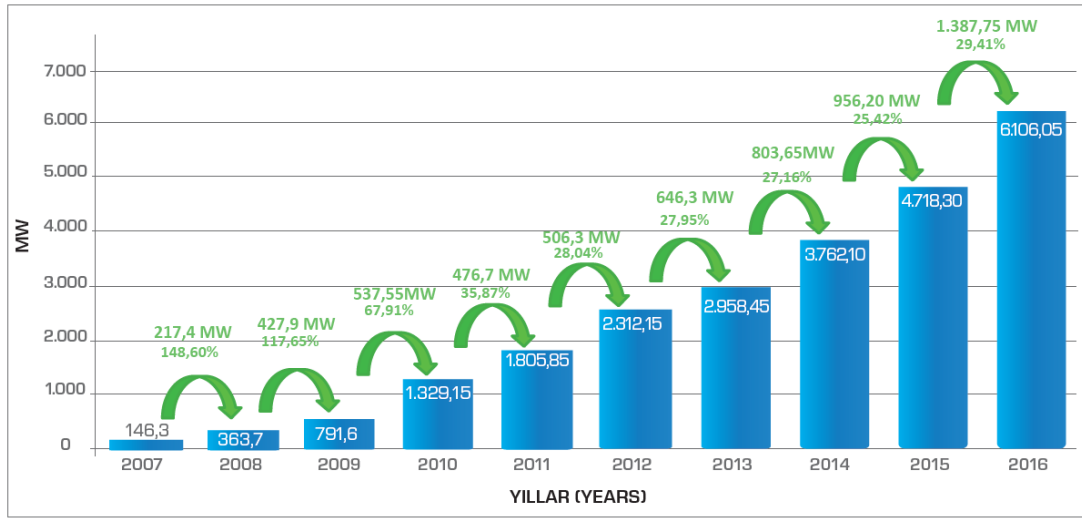
Çizelge 2.1 de bölgelerin ortalama rüzgâr hızları ve ortalama rüzgâr yoğunlukları ele alınmıştır. Buna göre Marmara Bölgesi 3.29 m/s lik yıllık ortalama rüzgâr hızı ve 51.91 W/m² lik yıllık ortalama rüzgâr yoğunluğu ile ilk sırada yer almaktadır. Bölgede ikinci sırayı 2.69 m/s lik yıllık ortalama rüzgâr hızı ve 29.33 W/m² lik rüzgâr yoğunluğu ile Güney Doğu Anadolu Bölgesi almaktadır. Sırası ile Ege Bölgesi, Akdeniz Bölgesi ve Karadeniz Bölgesi gelmektedir. Bölgelerin ortalamalarına bakıldığında ise rüzgâr hızı ortalaması 2.58 m/s ve rüzgâr yoğunluğu ortalaması ise 25.82 olarak görülmektedir [9,10].

Ülkemizdeki rüzgâr enerjisi pazarında yeni enerji santrali kurulumunda inşa halindeki türbinlerin markalara göre dağılımına bakıldığında ise 297,5 MW lık üretim kapasitesi ile Nordex ilk sırada yer almaktadır. Sırasıyla GE 162 MW, SIEMENS 141,6 MW ve VESTAS 128,7 MW lık üretim kapasitesi ile rüzgâr enerji sektöründeki gelişimi devam etmektedir [11].

Çizelge 2.1 : Türkiye’de Bölgelerin Ortalama Rüzgâr Hızı ve Yoğunluğu

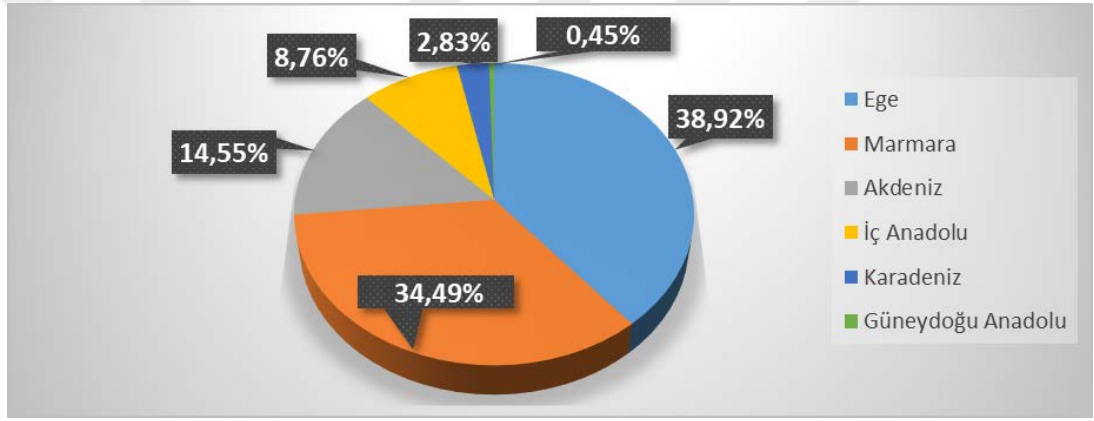
Bölge Adı	Ortalama Rüzgar Hızı(m/s)	Ortalama Rüzgar Yoğunluğu(W/m ²)
Marmara Bölgesi	3.29	51.91
Güneydoğu Anadolu Bölgesi	2.69	29.33
Ege Bölgesi	2.65	23.47
Akdeniz Bölgesi	2.45	21.36
Karadeniz Bölgesi	2.38	21.31
İç Anadolu Bölgesi	2.45	20.14
Doğu Anadolu Bölgesi	2.12	13.19
GENEL	2.58	25.82

Şekil 2.6 da gösterildiği üzere; destek verilen teşvikler sayesinde 2007 yılı döneminde, Türkiye’deki rüzgâr enerji santrallerindeki kurulu kapasite yıllık 146,3 MW seviyesindeyken, bu değer yaklaşık olarak yıllık 700 MW artarak 2016 yılı sonu itibariyle 6.106,05 MW seviyesine kadar çıkarılmıştır. 2016 yılında işletmedeki rüzgâr enerji santralleri sayısı toplamı 152 adet ve inşa halindeki rüzgâr enerji santralleri sayısı ise 35 adet, kurulu gücü ise 861,63 MW olarak bildirilmiştir. İnşa halindeki rüzgâr enerji santrallerindeki artış en çok 2015 yılı Ocak-Temmuz ayları arasında 726,55 MW lık kapasite ile gerçekleşmiştir. Rüzgâr türbinlerinin üretim kapasiteleri 0,85 MW-3,3 MW arasında değişmektedir.



Şekil 2.6 : Türkiye’deki Rüzgâr Enerjisi Santralleri için Kümülatif Kurulum

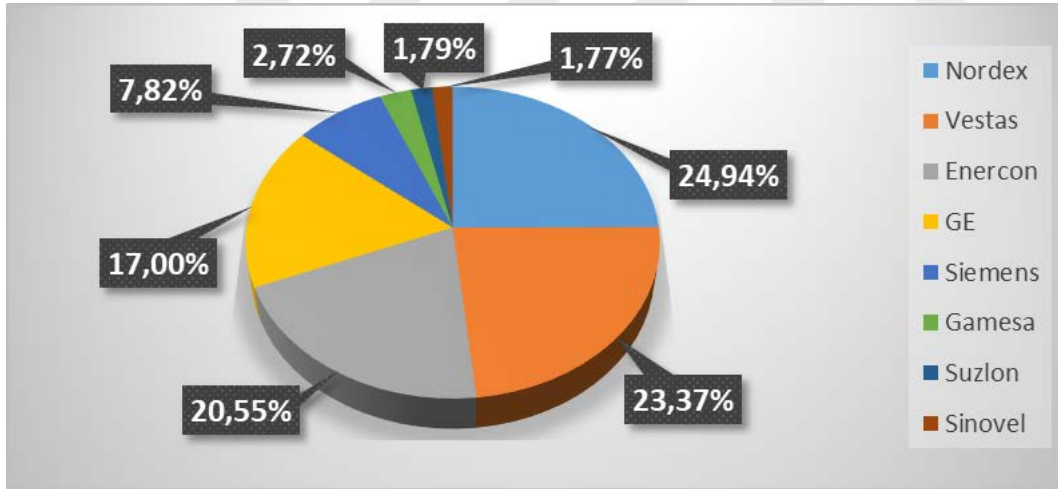
Türkiye'deki rüzgâr enerjisi santrallerinin bölgelere göre dağılımı 2016 yıl sonu itibari ile elde edilen istatistiklere göre Türkiye'deki kurulu rüzgâr gücü kapasitesinin %38,92 si Ege Bölgesi'nde, %34,49 u Marmara Bölgesi'nde, %14,55 i Akdeniz Bölgesi'nde, %8,76 sı İç Anadolu Bölgesi'nde, %2,83 ü Karadeniz Bölgesi'nde ve %0,45 lik bölüm ise Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde olup yıllık ortalama 6.406,05 MW lık elektrik üretim kapasitesine sahiptir. Ege Bölgesi üretim kapasitesi olarak bölgeler arasında ilk sırada yer almaktadır. Sırasıyla Ege Bölgesini 2016 yılı istatistiklerine göre kurulu rüzgâr gücü en fazla olan Marmara Bölgesi ve Akdeniz Bölgesi takip etmektedir. Kurulu rüzgâr gücü kapasitesinin bölgelere göre dağılımı Şekil 2.7 de belirtildiği üzere şekildeki gibi gösterilmektedir [11].



Şekil 2.7 : Türkiye'de İşletmede Olan RES'lerin Bölgelere Göre Dağılımı

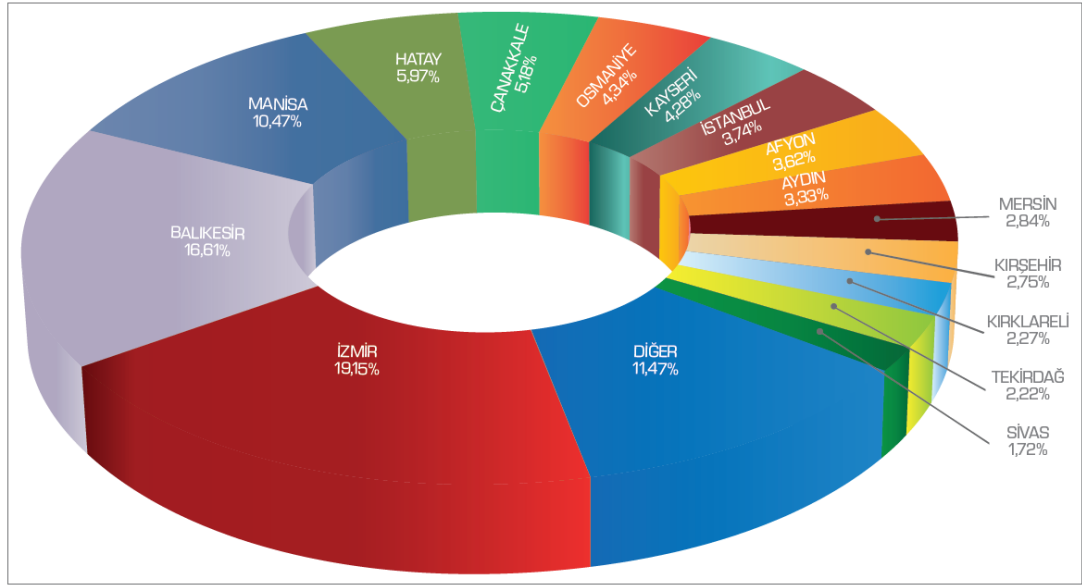
Nordex, Vestas ve Enercon rüzgâr türbinleri endüstrisinde %68.86 lık oranla sektörün lokomotifi durumundadırlar. Sırasıyla GE %17 lik, Siemens ise %7.82 lik oranla dördüncü ve beşinci sırada sektörde yer almaktadırlar [11].

Alman şirketi Siemens rüzgâr türbini imalatını yerli olarak üretebilecek kapasitede olduğu için 3 Ağustos 2017 tarihinde yapılan ihalede rol aldı. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı' nın, 1000 MW lık Rüzgâr Enerjisi Yenilenebilir Enerji Kaynak Alanları (YEKA) ihalesi sekiz adet şirketler birliği katılımı ile yapıldı. İhalede yarışan firma sayısı sekizden ikiye indi. Çinli Mingyang şirketler birliği ile Alman Siemens şirketler birliği yer aldı. En düşük teklif 3,49 dolar cent/KWS ile Alman Siemens verdi. Açık eksiltme usulü ile gerçekleştirilen ihalede 3,48 dolar cent/KWS ile en düşük teklifi veren şirketler birliği Siemens-Türkerler-Kalyon Enerji oldu [24]. Görüldüğü üzere Siemens gelecekte tek başına liderliğe aday bir marka olarak öngörülmektedir. Türkiye'deki rüzgâr enerjisi santrallerinin türbin markalarına göre dağılımı ise 2016 yılı itibari ile elde edilen istatistiklere göre Şekil 2.8 de gösterilmektedir [11].



Şekil 2.8 : Türkiye'de İşletmedeki RES'lerin Türbin Markalarına Göre Dağılımı

Türkiye’deki kurulu rüzgâr gücü kapasitesinin illere göre dağılımına bakıldığında ise, 2016 yılı sonunda tespit edilen istatistiklerde İzmir, Türkiye’deki kurulu rüzgâr enerji kapasitesinin %19,15 lik kısmına sahiptir. 2016 yılında Balıkesir ise toplam rüzgâr gücü kapasitesini %16,61 seviyesine çıkartarak ikinci büyük elektrik üretimi yapılan ilimiz olmaktadır. 2016 yılında İzmir’de bulunan rüzgâr türbini santrallerinden 1.169,4 MW, Balıkesir’de bulunan rüzgâr enerji santrallerinden 1.014,45 MW ve Manisa’da yer alan rüzgâr enerji santrallerinden de 639,15 MW lık üretim yapılmıştır. İzmir, Balıkesir, Manisa ve Hatay’ın yıllık toplam üretim kapasitesi %52.2 lik bir bölümü oluşturduğundan Türkiye’nin rüzgâr enerjisi kapasitesi bakımından lokomotif il olma görevini üstlenmektedirler. Şekil 2.9 da rüzgâr enerji kapasitesinin illere göre dağılımı istatistiksel olarak gösterilmektedir [11].



Şekil 2.9 : Türkiye’de İşletmedeki RES’lerin İllere Göre Dağılımı



3. RÜZGÂR TÜRBİNLERİNİN İNŞASI, BİLEŞENLERİ, YAPISI VE ÇALIŞMA PRENSİBİ

Güneş ışınlarının yere asimetric açılar ile düşmesi yer kabuğunun bölgesel olarak az ya da çok ısınmasına neden olmaktadır. Yer yüzeyinin farklı ısınması, havanın sıcaklığının, neminin ve basıncının da farklılaşmasına, bu farklı basınç etkisi de havanın hareketine neden olmaktadır. Dünyaya ulaşan güneş enerjisinin yaklaşık %2 si kadarı rüzgâr enerjisine çevrilmektedir. Rüzgâr türbinleri, rüzgâr enerji santrallerinin ana yapı elemanı olup hareket halindeki havanın kinetik enerjisini öncelikle mekanik enerjiye ve sonrasında elektrik enerjisine dönüştüren makinelerdir [3].

3.1 Rüzgâr Türbinlerinin İnşası

Rüzgâr enerji tesislerinin inşaatları, tesis kurulum maliyetleri açısından önemli pay tutmaktadır. Kule ve temeller, inşaat süreci içinde en önemli iş kalemleri arasında yer almaktadır. Teknolojinin gelişmesiyle birlikte, kule yüksekliklerinin ve kanat çaplarının 120 metre olması ve kanatların dinamik yükleme - boşaltma karakteristiği, kule ve temel yapılarını, yapı mühendisliği açısından kritik ve özel yapılar sınıfına sokmaktadır. Türbin kulesi (tower), makine dairesi (nacelle) ve rotor'un doğrudan bağlandığı, yükseklikleri 70 - 120 metre arasında değişebilen özel yapılardır. Boru kesitli çelik kule, kafes sistem örgü çelik kule, betonarme ve çelikten oluşan kule veya salt betonarme kuleler uygulamada yer bulmuş kule tipleridir. Her bir kule tipinin malzeme ekonomisi, sevkiyat, montaj, bakım ve estetik yönlerden artı ve eksileri değerlendirilmektedir. Rüzgâr türbin temelleri, üst yapı yüklerini zemine güvenle aktarması gereken özel yapılardır. Türbin temelleri standart bir yapı temeli olmayıp, kulenin hizmet ömrü ortalama 25 yıl boyunca milyonlarca defa dış zorlamalara ve yorulma etkilerine maruz kalacak özel bir temeldir. Temelin maruz kaldığı yüklerin dinamik karakteristikte olması, yüksek moment ve düşey yük oranı ve 25 yıl boyunca temelden beklenen üst düzey yorulma dayanımının sağlanması, bu yapıyı standart temel yapılarından ayırmaktadır [12].

Temel tasarımı ve uygulamasında yapılacak hatalar, işletme aşamasında giderilmesi oldukça maliyetli yapısal çatlak ve dayanım yetersizliklerine neden olacak, daha ileri durumlarda göçme düzeyinde stabilite kaybı (kayma - devrilme) ile karşılaşılacaktır. En sık kullanılan karasal rüzgâr türbini temel tipleri, yüzeysel plak, grup kazıklı, kaya ankrajlı ve tekil kazıklı temel sistemleridir. Temeller, donatı çeliği ve yüksek dayanımlı betondan oluşturulmaktadır. Şekil 3.1 de rüzgâr türbini inşası sırasında çekilmiş örnek fotoğrafa yer verilmektedir [12].



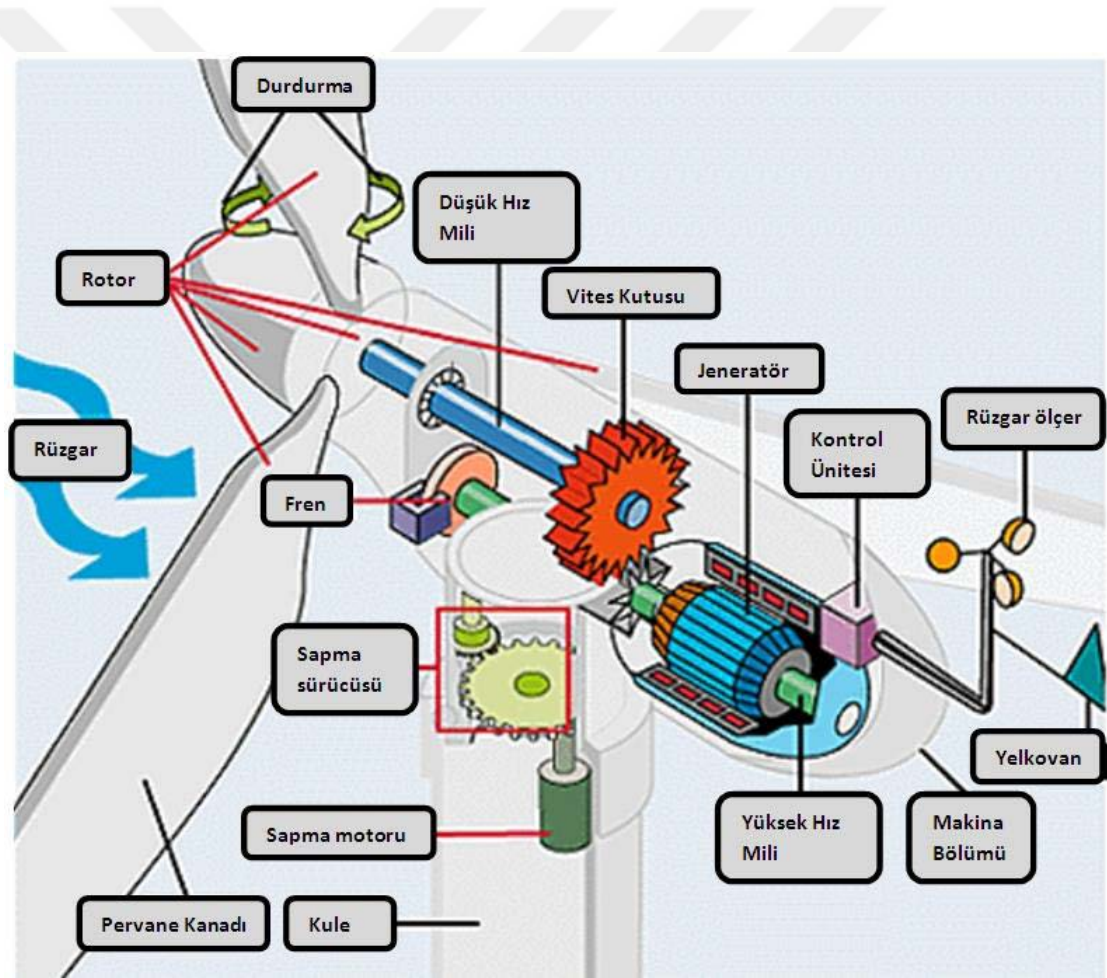
Şekil 3.1 : Rüzgâr Türbinleri Betonarme Temel İnşası

3.2 Rüzgâr Türbinlerinin Bileşenleri

Günümüzde üretilen rüzgâr türbinlerinin gövde kısmını meydana getiren kule; türbin kaynaklı oluşan gürültünün önlenmesi için gereken yalıtım özelliği sağlanarak tasarlanmaktadır. Kule tasarımları genel olarak kafes ya da boru tipi olarak imal edilmektedir.

Modern olarak tasarlanan kule yapısı; silindirik kesitli boru yapısına sahip olmakla birlikte gri renkte boyanarak kullanıma sunulmaktadır. Rüzgâr türbinleri, etrafında yer alan arazi koşulları göz önüne alınarak yeterli yükseklikte bir kule üzerine sağlam bir zemine yerleştirilmektedir. Bunun en önemli sebebi ise rüzgâr hız karakteristiğinin kararlı olmasını sağlamaktır. Türbini oluşturan makine dairesi(nacelle), kanat(blade) kısımlarının bağlı olduğu bölüm(hub)' ün de dâhil olduğu yapının tümü olarak ifade edilen kısım ise rotor' u oluşturmaktadır.

Türbin kanat tasarımları ise, polyester zincir yapısı kullanılarak desteklenen fiberglas ya da epoksi reçine ile kaplanmış olup fiber karbon destekli, çelik iskelet yapısına sahiptir. Şekil 3.2 de modern zamanda kullanılan üç kanatlı rüzgâr türbininin oluştuğu bileşenler gösterilmektedir [13].



Şekil 3.2 : Modern Üç Kanatlı Rüzgâr Türbinlerinin Yapı Elemanları

Makine dairesi üzerinde yer alan rüzgâr ölçer(anemometre) ile rüzgârın hız tespiti ve yön tespiti yapılmaktadır. Elde edilen bilgi kontrol ünitesine iletilmektedir. Rüzgâr hızındaki belirli değişimlere göre sistemi hareketsiz konuma getiren(cut-out) ya da sisteme tekrar hareket kazandıran(cut-in) yapı elemanı ise kontrol ünitesidir. Kontrol ünitesi, rüzgâr hızının 3,5 m/s den yüksek olması durumunda rüzgâr ölçerden elde edilen elektronik sinyalleri kullanarak sisteme hareket komutu göndermektedir. Rüzgâr hızının 25 m/s den yüksek olması durumunda ise sisteme durdurma komutu göndererek türbin yapısında oluşabilecek aerodinamik problemleri engellemektedir [13].

3.3 Rüzgâr Türbinlerinin Yapısı ve Çalışma Prensibi

Rüzgâr türbinleri, döndükleri eksen doğrultusunda düşey eksenli ya da yatay eksenli olmak üzere iki sınıfa ayrılmaktadır. Modern dönemde yaygın olarak kullanılmakta olan rüzgâr türbin tipi yatay eksene sahip rüzgâr türbinleridir. Bu tip rüzgâr türbinlerinde dönme eksen doğrultusu rüzgâr yönüne paraleldir. Kanatları ise rüzgâr yönüne dik gelecek şekilde tasarlanmış bir yapıya sahiptir. Yatay eksenli rüzgâr türbinleri tek, çift ya da çok kanatlı olmak üzere farklı tiplerde tasarlanmaktadır. Türbinler, rüzgârın geliş doğrultusunda kule ile olan çarpışma konumuna göre rüzgârın rotora direkt çarpması ile oluşan ileri veya ön cephe rüzgârlı, rüzgârın rotora kuleden dönen etki sebebiyle dolaylı olarak çarpması ile oluşan geri veya arka cephe rüzgârlı rüzgâr türbinleri olarak adlandırılırlar. Dönme eksenini düşey olarak tasarlanmış rüzgâr türbinlerinde ise dönme eksen doğrultusu rüzgâr yönüne dik ve düşey konumdadır. Kanatları ise rüzgâr yönüne düşey gelecek şekilde tasarlanmış bir yapıya sahiptir. Bu tip eksene sahip olan rüzgâr türbinlerinde aksine rüzgârın doğrultusu değiştiğinde yatay eksene sahip rüzgâr türbinlerinden farklı olarak kanat pozisyonunda rüzgâra göre pozisyon değişimi gözlenmemektedir.

Modern rüzgâr türbinleri, maksimum verim alarak elektrik üretimi yapabilen; genellikle üç kanatlı, rüzgâr dönme doğrultusu yatay eksenli ve rotor' a direkt olarak rüzgâr alan ön cephe rüzgârlı rüzgâr türbinleri olarak bilinmektedir.

Yatay eksenli rüzgâr türbinlerinde hareketin başlayabilmesi için kanat konumlarının rüzgâr dönme doğrultusuna dik gelecek biçimde konumlandırılması gerekmektedir. Yelkovan, makina dairesinde yer alan ve rüzgâr yönündeki değişimleri devamlı olarak kayıt altına almaktadır. Elde edilen bu bilgilerin sapma sürücüsüne iletilmesi ile rüzgâr türbininin sürekli olarak her değişimde rüzgâr doğrultusuna dik bir konumda dönüş yapması sağlanmaktadır.

Sapma sürücüne iletilen yön bilgileri bilgisayar vasıtasıyla otomatik olarak kayıt edilmektedir. Yapılan kayıtlar doğrultusunda elde edilen grafikteki rüzgâr yönü değişimi durduğunda bütünleşmiş bilgisayarın görevi, sapma motorunu hareketlendirip sapma sürücüsünü kullanarak türbin kanatlarını rüzgârın esme doğrultusuna dik olacak şekilde konumlandırmasını sağlamaktadır.

Rüzgârın oluşturduğu kinetik enerji türbin kanatlarını hareketlendirdiğinde rotor da harekete geçmektedir. Düşük hız mili, kanat hızına göre rüzgârın esme yönüne dik bir şekilde döndürülen türbin kanatları döndüğünde bir dakika içerisinde minimum 30, maksimum 60 devir dönecek şekilde hareket etmektedir. Vites kutusuna yerleştirilmiş olan düşük hız mili, bağlandığı dişli vasıtasıyla eş zamanlı olarak hareket ederek yüksek hız milini de harekete geçirmektedir. Dakikadaki devir sayısı vites kutusu içerisinde yer alan bu sistem sayesinde, 1000 ile 1800 devir yapacak şekilde hızlanmaktadır. Yüksek hız milinde elde edilen mekanik enerji jeneratör vasıtasıyla alternatif akıma dönüştürülerek transformatöre iletilmektedir. Transformatörün görevi ise üretilen elektrik enerjisinin belirlenen voltaj seviyesine çıkarılarak kablolar aracılığıyla toplama merkezine iletmektir. Rüzgârın kinetik enerjisi kullanılarak elektrik enerjisi üretimi bu şekilde yapılmaktadır.

Makine dairesinde yer alan önemli yapı elemanlarından bir diğeri de frenlerdir. Güvenlik noktasında kanatların yüksek hızlarda dönmesini engelleyerek rüzgâr türbinlerinde yaşanabilecek olası aerodinamik hasarları engellemektedir. Modern rüzgâr türbinlerinde, elektrik enerjisi üretiminin başlayabilmesi için yeterli rüzgâr hızına ihtiyaç duyulmaktadır. Hareket için gerekli olan rüzgâr hızının altındaki aerodinamik sistem çalışmamaktadır. Sistemden kazanılan güç, maksimum değerine her rüzgâr türbininde farklı olarak belirlenen rüzgâr hızı aralığında ulaşmaktadır. Kazanılan maksimum güç aynı zamanda nominal güç ve maksimum gücün elde edildiği rüzgâr hızı ise nominal hız olarak adlandırılmaktadır. Nominal hız değerini aşan rüzgâr hızı tespit edildiğinde sistemden kazanılacak olan maksimum güç nominal güce denk olmaktadır. Belirlenen rüzgâr hızı aşıldığında rüzgâr türbinlerinin aerodinamik yapısının bozulmaması için rüzgâr türbinleri durma konumuna otomatik olarak geçirilmektedir. Bu durum sitemde cut-out olarak adlandırılmaktadır. Modern rüzgâr türbinleri, harekete başlama ve hareketi durdurma hız evrelerinde enerji üretebilmektedir. Sonuç olarak, günümüzde rüzgâr enerji santrallerindeki modern türbinlerin harekete başlama hızı 3-4 m/s, maksimum verimlik hızı 11-15 m/s ve hareketi durdurma hızı ise 25-30 m/s arasında değişebilmektedir [13].

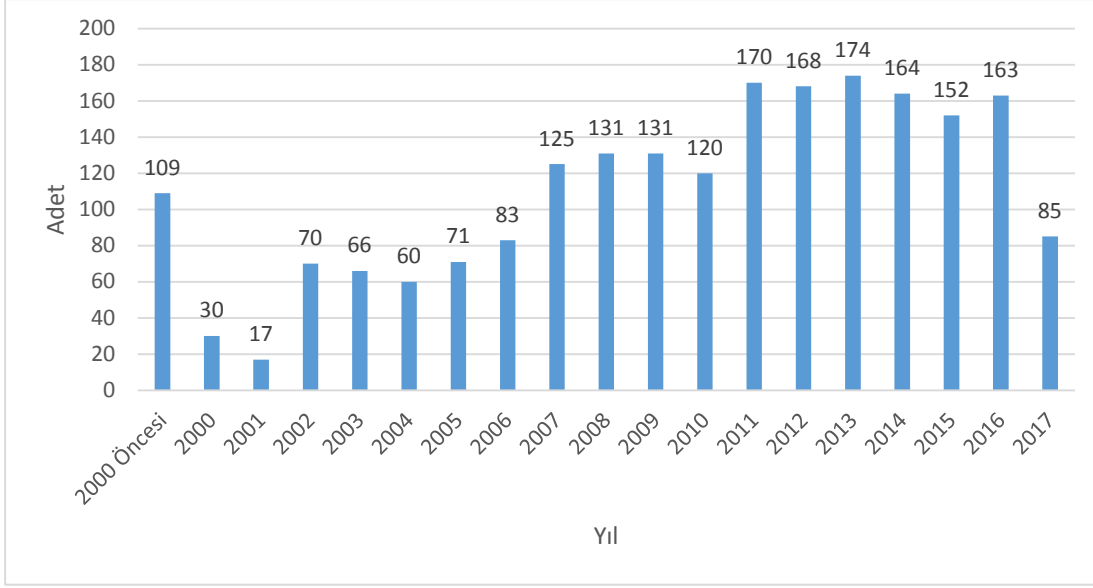


4. RÜZGÂR TÜRBİNLERİNDE OLAY BİLDİRİM İSTATİSTİKLERİ

Birçok üretim sektöründe sıklıkla görülmeyen ağır hava şartlarındaki merkezi yerleşimlerden uzak çalışma alanlarında rüzgâr enerjisi sektörüne özel bir dizi riskler bulunmaktadır. Dolayısıyla, bu sektörde iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili riskler genellikle diğer üretim sektörlerindeki risk faktörlerinden temel olarak farklılık göstermektedir. The Caithness Wind Farm Information Forum (CWIF) çalışma raporuna göre; rüzgâr enerji santrallerinde küresel çapta gerçekleşen yaralanmalı ya da ölümlü iş kazası ve meslek hastalıkları ile ilgili olay bildirimlerinin resmi ya da resmi olmayan fakat medya aracılığı ile tespit edilen iş kazaları kayıt altına alınmıştır. Yaşanan bu olay bildirimleri nedenlerine göre incelenip detaylı analizler yapılmıştır [14,15-17].

CWIF, 31 Aralık 2017 tarihine kadar yayınlanan iş kazalarının en kapsamlısının kendilerine ait olduğuna inanmaktadır. Bununla birlikte bu istatistiklerin buz dağının görünen yüzü olduğunu da ifade etmektedir. 11 Aralık 2011 tarihinde Daily Telegraph' ın raporladığı ve RenewableUK' nin onayladığı 1500 adet iş kazası son 5 yıl içerisinde gerçekleşmiştir. 2006-2010 yılları arasında ise İngiltere' de 142 adet iş kazası olmuştur. Dolayısıyla burada verilen rakamlar fiili kazaların sadece %9 unu oluşturmaktadır [14].

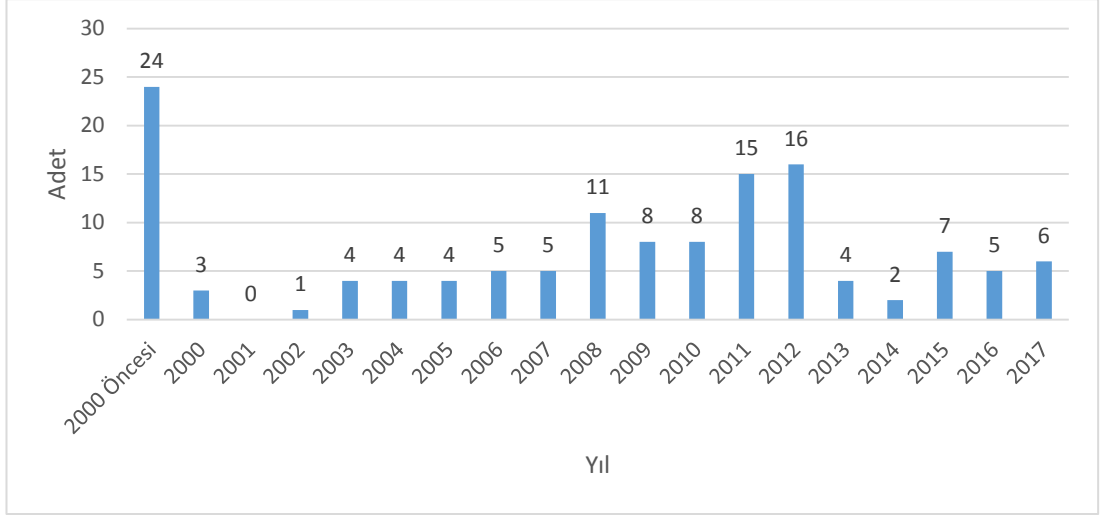
Yaşanmış ve yaşanacak olan iş kazalarının kaza türlerinin belirlenebilmesi ancak elde edilen veriler aracılığıyla analiz edilebilir ve mükemmel bir sonuca varılabilir. Birkaç istisna dışında 1997 yılı öncesine ait ölümcül kaza verilerine ulaşılmıştır. Rüzgâr türbinlerinin gelişen teknoloji ile artış göstermesi ile birlikte daha fazla iş kazasının rapor edildiği gözlemlenmiştir. 1998–2002 yılları arasında ortalama her yıl 33 adet kaza ve olay bildirimleri yapılmaktadır. 2003–2007 yılları arasına bakıldığında her yıl ortalama 81 olay bildirimleri, 2008 – 2012 yılları arasında her yıl ortalama 144 olay bildirimleri ve 2013 - 2017 yılları arasında ise yıllık ortalama 167 adet iş kazası ve olay bildirimleri rapor edilmiştir [14]. Şekil 4.1 de dünya genelindeki olay bildirimlerinin yıllara göre dağılımı gösterilmektedir.



Şekil 4.1 : Dünya Geneline Olay Bildirim İstatistikleri

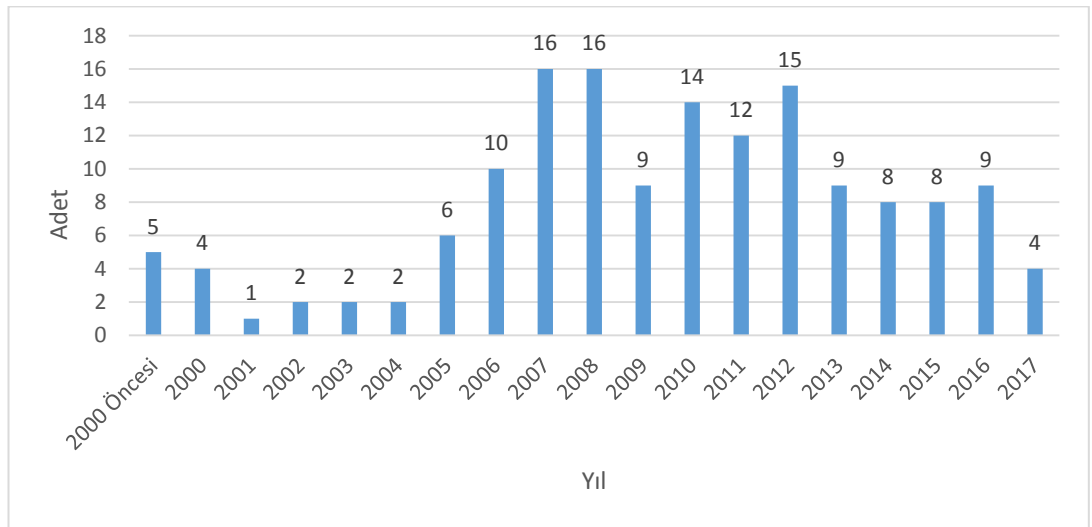
Haziran 2014 Finnish Ministry of Health (FMH) raporuna göre birçok ülke toplum sağlığı ve güvenliği riski dolayısıyla rüzgâr türbinlerini şehir merkezlerinden en az 2 km kadar uzakta inşa edilmesini dikkate değer görmüştür. İskoçya'nın ise bu mesafeyi 2 km den 2.5 km ye taşıdığı görülmektedir. Renewable Energy Insurance Coverage (GCube) raporuna göre, Haziran 2015 te yaklaşık olarak 3800 adet kanat hasarı ve 50 adet rüzgâr türbini yangını tespit edilmiştir [14].

Yaşanan iş kazalarının sonuçları göz önüne alındığında, 2000-2017 yılları arında gerçekleşen 2089 adet iş kazasının 132 adedi ölümcül kaza olarak kaydedilmiştir. Grafikteki değerler incelendiğinde, en çok ölümlü iş kazası 2011 ve 2012 yılları arasında gerçekleşmiştir. Rüzgâr enerji santrallerinde iki yıl içerisinde kayıt edilen ölümlü iş kazaları toplamı 31 adet bildirilmiştir. 179 ölümcül olaydan 108 adet iş kazası rüzgâr endüstrisinde çalışan ve destek veren sürücülük, yapı, bakım ve mühendislik işlemleri yapan çalışanlar tarafından gerçekleştirilmiştir. 71 adet ölümcül olay bildirimini ise dolaylı olarak toplumsal olaylarda gerçekleşmiştir. Örneğin; nakliye işlemleri sırasında gerçekleşen kazalar, diğer bir örnekte ise, Brezilya da Mayıs 2014 te sadece bir ölümcül kazada 17 otobüs yolcusu can vermiştir. Dünya çapında geçen on yedi yıl boyunca rüzgâr enerji santrallerinde gerçekleşen ölümlü iş kazası istatistiklerinin yıllık değişimi Şekil 4.2 de ifade edilmektedir [14].



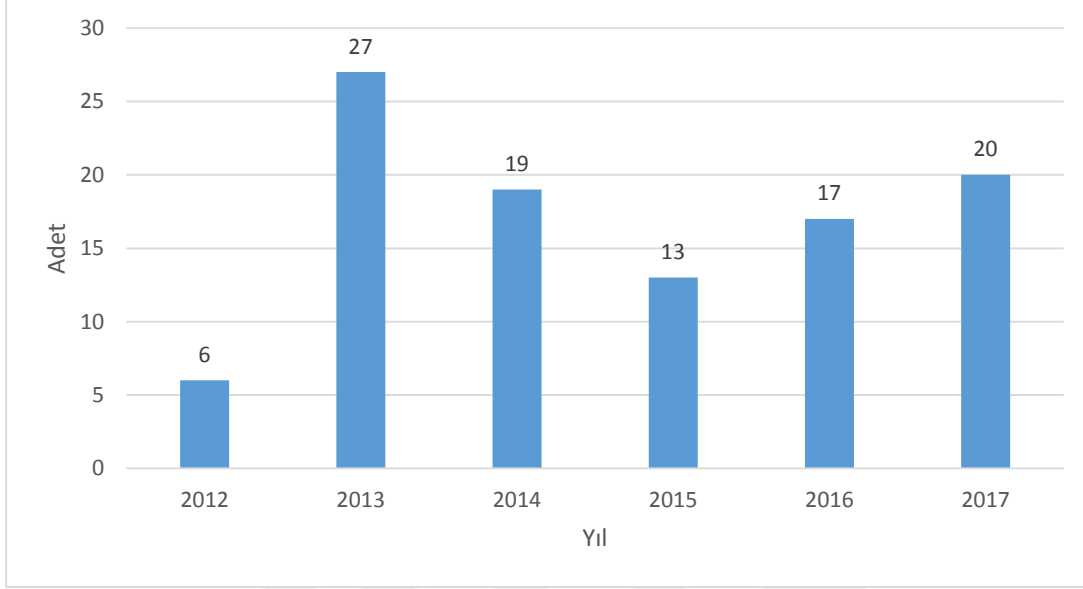
Şekil 4.2 : Küresel Rüzgâr Enerjisi Sektöründeki Ölümlü İş Kazaları

Rüzgâr endüstrisinde 152 adet iş kazası süresince yapı ve bakım işlerinde görevli personelden 168 adet yaralanma vakası görülmüştür. Doğrudan rüzgâr endüstrisiyle alakalı olmayan 74 adet personel kavga, nakliye ya da sürücü hatası gibi durumlardan kaynaklanan yaralanmalara maruz kalmıştır. Bu personelin sekiz adedi ise İngiltere vatandaşı olduğu kayıtlara geçmiştir. Şekil 4.3 te dünya genelinde gerçekleşen yaralanmalı olay bildirimlerinin yıllara göre dağılımı gösterilmektedir [14].



Şekil 4.3 : Küresel Rüzgâr Enerjisi Sektöründeki Yaralanmalı İş Kazaları

Şekil 4.4 te ise dünya genelinde gerçekleşen meslek hastalıkları bildirimlerinin yıllara göre dağılımı gösterilmektedir [14].



Şekil 4.4 : Dünyadaki Rüzgâr Enerjisi Sektöründe Meslek Hastalıkları Vakaları

Rüzgâr enerji santrallerinde 2012 ile 2013 yılları arasında bildirilen meslek hastalıklarının yıllık dağılım grafikte gösterilmektedir. Grafikteki değerler incelendiğinde, 2012 ve 2013 yılları arasında gerçekleşen meslek hastalıkları 2012 yılı süresince belirlenen meslek hastalıklarından yaklaşık 5 kat daha fazladır. Meslek hastalıkları olay bildirimleri en çok 2013 yılı süresince gerçekleşmiştir. 2012-2017 yılları arasında gerçekleşen ortalama meslek hastalığı bildirimini ise 17 olarak hesaplanmıştır. Rüzgâr enerji sektöründeki meslek hastalıkları, 2012 yılından itibaren kayıt altına alınan kalıcı hastalığa neden olabilecek türbin sesi nedeniyle oluşan duyu kaybı, ışık titremesi nedeniyle gerçekleşen kanser vakaları, uzun süre ergonomik olmayan postürde çalışılması sebebiyle kas-iskelet sistemi problemleri ve kimyasal maruziyeti sebebiyle oluşan cilt hastalıkları örnek olarak gösterilmiştir [14].

Rüzgâr enerji santrallerinin meslek hastalıkları içerisinde insan sağlığını derinden etkileyecek en önemli etkisi ise duyma sınırı altında yaydığı titreşimlerdir. Bu durum çalışan personelin dışında çevredeki yerleşim merkezlerinde yaşayan insanları da farkında olmadan etkilemektedir.

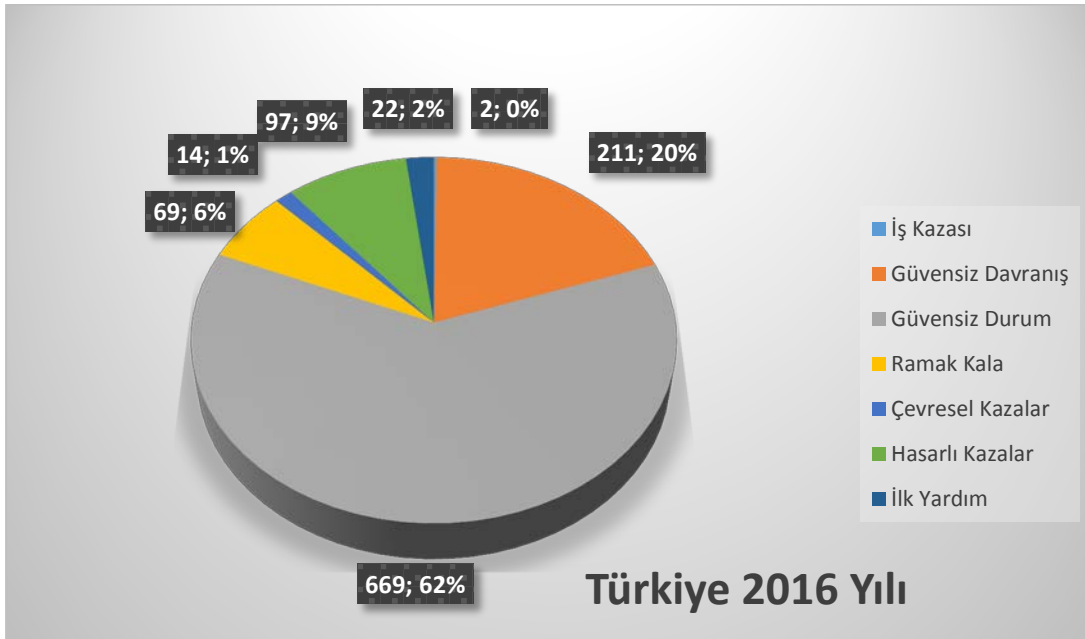
Danimarkalı vizon üreticisi Kaj Bank Olesen 6 Aralık 2013 tarihinde çiftliğindeki vizonların kafeste iken birbirlerini ısırıklarını görmüştür. Olay üzerine Olesen' in veterineri polisi arayarak rüzgâr santrallerinin kapatılmasını istemiştir. Çünkü türbinlerin duyma sınırının altında hayvanları çıldırtan ses titreşimleri oluşturduğu tespit edilmişti [23].

Sonuç olarak, rüzgâr enerji santralleri bilinenin aksine çok daha tehlikeli olabilir. Bu nedenle iş kazaları ve meslek hastalıkları adına daha detaylı araştırma yapılmalıdır.



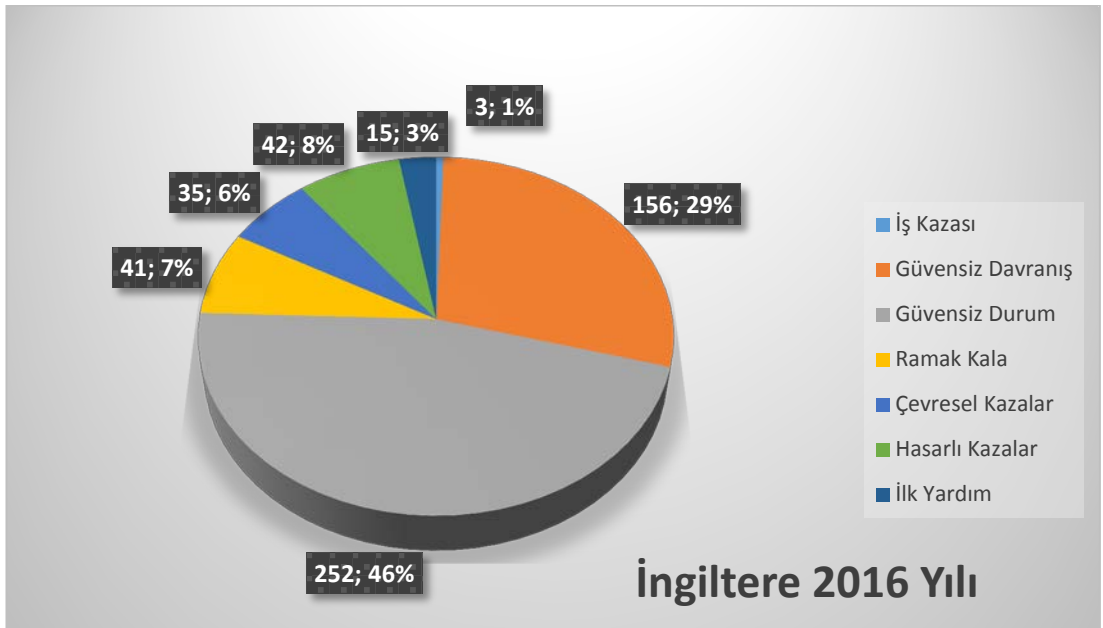
4.1 Türkiye Rüzgâr Enerjisi Olay Bildirim İstatistikleri ve Diğer Ülkeler İle Karşılaştırılması

Türkiye 2016 yılı istatistiklerine göre tespit edilen 1084 adet olay bildirim vakası belirlenmiştir. Bu vakalar iş kazası, güvensiz davranış, güvensiz durum, ramak kala, çevresel kaza, hasarlı kaza ve ilk yardım olarak kategorize edilen ve en çok karşılaşılan vaka türleri olarak belirlenmiştir. Yapılan olay bildirimlerine bakıldığında güvensiz durum tek başına %62 lik bir orana sahiptir. Güvensiz davranış ise %20 lik oranla ikinci sırada yer almaktadır. Güvensiz durum ve güvensiz davranış toplamda % 82 lik bir orana denk gelmektedir ki eğer bu iki vakanın insan kaynaklı olarak gerçekleştiği düşünülürse çalışan personelin aldığı eğitim standartlarının yükseltilmesi ya da eğitim saatleri artırılarak daha kalifiye personel yetiştirilmesi için gerekli önlemlerin alınması ile vaka sayısının düşürülebileceği öngörülmüştür. Bu vakalara takiben hasarlı kazalar da %9 luk oranla en çok karşılaşılan üçüncü vaka olarak öne geçmektedir. Rüzgâr türbinlerini oluşturan yapı elemanlarını inşaat sahasına taşınırken parçaların her biri çok büyük olduğu için taşıma işlemi genellikle tek tek yapılmaktadır. Taşıma esnasında meydana gelen mevcut riskler, demonte parça ağırlıkları ve boyutlarının çok büyük olması nedeniyle artmaktadır. Şekil 4.5 te yaşanan kazaların vakalara göre dağılımı gösterilmektedir [11].



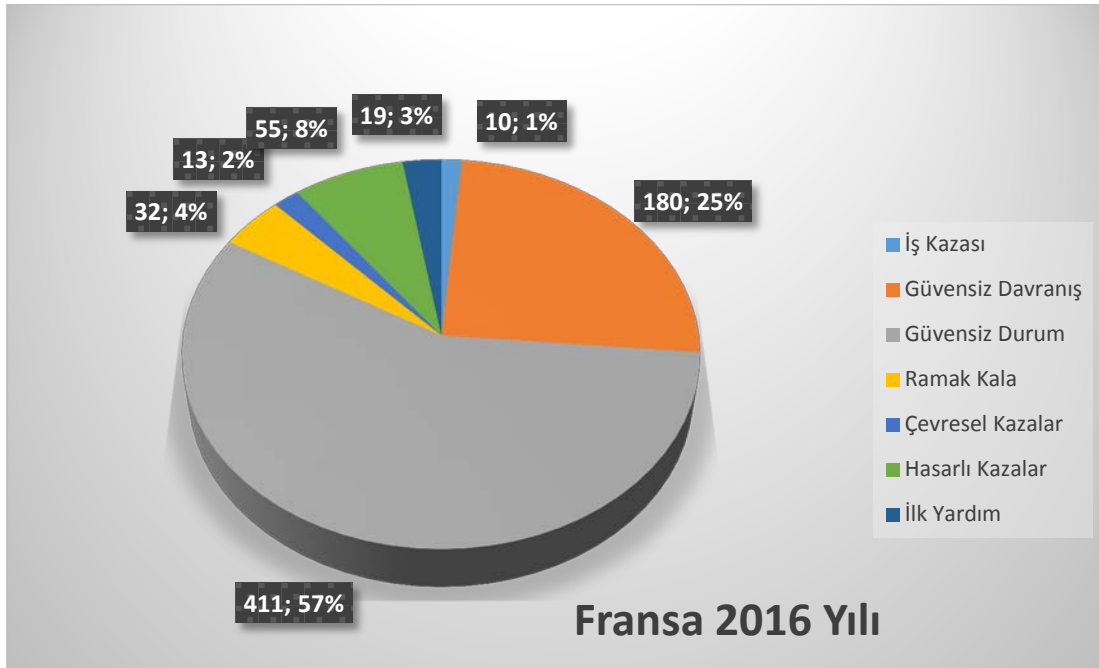
Şekil 4.5 : Türkiye 2016 Yılı Olay Bildirim İstatistikleri

2016 yılı İngiltere istatistiklerine bakıldığında güvensiz durum %46 ve güvensiz davranış %29 lik oranla toplamda %75 lik bir oranla diğer vakaların toplamından daha fazla olarak bildirilmiştir. Ülkelerin gelişmişlik seviyelerine ve iş sağlığı ve güvenliği alanında kurumsallaşmaları ülkemize göre vaka oranlarını düşürdükleri gözlemlenmiştir. Fakat İngiltere'nin dahi, daha çok insan kaynaklı gerçekleşen bu vakalar konusunda henüz istenilen seviyeye ulaşamadığı söylenebilmektedir. İngiltere'de hasarlı kazalar, ramak kala ve çevresel kazaların sırasıyla %8, %7 ve %6 lık oranlarla olay bildirimlerinde bulunduğu tespit edilmiştir. Vaka oranları birçok parametreye bağlı olarak değişebilmektedir. Örnek olarak; personelin uzun süre yük altında çalışması ile yüksekte parça düşmesi, vardiyalı olarak çalışan personelin uyku düzeni problemi yaşamaması ve beslenme bozukluğu yaşamaması, çok uzun süre çalışan personelin ise yüksekte çalışmalar da yoğunlaşma problemi nedeniyle yüksekte düşme gibi iş kazalarının olay bildiriminde yer aldığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte personelin bilinçsizce güvensiz davranış sergilemesi sonucu da birçok iş kazasına rastlanmaktadır. Örnek verilecek olursa, personelin yüksekte çalışma eğitimi almadan kuleye tırmanması, kulede çalışırken emniyet kemeri kullanmaması, işe uygun olmayan donanım kullanması, makine dairesinde sigara kullanımı gibi güvensiz davranışlarda bulunduğu kayıt altına alınmıştır. Şekil 4.6 da İngiltere'deki 2016 yılı olay bildirimleri dağılımı gösterilmektedir [11].



Şekil 4.6 : İngiltere 2016 Yılı Olay Bildirim İstatistikleri

2016 yılı Fransa istatistiklerine bakıldığında ise yine güvensiz durum %57 ve güvensiz davranış %25 lik oranla toplamda %82 lik bir oranla diğer vakaların toplamından daha fazla olarak bildirilmiştir. Fransa’da da, daha çok insan kaynaklı gerçekleşen bu vakalar konusunda henüz istenilen seviyeye ulaşamadığı söylenebilmektedir. Fransa’da hasarlı kazaların %8 lik oranla üçüncü büyük vaka çeşidi olarak rol aldığı söylenilebilmektedir. Ramak kala ve ilk yardım gerektiren kazalar ve çevresel kazalar ile ilgili olarak sırasıyla %4, %3 ve 2 lik oranlarla olay bildirimlerinde bulunduğu tespit edilmiştir. Fransa’da özellikle güvensiz durum vakalarına sık rastlanmaktadır. Bununla ilgili olarak personele yönelik eğitim süreleri artırılarak yapılan seminerlerin standartının artırılması öngörülmüştür. Çalışanların günlük 8 saat çalışma limitini aşmamaları, yüksekte çalışan personelin sağlık durumunun sorgulanması, kulede çalışan personelin beslenme durumunun sorgulanması, kule üzerinde çalışma yapan personelin düzenli olarak dinlenmesi, personelin belirlenen prosedür içerisinde hareket etmesi, kule üzerindeki aksiyonlar esnasında dikkati bozabilecek araç-gereç kullanılmaması gibi birçok konuda personelin bilinçlendirilmesi gerektiği söylenmiş olup bu şekilde güvensiz durum ve davranış olay bildirimlerinin düşürülmesi amaçlanmaktadır. Şekil 4.7 de Fransa’daki 2016 yılı olay bildirimleri dağılımı gösterilmektedir [11].



Şekil 4.7 : Fransa 2016 Yılı Olay Bildirim İstatistikleri

4.2 Türkiye'deki Rüzgâr Enerjisi Santrallerinde Yapılan Olay Bildirimlerinin Her Prosesteki İstatistikleri

Bu bölümde literatürden elde edilen bilgiler neticesinde rüzgâr türbinlerinin temel inşaatı, türbin bileşenlerinin sevkiyatı, türbin montajı, türbinin devreye alınması ve bakım süreçlerinde yapılan olay bildirimlerinin her bir proseste ne kadar vaka yaşandığı istatistiksel olarak tespit edilmiştir.

Türbin temel inşaatında yapılan olay bildirimlerinde; düşme, parça fırlatılması ile yaralanma, yükün devrilmesi gibi olay bildirimleri yapılmaktadır. Türbin bileşenlerinin sevkiyatında; sevk edilen parçaların çok büyük ve ağır olması nedeniyle sevkiyat yapılırken yük taşıyan araçta devrilme gözlenmesi, yükün araca konulması ya da indirilmesi sırasında yük bağlantılarının doğru yapılmaması sonucunda yükün devrilmesi söz konusudur. Taşıma sırasında yük bağlantılarının gevşemesi sonucunda yükün kayması, türbin sahalarının yerleşimden uzak olmaları nedeniyle genel olarak dar ve stabilize yolların kullanılması zorunluluğu, yükleri taşıyan araçların çok uzun olması ve yoldaki diğer araçlar ile çarpışması olasılığı diğer zor koşullar arasındadır. Yolculuğa başlanmadan önce hedeflenen rotadaki köprüler, alt geçitler, tüneller ve viyadükler göz önüne alınarak azami ve asgari kurallara uyulmaması, koruma aracı kullanılması, mola verilmeden uzun süreli araç kullanılması sebebiyle kazalar oluşmaktadır.

Türbin montajı, yapılan olay bildirimlerinin en fazla olduğu süreçtir. Rüzgâr türbinlerinde izlenen yaşam döngüsü düşünüldüğünde, türbin montaj süreci en riskli ve güç operasyonlardan oluşan süreç olarak belirlenmektedir. Hacim olarak devasa ve tonaj olarak çok ağır parçalarla işlem yapmak ekstra zorluk teşkil etmektedir. Bu büyük parçaların montajı, kaldırılıp-indirilmesi, yüklenmesi, saha içi ulaşımı, saha içi güvenliği, hacimsel olarak kısıtlı alanda yapılan çalışma gibi birçok durumdan kaynaklanan küçük, orta ve büyük ölçekteki yaralanmalı ya da ölümlü iş kazaları da kurulum sürecinde gerçekleşmektedir. Rüzgâr türbinlerinde nominal gücün elde edilebilmesi için rüzgâr hızının da nominal hıza ulaşabildiği yüksekliklerde konumlandırılması zorunluluğu güç ve zor hava şartlarını risk ederek çalışmasını gerektirmektedir. Bu zorunluluklar ve gereklilik ise risklerin oluşabilme olasılığını artırmaktadır [15-17,18,19].

Montaj süreci esnasında tonajı ağır, uzunlukları onlarca metreyi bulan türbin bileşenlerinin 100 metreye kadar ulaşan yüksekliğe vinçler yardımı ile monte edilmesi durumu değerlendirildiğinde çalışanların yukarıdaki riskli hava şartlarında yaşadıkları tehlikeyi ortaya koymaktadır [15-17,18,19]. Şekil 4.8 de rotor'un makine dairesine montaj operasyonu gösterilmektedir.



Şekil 4.8 : Rotor'un Makine Dairesine Yerleştirilmesi

Rüzgâr enerji santrallerindeki ana kurulum süreçleri sırasıyla aşağıdaki gibi açıklanabilir. Enerji santraline ulaşımın sağlanması için yol yapılması, sahadaki altyapı çalışması, türbin temelinin kazılması, zemin etüt çalışması, kulenin konumlandırılacağı çelik-betonarme temelin dökülmesi, ped alanlarının tıraşlanması sonrasında sertleştirilmesi sürecin ilk aşamasını oluşturmaktadır.

İkinci aşamada alt kule, orta kule ve üst kulenin vinç yardımı ile temele oturtulması ve vidalarının sıkılması sağlanır. Sonrasında trafo yerleştirilerek makine dairesinin montajı sağlanır. Yukarıdaki çalışma aşağıya göre çok daha zor ve kısıtlı olduğu için kanatların ve göbeğe bağlantısı aşağıda yapılır. Daha sonra rotor'un makine dairesine kaydırılması sağlanarak montajı tamamlanır. Bütün montaj işlemi kablo ve iletişim altyapısı tamamlanarak bitirilir.

Rüzgâr enerji santrallerinde türbinlerinin devreye alınması esnasında yapılan montaj işlemleri personelin en çok kazaya maruz kaldığı kısım olarak ele alınmaktadır. Örneğin, personel türbin kanatlarını ortalama otuz ton ağırlığındaki göbeğe(hub) bağlamak istediğinde her biri on bir ton ağırlığında olan ve boyları 120 metreye kadar ulaşabilen kanatları vinçler yardımı ile kaldırarak günler süren bir çalışma yapmak zorunda kalabilir. Türbinin devreye alınması ve bakım süreçlerinde karşılaşılan olay bildirimlerinden en sık karşılaşılanlar; ağır hava şartları, elverişsiz arazi yapısı, türbin üzerinde çalışılması, kısıtlı alanda çalışılması, hareketli parça çarpması gibi ölümlerle sonuçlanabilecek vakalardır. Yangın çıkması, yük altında çalışılması, yıldırım düşmesi, ergonomik olmayan hava koşulları, donma ve buzlanma, acil durumda tahliye zorluğu gibi olay bildirimlerine yer verilmiştir. Rüzgâr enerji santrallerinde yaşanan birçok iş kazası diğer endüstriyel sektörlerde de yaşanabilmektedir. Fakat diğer sektörlerden farklı olarak rüzgâr enerji santralleri düşünüldüğünde yaşanan iş kazalarına sebebiyet verecek ağır hava koşullarının ve arazi yapısının zorluğu nedeniyle risk faktörleri daha da artmaktadır. Kış aylarında yapılan yüksekte çalışma, bakım-onarım işlerine bakıldığında çalışan personelin çok zor koşullarda işlerini yaptıkları bilinmektedir. Personel, kanatta ya da makine dairesinde bakım çalışması yaparken don ve soğuk maruziyetine katlanmaktadır. Bu nedenle bilinç kaybı ya da dikkat kaybı yaşanabilmektedir. Bu da beraberinde iş kazalarına neden olmaktadır. Şekil 4.9 da makine dairesinde oluşan buzlanma gösterilmektedir [15-17].



Şekil 4.9 : Makine Dairesinde Oluşan Buzlanma

Elverişsiz arazi yapısının kötü hava koşulları ile birleşmesi sonucunda oluşabilecek risklerde artmaktadır. Aşırı yağmur ve kar yağışı beraberinde sel ve heyelan gibi doğal afetleri de oluşturarak türbin sahalarına açılan yolların zarar görmesine, çalışan personelin sevkiyatı ve ulaşımı noktasında hayati tehlikeye girmesine neden olmaktadır. Bununla birlikte özellikle makine dairesinde, kanatlarda kısıtlı alanlarda yapılan onarım çalışmalarında personelin uygun olmayan duruş pozisyonuna uzun süre boyunca maruz kalması nedeniyle hizmetçi dizi hastalığı ya da kas-iskelet sistemi hastalıkları görülebilir. Şekil 4.10 da kanat içerisinde yapılan bakım çalışması gösterilmektedir. Şekil dikkatli bir şekilde incelendiğinde personelin kanat içerisinde yapmış olduğu bakım-onarım faaliyetleri esnasında yapması gerekli olan zorunluluklar sırasıyla baret, gözlük, kimyasal maruziyetine karşı maske ve tam kapatan elbise, acil durum müdahalesi için emniyet kemeri, acil durum iletişim aracı, kafa feneri 'dir. Bunların dışında en önemli zorunluluk ise kanat içerisine gözlemci personel ile giriş yapılmasıdır [15-17, 20].



Şekil 4.10 : Kanat İçerisinde Bakım Çalışması

Diğer bir örnekte ise, makine dairesinde çıkan yangın ele alınabilir. Makine dairesinde ve kule tabanında ilk yardım çantası ve yangın söndürme tüpü bulunmaktadır. Eğer personel yangına müdahale edebileceğini düşünüyor ise harekete geçmelidir aksi durumda iki dakika içerisinde türbini terk etmelidir.

Yangınların başlama nedenleri elektrik sistemi, kablo ve bağlantı donanımları, hidrolik sistem, yaw sistemi, mekanik frenleme sistemi, jeneratör sistemi, dişli kutusu gibi yapı elemanlarından kaynaklanmaktadır. Yangına neden olan diğer bir yapı elemanı ise trafo gruplarıdır. Kuru ve sulu olarak iki tip olarak bilinen trafolar kule tabanında ya da makine dairesinde bulunabilmektedirler. Trafolar yaklaşık 50,000 litre yağ içerdiğinden ciddi yangın riski oluşturmaktadır. Şekil 4.11 de yüksekte çalışma örneği gösterilmektedir [15-17, 20].

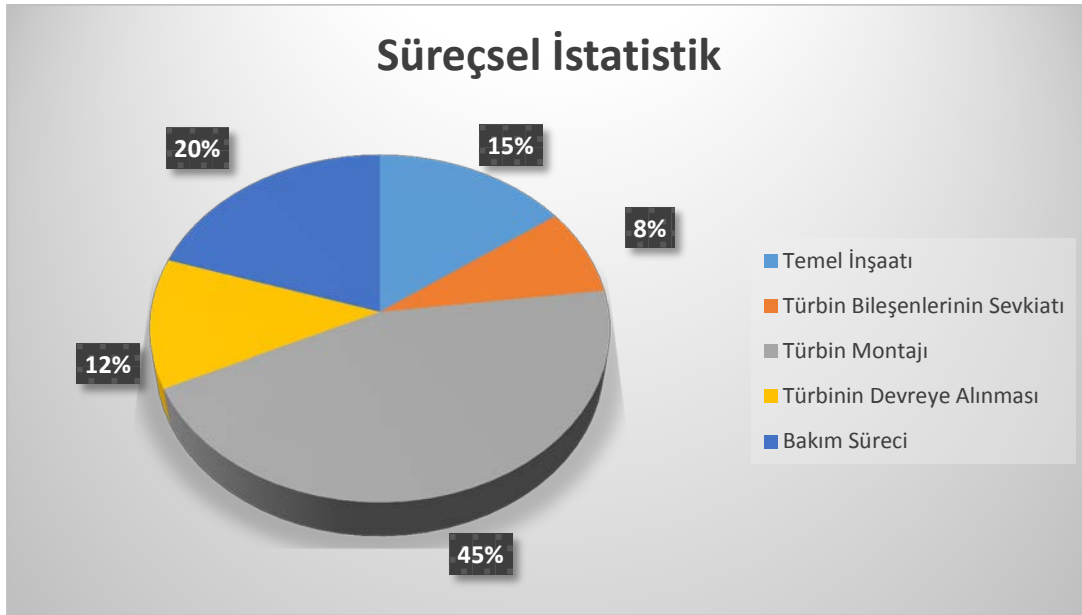


Şekil 4.11 : Kanat Üzerinde Bakım Çalışması

Son olarak, kanat bakım-onarım çalışmalarında yani yüksekte çalışma yapacak olan personelin yüksekte çalışma ve tırmanma eğitimlerini almış olması gerekmektedir. Personelin ayrıca tırmanma yapacağı takvime göre doktor kontrolünden geçerek onay alması da gerekmektedir. Eğitimi tamamlamış personel sayısının kısıtlı olması sebebiyle türbine bir günde iki kez çıkması gerekebilmektedir. Türbinler 80 ile 120 metreye kadar ulaşan farklı yüksekliklere sahiptir. Bu yükseklikler düşünüldüğünde, personelin eğitim almasına rağmen tırmanma-yüksekte çalışma faaliyetleri psikolojik olarak ciddi bir baskı oluşturmaktadır [15-17, 20].

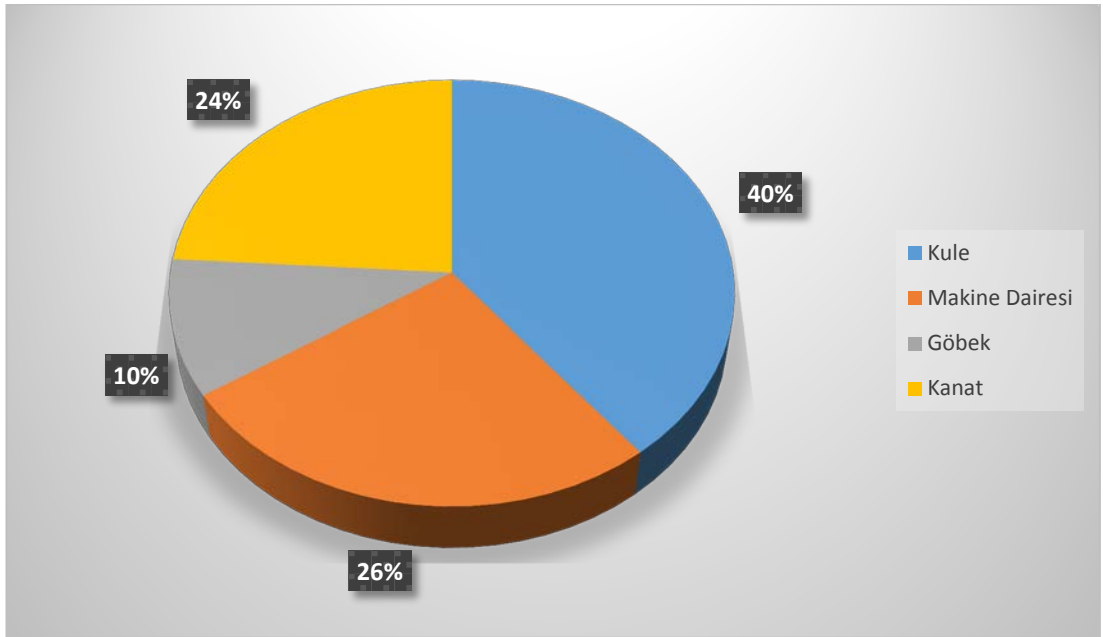
Türkiye’de 2016 yılı rüzgâr türbinlerinde 1084 adet olay bildiriminden elde edilen istatistiklere göre yapılan olay bildirimlerinde rüzgâr türbinlerinin temel inşaatında %15, türbin bileşenlerinin sevkiyatında %8, türbin montajında %45, türbinin devreye alınması ve bakım süreçlerinde %22 lik bir oranla karşılaşılmaktadır. İstatistikler sonucunda en çok olay bildirimi %45 lik oranla türbin montajı sürecinde yapılmıştır.

Türbin montaj süreci süresinde başlıca yapılan olay bildirimleri; kaldırma işlemleri sırasında nesnelere düşmesi, yüksekte düşme, takılma ve kayma sonucu düşme, yükleri taşıma sırasında azami değerlere uyulmaması, yüklerin dengeye alınmadan kaldırılmaya çalışılması ve yük altında dolaşılması gibi olay bildirimleri yapılmıştır. Bununla birlikte montaj işlemleri sırasında makine dairesinde dişlilerde uzuv kaybı, elektrik-elektronik bileşenlerin aşırı yüklenmesi sonucu elektrik çarpması ya da yangın oluşması, mekanik ısınma sonucunda ergonomik olmayan hava solunması, kule içi şaft boşluğuna düşme gibi olay bildirimlerine yer verilmektedir. Ayrıca rüzgâr enerji santrallerinde ana yapı elemanları montajı sırasında kullanılan teçhizatın düşmesi, vinçlerde kullanılan çelik halatların aşırı yük binmesi sebebiyle kopması, vincin devrilmesi, kule içinde yüksek gürültüye maruz kalma, sıcak ve soğuk hava maruziyeti, iş baskısı ve türbin sahasının yerleşim alanlarına uzak olması gibi durumlarda bildirilmiştir. Şekil 4.12 de rüzgâr enerjisi santrallerinde yapılan olay bildirimlerinin her süreçteki istatistikleri gösterilmektedir [11].



Şekil 4.12 : Türbin Santralindeki Olay Bildirimlerinin Her Süreçteki Dağılımı

Türbin montajı, türbinin devreye alınması ve bakım işlemlerinde %77 lik oranla 831 adet olay bildirimini yapılarak kendi içerisinde altı ana başlık altında incelenmiştir. Bildirimi yapılan olayların % 11.5 i alt kule, orta kule ve üst kulede, %7.7 si makine dairesinde, %3 ü göbekte, %7 si ise kanatlarda yaşanmıştır. Olay bildirimlerinin yaşandığı yerlere örnek verilecek olursa; makine dairesinde, göbekte ve kanat üzerinde yapılacak bakım-onarım faaliyetleri söylenebilir. Genel olarak türbin içerisinde yapılan onarımların tümünde personellerin çalışma alanlarının geniş ve açık olmaması, mekanik ısınmaya bağlı olarak solunum zorluğu, havalandırma probleminin olması ve ilk yardım gerektirecek durumlarda personele ulaşım zorluğu gibi problemler ile karşılaşılmaktadır. Makine dairesi içerisinde bulunan ana yapı elemanları diğer bölümlere göre daha karmaşık ve çoktur. Bu nedenle yürütülen faaliyetler süresince mekanik ısınmaya maruz kalan mekanik ve elektrik sistemleri yangınların çıkmasında ciddi bir risk oluşturmaktadır. Trafolarında ve hidrolik yapı elemanlarında bulunan yağın ısınmış hız millerine ya da dişli yüzeyine teması yangını başlatabilir. Bu nedenle kule içi emniyeti sağlanarak herhangi bir yangın durumunda türbin üzerinde çalışan personelin hız bir şekilde kule üzerinden aşağı inmesi gerekmektedir. Şekil 4.13 te rüzgâr enerjisi santrallerinde yapılan olay bildirimlerinin her süreçte yaşandığı yerlerdeki istatistikleri gösterilmektedir [11].



Şekil 4.13 : Olay Bildirimlerinin Yaşandığı Yerler



5. ANALİZ YÖNTEMLERİ

5.1 Olay Bildirimlerinin Heinrich Teorisi ile Gösterimi

Kaza önleme ve sanayi güvenliğinin ilk öncüsü Travelers Insurance Company'nin (Gezginler Sigorta Şirketi) bir görevlisi olan Herbert W. Heinrich'tir. 1920'lerin sonlarında, 75.000 sanayi kaza raporu üzerinde çalıştıktan sonra Heinrich;

- Sanayi kazalarının %88 ine iş arkadaşları tarafından ortaya konan güvenli olmayan hareketlerin neden olduğunu,
- Sanayi kazalarının %10 na güvenli olmayan koşulların neden olduğunu,
- Sanayi kazalarının %2 sinin engellenemez olduğunu ortaya koymuştur [22].

Heinrich'in çalışması, kendisine ait "Sanayi Güvenliği Gerçekleri'nin ve daha sonra Domino Teorisi olarak bilinecek olan kaza nedeni teorisinin temelini oluşturmuştur. Heinrich teorisinin büyük bölümü çağdaş çalışmalar sonucu değişikliğe uğramış ve bundan dolayı da geçersiz olarak düşünülmektedir. Ancak, günümüzde yaygın olarak kabul edilen kimi teorilerin Heinrich teorisini takip ederek ortaya çıktığını göz önüne alırsak, iş güvenliği öğrencilerinin bu çalışmayı da bilmeleri gerekmektedir. Heinrich sağlık ve güvenlik karar vericilerinin sanayi kazaları hakkında bilmeleri gereken hususları düşünerek özetlemiş ve kendisinin Sanayi Güvenliği Gerçekleri (diğer adıyla Endüstriyel Güvenliğin Aksiyonları) olarak adlandırdığı on bildiriye ortaya koymuştur. Bu gerçekler şöyle açıklanabilir [22].

- Yaralanmalar bir dizi tamamlanmış faktörlerden meydana gelmekte ve bunlardan biri de kazanın kendisidir.
- Bir kaza sadece bir kişi ya da bir fiziki veya mekanik tehlikenin meydana getirdiği güvenli olmayan hareketin sonucu olarak ortaya çıkabilir.
- Birçok kaza insanların güvenli olmayan hareketleri nedeniyle meydana gelmektedir.
- Bir kişi tarafından yapılan ve güvenli olmayan davranış veya güvenli olmayan bir durum her zaman ve hemen bir kazaya/yaralanmaya neden olmaz.

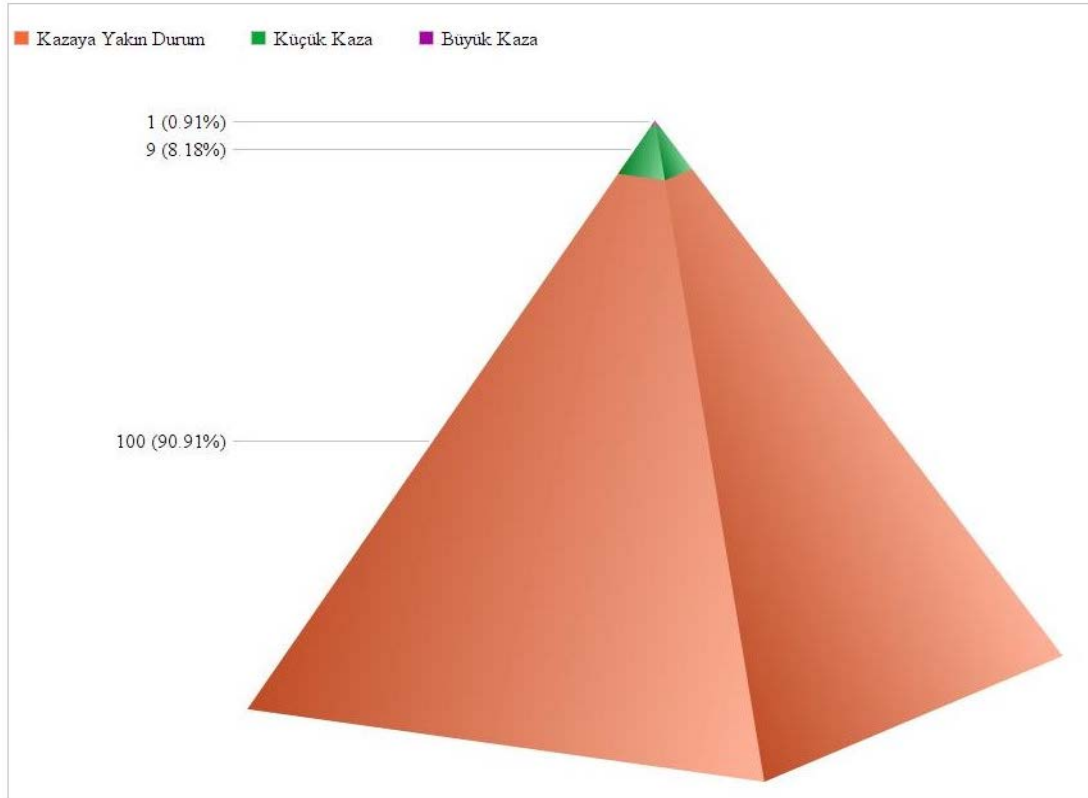
- İnsanların güvenli olmayan davranışları yapmalarının nedenleri, doğru eylemleri seçmede yardımcı rehber olarak işe yarayabilir.
- Bir kazanın şiddeti büyük oranda tesadüfidir ve buna neden olan kaza büyük oranda engellenebilir.
- En iyi kaza önleme teknikleri en iyi kalitede ve verimli tekniklerle benzerlik gösteren tekniklerdir.
- Yönetim güvenlik için sorumluluk almalıdır çünkü sonuçları elde etmek için bu en iyi durumdur.
- Müfettiş sanayi kazalarının önlenmesinde kilit şahıstır.
- Bir kazanın doğrudan masraflarına (örneğin, tazminat, sorumluluk iddiaları, tıbbi masraflar ve hastane masrafları) ek olarak gizli ve dolaylı masraflar da vardır.

Heinrich'in Domino Teorisi'nde kazaya neden olan olay bildirimlerinin sıralaması aşağıdaki gibidir [22].

- Sosyal çevre
- Kişisel hatalar
- Güvensiz koşullar ve güvensiz hareketler
- Kazalar
- Yaralanmalar

Heinrich teorisine göre 1 ağır yaralanma ya da ölümlü büyük kazanın temelinde 29 uzuv kayıplı küçük kaza ve 300 yaralanma meydana gelmeyen olay, yani kazaya yakın durum vardır [22]. Bu çalışmada 1084 adet olay bildirimini şiddetine göre kategorize edilerek Heinrich Teorisi istatistikleri ile karşılaştırılmıştır. Bu olay bildirimlerinde şiddetine göre 100 adet kazaya yakın durum, 9 adet küçük kaza ve 1 adet büyük kaza istatistiklerine ulaşılmıştır.

Yukarıda gösterilen verilere göre çalışmamızdaki istatistiksel değerlerin Heinrich teorisi istatistik oranları ile benzer çıktığı gözlemlenmektedir. Sadece ölümlü kaza oranı Heinrich'e göre %0.30 çıkarken, olay bildirimlerinde %0.91 olarak hesaplanmıştır. Elde edilen ölümlü kaza oranlarına bakıldığında %67 lik oranda bir değişim gözlemlenmektedir. Bu durum bildirilen olay sayısının, teorideki olay sayısı kadar yeterli olmamasından kaynaklanmaktadır. Şekil 5.1 de yapılan olay bildirimlerine ilişkin vaka dağılımları Heinrich piramidi ile gösterilmektedir.



Şekil 5.1 : Yapılan Olay Bildirimlerinin Heinrich Teorisi İle Gösterimi

5.2 Personele Verilen Eğitimlerin İş Kazaları Üzerindeki Etkisinin Spss Analiz Programı ile Gösterimi

Tez çalışmasında sunulan istatistikler çerçevesinde yaralanmaya ya da kazaya neden olan olay bildirimlerinin engellenebilmesi, oluşabilecek risklerin minimize edilebilmesi adına çözüm önerileri ve öngörüler sunulmuş olup farklı yöntem ve teoremlerle desteklenmiştir. Öngörülen çözüm önerilerinin bilimsellik kazanabilmesi ve uygulamada geçerli olabilmesi için SPSS analiz programı kullanılmıştır. Bir yıllık dönem süresince çalışanlara verilen birçok eğitim çalışması ile personelin bilinçlendirilmesi sağlanmış olup; kaynağa, ortama ve kişiye yönelik iyileştirmelerin sonucu istatistiksel olarak değerlendirilmiştir. 2015 ve 2016 yıllarına ait aylık olay bildirimleri kullanılarak elde edilen veri setinin sonucunda, personele kendi dalında yeterli deneyim kazandırarak yaşanan iş kazalarının yüzdesinin azaltıldığı iddiasının istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığının belirlenmesi amaçlanmıştır. Tez çalışmasında örneklemdaki bir değişkene ait farklı yıllardaki aylık dönemler gözlemlenerek elde edilen değerlerin ortalamaları karşılaştırılmıştır. Bu iki durum uygulanacak yöntemin öncesi ve sonrasında elde edilen değişkenler olarak ele alınmıştır. Tez çalışmasında Eşleştirilmiş Örneklem T Testi (Paired Samples T Test) analiz yöntemi seçilmiştir. Çünkü tekrarlı ölçümlerde önceki ve sonraki durumlar arasında fark olup olmadığını belirlemek için bu yöntem kullanılmaktadır. Analiz yönteminde kullanılan veri setleri Çizelge 5.1 deki gibidir.

Çizelge 5.1 : PSTT Analiz Yöntemi Veri Setleri

Months	Pre_Test	Post_Test	Variation
1	100	44	56
2	98	64	34
3	88	78	10
4	86	49	37
5	84	48	36
6	83	44	39
7	91	71	20
8	97	68	29
9	87	77	10
10	87	48	39
11	72	32	40
12	67	27	40

Bu analiz yöntemi ile personele verilen eğitimlerin rüzgâr türbinlerinde yaşanan iş kazaları üzerindeki etkisi araştırılmaktadır. Çalışanların tüm eğitimleri almadan önceki aylık yaşadıkları iş kazaları (Pre_Test) ile tüm eğitimlerin tamamlanmasından sonraki aylık yaşadıkları iş kazaları (Post_Test) olmak üzere bu değişkenlerin ortalamaları karşılaştırılmıştır. Bağımlı değişkenler, aynı personele ait önceki ve sonraki olay bildirim değerlerinden oluşmaktadır. Bu nedenle tanımlanan değişkenlerin ortalama değerlerini kıyaslamak için belirlenen yöntem Eşleştirilmiş Örneklem T testi (Paired Samples T Test) olacaktır. Bu değişkenler Çizelge 5.2 deki gibidir.

Çizelge 5.2 : PSTT Analiz Yöntemi Değişkenleri

Name	Type	Width	Decimals	Explanation
Months	String	5	0	Annual Training
Pre_Test	Numeric	15	0	Score on Test Before Training
Post_Test	Numeric	14	0	Score on Test After Training
Variation	Numeric	8	2	Pre_Test-Post_Test

Eşleştirilmiş Örneklem T testinin tanımlanan hipotezleri;

H_N : %95 güvenlilikle, eğitimden önceki ve sonraki olay bildirim ortalamaları karşılaştırıldığında, istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur. ($\mu_1 \approx \mu_2$)

H_A : %95 güvenlilikle, eğitimden önceki ve sonraki olay bildirim ortalamaları karşılaştırıldığında, istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık vardır. ($\mu_1 \neq \mu_2$)

PSTT testi uygulayabilmek için gerekli olan ön şartlar bulunmaktadır. Bunlar sırasıyla aşağıdaki gibidir.

- Karşılaştırılacak veri setleri sayısal veri içermelidir.
- PSTT uygulamasından önce normallik (Kolmogorov-Smirnov) testi uygulanmalıdır. Çünkü normal dağılımdan anlamlı derecede sapma gösteren veri setlerine t testi uygulamak hatalı sonuçlar almamıza neden olabilir. Değişkenlere ait normallik testi Çizelge 5.3 deki gibidir.

Çizelge 5.3 deki anlamlılık (Sig.) değerlerine bakılarak değişkenler arasındaki değişim dağılımının normallik testine uygunluğu Sig.>0.05 koşulu referans alınarak yorumlanmaktadır. Görüldüğü üzere anlamlılık değerleri 0,145>0.05 koşulunu doğruladığı için SPTT analiz yöntemi için ilk basamak sağlanmış olmaktadır. Ortalamaların karşılaştırılması esasına dayanan SPTT yöntemi ile tek örneklem üzerinde farklı zaman dilimlerinde uygulanan eğitimlerin personel üzerindeki etkilerini ölçmek adına uygulanmaktadır.

Çizelge 5.3 : Kolmogorov-Smirnov Normallik Testi

Tests of Normality						
Kolmogorov-Smirnov ^a				Shapiro-Wilk		
	Statistic	df	Sig.	Statistic	df	Sig.
Variation	0,211	12	0,145	0,903	12	0,174
a. Lilliefors Significance Correction						

Çizelge 5.4 referans alınarak gerekli yorumlar yapılmaktadır. İlk olarak Paired Samples Statistics tablosuna bakıldığında eğitim öncesi olay bildirimleri (Score on Test Before Training) ortalamasının 86,67 olarak hesaplandığı görülmektedir. Eğitimlerin tamamlanması sonrasındaki olay bildirimleri (Score on Test After Training) ortalaması ise 54,17 olarak hesaplanmaktadır. Bununla birlikte eğitim öncesi ve sonrası olay bildirimlerinin standart sapması ve standart hata ortalaması da hesaplanmaktadır. Her iki veri setinde de 12 adet örnekleme yer verilmektedir.

Çizelge 5.4 : Paired Samples Statistics Tablosu

Paired Samples Statistics					
		Mean	N	Std. Deviation	Std. Error Mean
Pair 1	Score on Test Before Training	86,67	12	9,67	2,792
	Score on Test After Training	54,17	12	17,055	4,923

İkinci olarak bakılması gereken önemli tablo ise Çizelge 5.5 deki Paired Samples Test tablosudur.

Çizelge 5.5 : Paired Samples Test Tablosu

Paired Samples Test									
Paired Differences									
95% Confidence Interval of the Difference									
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	Lower	Upper	t	df	Sig. (2-tailed)
Pair 1	Score on Test Before Training- Score on Test After Training	32,5	13,379	3,862	23,999	41,001	8,415	11	0,000004

Bu tabloda ilgilenilmesi ya da uygulanan yöntemin hangi hipotezi desteklediğinin açıklanması için bakılması gereken değer, tablonun en sonunda yer alan Sig.(2-tailed) değeridir. Bu değer elde edilen olay bildirimlerinin ortalamalarının istatistiksel olarak farklı olduğunu ifade etmektedir. Literatürde p değeri olarak da bilinmektedir. Görüldüğü üzere SPTT yöntemi sonucunda elde edilen Sig.(2-tailed) değeri 0,000004 olarak hesaplanmaktadır.

- Sig.(2-tailed) değeri 0.05 durdurma koşul değerinden büyük ise eğitim öncesi ve eğitim sonrası olay bildirimleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark yoktur sonucuna varılmaktadır. Koşullar arasındaki farkların büyük olasılıkla tesadüfen ortaya çıktığı ve verilen eğitimlerden kaynaklanmadığı sonucu çıkarılmaktadır.
- Sig.(2-tailed) değeri 0.05 durdurma koşul değerine eşit ya da küçük ise eğitim öncesi ve eğitim sonrası olay bildirimleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu sonucuna varılmaktadır. Koşullar arasındaki farkların tesadüfen oluşmadığını ve verilen eğitimler sayesinde personelin iş deneyiminin artırıldığı düşünülebilmektedir.

Tez çalışmasında uygulanan SPTT yönteminde elde edilen Sig.(2-tailed) değeri 0,000004 olarak hesaplanmaktadır. Bu değer 0.05 durdurma koşulu değerinden küçük olması sebebiyle rüzgâr türbinlerinde çalışan personele verilen eğitimlerin bir yıllık dönemde alınan olay bildirimleri ortalamaları arasında, istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu kesinliğine ulaşılmaktadır.

Paired Samples Statistics tablosunda ifade edildiği üzere eğitim öncesi olay bildirimlerinin ortalamasının eğitim sonrası olay bildirimleri ortalamasından büyük olduğu görülmektedir. Bu sonucu göre verilen uygun eğitim yaşanan iş kazalarındaki ortalamayı düşürmektedir.

- Sig.(2-tailed) < 0.05 koşulu sağlandığı için boş hipotez (H_N) reddedilir. Alternatif hipotez (H_A) kabul edilir. Personele verilen eğitimlerin yaşanan iş kazaları üzerinde olumlu etkisi olduğu kanıtlanmaktadır. Özellikle güvensiz durum ve güvensiz davranıştan kaynaklanan iş kazalarının azaltılabilmesi adına personele ayrılan eğitim süresinin artırılması ile H_A hipotezinin kabul gördüğü ve istatistiksel olarak anlamlı bulunduğu ifade edilmektedir.



6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, rüzgâr enerji santrallerinin işletilmesi sırasında yaşanan iş kazalarının sebepleri süreçsel olarak incelenmiştir ve yapılan olay bildirimlerine ilişkin istatistikler ortaya konularak sektörde yaşanan iş kazası veya meslek hastalıklarının azaltılması amaçlanmıştır.

Çalışmada; Türkiye’de, Avrupa’da ve dünyada kurulmuş olan rüzgâr enerji santrallerinin yıllık gelişimi istatistiksel olarak incelenmektedir. Rüzgâr enerji santrallerinde, bildirilen iş kazaları ya da meslek hastalıkları istatistikleri, inşa, kurulum, nakliye ve bakım-onarım süreçlerinde yaşanan kaza istatistiklerinin diğer ülkeler ile karşılaştırılması yapılmıştır.

Heinrich teorisine göre 1 ağır yaralanma ya da ölümlü neticelenen büyük kazanın temelinde 29 uzuv kayıplı küçük kaza ve 300 yaralanma meydana gelmeyen olay, yani kazaya yakın durum vardır [22]. Bu çalışmada 1084 adet olay bildirimleri şiddetine göre kategorize edilerek Heinrich Teorisi istatistikleri ile karşılaştırılmıştır. Bu olay bildirimlerinde şiddetine göre 100 adet kazaya yakın durum, 9 adet küçük kaza ve 1 adet büyük kaza istatistiklerine ulaşılmıştır. Çalışmamızdaki istatistiksel değerlerin Heinrich teorisi istatistik oranları ile benzer olduğu görülmüştür.

Tezde elde edilen olay bildirimlerinin her birinin girdi olarak kullanılması ile tümevarım yöntemi uygulanmıştır. Tümevarım yöntemine göre rüzgâr enerji santralleri inşası ve işletilmesi sırasında yaşanan iş kazalarının çalışan personele ayrılan eğitim süresinin artırılması ile bildirilen vaka sayısının düşürülebileceği tespit edilmiştir. Çalışmada nicel araştırma yöntemi olarak belirlenen Eşleştirilmiş Örneklem T testi (Paired Samples T Test) kullanılarak çalışanların kişisel deneyimlerinin gelişimi için aldıkları eğitimin iş kazaları bildirimleri üzerindeki etkileri hakkında detaylı bilgilere yer verilmiştir. Çalışma örneklem setleri rüzgâr enerji santrallerinde alınan bir yıllık iş kazası bildirimlerinin inşa, kurulum ve bakım süreçlerinde aynı personel grubu üzerinde tekrar eden dönemlerde verilen eğitimlerin etkileri incelenerek elde edilmiştir.

Tez çalışmasında uygulanan SPTT yönteminde elde edilen Sig.(2-tailed) değeri 0,000004 olarak hesaplanmıştır. Bu değer 0.05 durdurma koşulu değerinden küçük olması sebebiyle rüzgâr türbinlerinde çalışan personele verilen eğitimlerin bir yıllık dönemde alınan olay bildirimleri ortalamaları arasında, istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık olduğu kesinliğine ulaşılmaktadır. Öngörülen tespitler SPSS analiz programı kullanılarak istatistiksel olarak anlamlandırılmış ve bilimselleştirilmiştir.

Heinrich, kazaların % 85 inin insan hatalarından kaynaklandığını belirlemiştir [22]. Üretim sektöründe tehlikeli insan davranışlarının sebep olduğu yaralanmalı ya da ölümcül iş kazalarının organizasyonel süreçlerde yaşanan sorunlardan kaynaklandığı bilinmektedir. İş güzergâhı, günlük çalışma saati ve işin belirlenen zaman çizelgesine göre tamamlanması gibi durumların tehlikeli davranışlara neden olan önemli faktörler olduğu tespit edilmiştir. Bu faktörleri önlemek için sırasıyla İSG, ilk yardım, tırmanma-kurtarma, yangın, türbin güvenliği, elektrik güvenliği, tehlikeli maddeler, hidrolik eğitimi, mazeretsiz müşteri, güvenli sürüş ve farkındalık gibi eğitimlerin personele aldırılması uygun görülmüştür.

Sonuç olarak, yapılan araştırmalar ve ortaya konulan istatistikler ışığında rüzgâr enerji santrallerinde çalışan personele verilen uygun eğitimler sayesinde güvensiz davranışa neden olan riskler ve iş kazalarının azaltıldığı gözlenmiştir.

KAYNAKLAR

- [1] **John K., K., Zafirakis, D.** (2011). The wind energy (r)evolution: A short review of a long history, Sayı: 7, Temmuz 2011 Sf. 1887-1901.
- [2] **Solangi, K.H., Islam, M.R., Saidur, R. ve dğ.** (2011). *A review on global solar energy policy*, Sayı: 04, Mayıs 2011 Sf. 2149-2163.
- [3] **Muratdağı, T.,** (2015). *Rüzgar Türbinlerinin Kurulum ve Bakım Süreçlerindeki Risklerin Tespiti, Değerlendirilmesi ve Çözümlerinin Sunulması*, Sf. 3
- [4] **Varınca, K. B., Varank, G.,** (2011). *Rüzgâr Kaynaklı Enerji Üretim Sistemlerinde Çevresel Etkilerin Değerlendirilmesi ve Çözüm Önerileri*, Sf. 5-11.
- [5] **Pineda, I., ve Tardieu, P.** (2016). *Europe's wind farms from 1 January to 31 December 2016*. European Wind Statistics. Brüksel: Europe's wind farms, Sf. 6-22
- [6] **Fried, L.** (2017). *Global Wind Energy Council to 02 February 2017*. Global Wind Statistics. Brüksel: Global Wind Energy Council, Sf. 1-4
- [7] **Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği** (t.y.). Neden Rüzgâr Enerjisi, Alındığı tarih: 17.08.2017, adres: <http://www.tureb.com.tr/turebsayfa/neden-ruzgar-enerjisi>
- [8] **İller Bankası A.Ş** (t.y.). Rüzgâr Enerjisi, Alındığı tarih: 17.08.2017, adres: <http://www.ilbank.gov.tr/index.php?Sayfa=htmlsayfa&hid=2163>
- [9] **Koç, E. ve Şenel, M.C.** (2013). Türkiye'de ve Dünya'da Enerji Durumu- Genel Değerlendirme, *Mühendis ve Makine Dergisi*
- [10] **Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi** (2014). *Enerji Raporu 2013*, Poyraz Ofset, Sf. 219-229, Ankara.
- [11] **Ataseven, M.** (2017). *Turkish Wind Energy Statistics Report to January 2017*. Turkish Wind Energy Association, Sf. 4-30
- [12] **Genç, M.** (2016). *Rüzgâr Türbinlerinde Temel Tasarımının Önemi*, Genser Mühendislik, İzmir.
- [13] **Şenel, M.C.** (2012). *Rüzgâr Türbinlerinde Güç İletim Mekanizmalarının Tasarım Esasları-Dinamik Davranış*, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, Cilt:5, Sayı:1, Sf. 69-80
- [14] **The Caithness Windfarm Information Forum** (2017). *Summary of Wind Turbine Accident data to 31 December 2017*, Alındığı tarih: 17.08.2017, adres: <http://www.caithnesswindfarms.co.uk/accidents.pdf>
- [15] **Brun, E., ve Suarez, A.** (2013). *Occupational safety and health in the wind energy sector*. European Agency for Safety and Health at Work (EU-OSHA). Europe: Luxembourg: Publications Office of the European Union, (ss. 6-10), doi:10.2802/86555
- [16] **EUOSHA** (t.y.). *Hazard Identification Checklist: Occupational Safety and Health In The Wind Energy Sector*, Alındığı tarih: 17.08.2017, adres: <https://osha.europa.eu/sites/default/files/publications/documents/en/publications/e-facts/e-fact-79-occupational-safety-and-health-in-the-wind-energy-sector/Efact79%20wind%20energy%20sector.pdf>, Occupational safety and health in the wind energy sector

- [17] **EUOSHA** (t.y.). *Occupational Safety and Health In The Wind Energy Sector*, Alındığı tarih: 17.08.2017, adres: <https://osha.europa.eu/sites/default/files/publications/documents/E-fact%2080%20-%20EN.pdf>
- [18] **Clarke, P.** (t.y.). *Health & safety on wind farms-the PowerGen approach*, *PowerGen*, Sf. 25-31.
- [19] **Ragheb, M.** (2014). *Safety Of Wind Systems*, Alındığı tarih: 17.08.2017, adres: <http://www.ragheb.co/NPRE%20475%20Wind%20Power%20Systems/Safety%20of%20Wind%20Systems.pdf>
- [20] **Albrechtsen, E.** (2012). *Occupational safety management in the offshore wind industry-status and challenges*, *Energy Procedia*, Sf. 313-321
- [21] **Irish Wind Energy Association** (2011). *Health and Safety Guidelines For The Onshore Wind Industry On The Island Of Ireland 2011*, Alındığı tarih: 17.08.2017, adres: <http://www.iwea.com/contentfiles/Onshore%20Wind%20Guidelines.pdf>
- [22] **Dizdar, E.N.** (t.y.). *İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemleri, Kaza Teorileri*, Alındığı tarih: 23.08.2017, adres: http://www.ataaof.com/ow_userfiles/plugins/forum/attachment_1395_545150c007597_545150ba2eab6_2.-UNITE-KAZA-TEORILERI-2.pdf, (ss.1-16)
- [23] **Wetzel, D. (2015)**, *Rüzgâr Enerjisi Hasta Ederse*, Alındığı tarih: 23.08.2017, adres: <http://www.cesmeplatformu.org/wp-content/uploads/2015/04/Die-Welt-makale-TR-Daniel-Wetzel.pdf>
- [24] **Bayraktar, A. (2017)**, *Rüzgâr Enerjisi YEKA İhalesi Sonuçlandı*, Alındığı tarih: 23.08.2017, adres: <http://www.trthaber.com/haber/ekonomi/ruzgar-enerjisi-yeka-ihalesi-sonuclandi-327380.html>

EKLER

EK A: Rüzgâr Enerjisi Sektöründe İş Sağlığı ve Güvenliği İle İlgili Mevzuatlar





EK A

Rüzgâr enerjisi sektöründe iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili harici bir mevzuat mevcut değildir. Fakat sektörde iş kazası ya da meslek hastalığı oluşturabilecek risk faktörleri ile alakalı olarak yasal düzenlemeler oluşturulmuştur. Uygulamasını ve işverenini de ilgilendiren yasal düzenlemeler aşağıdaki gibi listelenmektedir.

- 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu, **Resmi Gazete Tarihi:** 30.06.2012
Sayısı: 28339
- Çalışanların Gürültü ile İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik, **Resmi Gazete Tarihi:** 28.07.2013 **Sayısı:** 28721
- Çalışanların Titreşimle İlgili Risklerden Korunmalarına Dair Yönetmelik, **Resmi Gazete Tarihi:** 22.08.2013 **Sayısı:** 28743
- İş Ekipmanlarının Kullanımında Sağlık ve Güvenlik Şartları, **Resmi Gazete Tarihi:** 25.04.2013 **Sayısı:** 28628
- Kanserojen veya Mutajen Maddelerle Çalışmalarda Sağlık ve Güvenlik Önlemleri Hakkında Yönetmelik, **Resmi Gazete Tarihi:** 06.08.2013 **Sayısı:** 28730
- İşyeri Bina ve Eklentilerinde Alınacak Sağlık ve Güvenlik Önlemlerine İlişkin Yönetmelik, **Resmi Gazete Tarihi:** 17.07.2013 **Sayısı:** 28710
- Kişisel Koruyucu Donanımların İşyerlerinde Kullanılması Hakkında Yönetmelik, **Resmi Gazete Tarihi:** 02.07.2013 **Sayısı:** 28695
- Çalışanların İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitimlerinin Usul ve Esasları Hakkında Yönetmelik, **Resmi Gazete Tarihi:** 15.05.2013 **Sayısı:** 28648
- Elle Taşıma İşleri Yönetmeliği, **Resmi Gazete Tarihi:** 24.07.2013 **Sayısı:** 28717
- Sağlık ve Güvenlik İşaretleri Yönetmeliği, **Resmi Gazete Tarihi:** 11.09.2013 **Sayısı:** 28762
- İşyerlerinde Acil Durumlar Hakkında Yönetmelik, **Resmi Gazete Tarihi:** 18.12.2013 **Sayısı:** 28681
- İş Sağlığı ve Güvenliği Risk Değerlendirmesi Yönetmeliği, **Resmi Gazete Tarihi:** 29.12.2012 **Sayısı:** 28512

Rüzgâr enerjisi sektörü ile ilgili olarak AB mevzuatı incelendiğinde ise, 2009/28/EC sayılı Yenilenebilir Enerji Direktifi dışında bu alanla ilgili özel bir yasal düzenleme bulunmamaktadır.

Doğrudan rüzgâr enerjisi sektörüne yönelik olmasa da tüm dünyada uygulanan sistematik İSG yönetim sistemlerinin en önemli kaynağı olarak gösterilen mevzuat girişimi, çalışanların işyerindeki güvenliklerini ve sağlıklarını iyileştirmeye teşvik eden önlemler hakkındaki 89/391/EEC sayılı AB Çerçeve Direktifi'dir. Bu çerçeve direktifinde, hem kamu sektöründe hem de özel sektörde yer alan tüm işyerleri için İSG yönetiminde geçerli genel ilke ve süreçlere yer verilmiştir. Direktife göre, işletmelerde İSG yönetiminin temel amacı, çalışanların sağlık ve güvenlik koşullarının sürekli olarak iyileştirilmesini sağlamaktır. Çerçeve Direktif dışında rüzgâr türbinleri ile ilişkili diğer AB mevzuatı düzenlemeleri aşağıda sıralanmaktadır [15-17,21].

- 2009/104/EC sayılı iş donanımlarının kullanımındaki sağlık ve güvenlik koşullarını içeren AB Direktifi
- 2006/42/EC sayılı makinelerle ilgili AB Direktifi
- 96/53/EC sayılı trafikte yük taşınması ile ilgili AB Direktifi
- 98/24/EC sayılı işyerindeki kimyasallardan kaynaklı risklerle ilgili AB Direktifi
- 2004/37/EC sayılı kanserojen ve mutajen maddelerle çalışma ili ilgili AB Direktifi
- 90/269/EEC sayılı elle taşıma ile ilgili AB Direktifi
- 92/57/EC sayılı inşaat alanları ile ilgili AB Direktifi

Avrupa İş Sağlığı ve Güvenliği Ajansının hazırladığı direktifler dışında; Uluslararası Elektroteknik Komisyonu (IEC) tarafından hazırlanan IEC 61400 sayılı rüzgâr türbini tasarım standartları, türbinin genel yapısı veya içyapı elamanlarının tasarımlarından kaynaklanan iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili risklerinin üretim aşamasında en aza indirilmesi ilgili düzenlemeleri içermektedir. IEC 61400 serili rüzgâr türbini standartları aşağıda sıralanmaktadır [15-17,21].

- IEC 61400-1: Rüzgâr Türbinleri – Dizayn Gereksinimleri
- IEC 61400-2: Rüzgâr Türbinleri – Küçük Rüzgâr Türbinleri İçin Dizayn Gereksinimleri
- IEC 61400-4: Rüzgâr Türbinleri - Rüzgâr Türbin Dişlileri İçin Dizayn Gereksinimleri

- IEC 61400-5: Rüzgâr Türbinleri - Rüzgâr Türbin Kanatları İçin Dizayn Gereksinimleri
- IEC 61400-11: Rüzgâr Türbinleri - Akustik Gürültü Ölçümü Teknikleri
- IEC 61400-12: Rüzgâr Türbinleri – Rüzgâr Türbini Güç Performans Testi
- IEC 61400-13: Rüzgâr Türbinleri – Mekanik Yüklerin Ölçümü
- IEC 61400-14: Rüzgâr Türbinleri – Görünen Ses Düzeyi ve Ton Değerlerinin Belirlenmesi
- IEC 61400-22: Rüzgâr Türbinleri – Uygunluk Testinin yapılması ve Sertifikasyon
- IEC 61400-23: Rüzgâr Türbinleri – Yıldırımdan Korunma Protokolü
- IEC 61400-24: Rüzgâr Türbinleri – Yıldırımdan Korunma Protokolü
- IEC 61400-25: Rüzgâr Türbinleri – İletişim Protokolü
- IEC 61400-27: Rüzgâr Türbinleri – Elektriksel Simülasyon Modelleri

Bu düzenlemelerin dışında, rüzgâr enerjisi sektörü ile ilgili diğer bir önemli yasal düzenleme de EN 50308 sayılı rüzgâr türbinlerinin kurulum, servis ve bakım süreçleri ile ilgili güvenlik gereksinimlerini içeren Avrupa Rüzgâr Türbini Standardı'dır [15-17,21].

26/12/2012 tarihli ve 28509 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren “İş Sağlığı ve Güvenliğine İlişkin İşyeri Tehlike Sınıfları Tebliği” incelendiğinde rüzgâr enerjisi santrallerinin “35.11.19” nace koduna sahip “Çok Tehlikeli” işyerleri sınıfına girdiği görülmektedir. Rüzgâr türbinlerinin kurulum süreci ve sonrasındaki bakım onarım süreci ile ilgili özel bir tehlike sınıfı değildir. Bununla birlikte, türbinlerin bakım ve onarım faaliyetleri; aynı tebliğin “33.12.03” nace koduna sahip “Motor ve türbinlerin bakım ve onarımı (hidrolik, rüzgâr, gaz, su, buhar türbinleri) ve (gemi ve tekne motorları dâhil, motorlu kara taşıtı ve motosiklet motorları hariç)” kapsamında ve “Tehlikeli” işler sınıfında değerlendirilmektedir.



ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Ernail ASLAN

Doğum Yeri : Gümüşhane

Doğum Tarihi: 10.07.1989

Yabancı Dili : İngilizce (Upper Intermediate)

Eğitim Durumu

Lise : Bağcılar Anadolu Lisesi (2006)

Lisans : Kocaeli Üniversitesi, Bilgisayar Mühendisliği (2014)

Yüksek Lisans: İstanbul Aydın üniversitesi, İş Sağlığı ve Güvenliği (2017)

Çalıştığı Kurumlar

09.2014 – 05.2015

AKES AKILLI ENDÜSTRİYEL SİSTEMLER BİLİŞİM TEKNOLOJİ ELEKTRİK MÜHENDİSLİK İNŞ. DAN. ARAŞT. VE GELİŞ. SAN. VE TİC. LTD. ŞT

Bilgisayar Mühendisi, Saha İşletme Süpervizörü - İstanbul(Avr.)

06.2015 – 12.2016

STARNET YAZILIM DANIŞMANLIK TİC. A.Ş

YTU Teknokent Yazılım Geliştirme Mühendisi – İstanbul(Avr.)

İletişim Bilgileri

Adres : Yıldıztepe Mahallesi 32/2 Sokak No:3 Daire:8 Bağcılar, İstanbul / TÜRKİYE

GSM : +90 507 847 66 81

E-mail: ernailaslan@outlook.com

