

Rüzgâr enerji santrallerinde çalışma güvenliği alanında verilen eğitimlerin personel üzerindeki etkileri

Ernail ASLAN^{1*}
Banu Yeşim BÜYÜKAKINCI²

Geliş tarihi / Received: 25.04.2018

Düzeltilerek Geliş tarihi / Received in revised form: 31.04.2018

Kabul tarihi / Accepted: 27.06.2018

Öz

Bu çalışmada, rüzgâr türbinlerinin bulunduğu enerji santrallerinde veya santral dışında oluşabilecek iş kazaları ve meslek hastalıklarının önlenmesi, tehlikelerin saptanarak riske dönüşmesine neden olan faktörlerin azaltılması amaçlanmaktadır.

Bu amaçla belirlenen faktörlerin neden olduğu risklerin kabul edilebilir seviyeye düşürülmesi için alınması gerekli olan tedbirler tespit edilerek, her süreçte yaşanan kazalar istatistiksel olarak kategorize edilmiştir. Çalışmada sunulan öngörülere kesinlik ve bilimsellik kazandırılması için elde edilen veriler, SPSS analiz programı kullanılarak değerlendirilmiştir. Yapılan çalışmanın amacı, yöntemi ve hipotezleri ortaya konularak sonuca ulaşılmıştır. Personelin güvenli çalışma noktasında aldıkları eğitimlerin öncesinde meslekleri ile ilgili yeterli bilgi ve yeteneğe sahip olmadıkları belirlenmiştir. Eğitim öncesi ve eğitim sonrası olay bildirimleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Koşullar arasındaki farkların muhtemelen değişikliğe bağlı olmadığını ve verilen eğitimler sayesinde personelin iş deneyiminin artırıldığı sonucuna varılmıştır. 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

¹ Yüksek Lisans Öğrencisi, İstanbul Aydın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İş Sağlığı ve Güvenliği Ana Bilim Dalı, İstanbul, ernailaslan@outlook.com

² Doç. Dr. İstanbul Aydın Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Tekstil Mühendisliği Bölümü, yesimbuyukakinci@aydin.edu.tr

The impact of the trainings given in the field of work safety in wind energy facilities on the personnel

Abstract

This study aims to prevent work accidents and occupational diseases that may occur inside or outside the wind power plants by detecting the hazards and reducing the factors that cause them to turn into risks.

For this purpose, the risks caused by the factors determined were reduced to an acceptable level, the measures required to be taken were determined and the work accidents experienced in every process are categorized statistically. In order to ensure the accuracy and the scientific basis of the predictions presented in the study, the obtained data were evaluated using the SPSS analysis program. The aim, method and hypotheses of the study were revealed and the result was reached. It has been detected that the staff do not have sufficient knowledge and skills about their occupation before the training they receive in safe working point. Statistically, there is an interesting difference of incident notifications before and after the training. As a result, the difference between the conditions are possibly not related to the change but the training process increases the job experience. This study has been prepared by observing the construction, mounting and maintenance processes of one of the leading wind turbine company in Turkey. Nevertheless, the solutions have been offered for all the risks that have been identified during the entire process.

Keywords: *Wind turbine, wind energy, renewable energy*

Giriş

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. Bu nedenle yenilenebilir enerji kaynakları arasında rüzgâr enerjisi, dünyada birçok ülkenin tercih ettiği alternatif bir enerji türü olmaktadır. Çalışmada rüzgâr türbinlerindeki inşa 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 çalışmada geri bildirimler yapılarak, tümevarım yöntem bilimi kullanılmaktadır. Bununla birlikte, yapılan araştırmalar ve elde edilen istatistikler ışığında çözüm önerileri getirilmesi amaçlanmaktadır.

Makalede, rüzgâr enerji sektörünün Türkiye, Avrupa ve dünyadaki durumu, yıllara göre gelişimi istatistiksel olarak incelenmektedir. Rüzgâr enerji santrallerinde bildirilen kaza istatistikleri, rüzgâr türbinlerinin kurulum, nakliye ve bakım süreçlerinde gerçekleşmesi olası iş kazası ya da meslek hastalıkları istatistikleri ve diğer ülkeler ile karşılaştırılması yapılmaktadır. Rüzgâr enerji santrallerindeki sevkiyat, kurulum ve bakım süreçleri olmak üzere temel olarak üç ana başlık altında geri bildirilen iş kazaları ile elde edilen riskler değerlendirilerek kaynağa, ortama ve çalışana yönelik çözümler sunulması amaçlanmaktadır. Bunun yanında, rüzgâr enerji santrallerinde bildirilen kaza istatistiklerinin azaltılması için personele verilen eğitimlerin iş kazası istatistikleri üzerindeki etkisi SPSS analiz programı kullanılarak incelenmektedir.

Materyal ve yöntem

Bu araştırmanın amacı, rüzgâr enerji santrallerinin yaşam döngüsü incelenerek, rüzgâr türbinlerinde yaşanan iş kazalarının azaltılması için personele uygulanması gerekli olan mesleki eğitimler ile personelin iş deneyiminin artırılması gerekliliğinin tespitidir.

Araştırma yöntemi ve örneklem

Bu 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 verilmektedir. Çalışma, örneklem setleri rüzgâr türbinlerinde alınan bir yıllık iş kazası bildirimlerinin inşa, kurulum ve bakım süreçleri gözlemlenerek elde edilmiştir. Araştırma aynı personel grubu üzerinde tekrar eden dönemlerde verilen eğitimlerin etkileri incelenerek yapılmıştır.

Veri toplama aracı

Rüzgâr enerji santrallerinin yaşam döngüsünde Türkiye'nin enerji potansiyeli ve dünyadaki yeri, Türkiye Rüzgâr Enerjisi Birliği ve bunun gibi birçok istatistik kurumu incelenerek görülmüştür. Yaşam döngüsü süreçleri ise, rüzgâr türbinlerinde alınan iş kazası bildirimlerinin inşa, kurulum ve bakım süreçleri istatistikleri on iki aylık dönemde kayıt altına alınarak tespit edilmiştir.

Verilerin çözümlenmesi

Rüzgâr enerji sektörünün Türkiye, Avrupa ve dünyadaki durumu ve yıllara göre gelişimi istatistiksel olarak incelenmiştir. Rüzgâr enerji santrallerinde bildirilen kaza istatistikleri, rüzgâr türbinlerinin kurulum, nakliye ve bakım süreçlerinde gerçekleşmesi, olası iş kazası ya da meslek hastalıkları istatistikleri ve diğer ülkeler ile karşılaştırılması yapılmıştır. Rüzgâr enerji santrallerindeki sevkiyat, kurulum, ve bakım süreçleri olmak üzere temel olarak üç ana başlık altında geri bildirilen iş kazaları ile elde edilen riskler değerlendirilerek kaynağa, ortama ve çalışana yönelik çözümler sunulması amaçlanmıştır. Bununla birlikte, 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 hedeflenmiştir.

Bulgular

Avrupa ve dünyada rüzgâr enerjisi

Kyoto Protokolü'nün ülkelere getirmiş olduğu bazı yükümlülükler ve sürekli artan enerji talebini karşılayabilmek amacıyla yenilebilir enerji sektöründe yapılan teşvikler, özellikle 2000'li yılların başlangıcından itibaren etkisini göstermiştir. Son on iki yılda yıllık rüzgâr enerjisi kapasitesi %11.6'lık kümülatif büyüme oranını yakalayarak, 2000'de 3.2 GW iken, 2012'de 11.9 GW seviyesine ulaşmıştır. Bununla birlikte 2010 yılında, AB genelinde 70488 adet kara (onshore) rüzgâr türbini ve 1132 adet açık deniz (offshore) türbini bulunmaktadır (Brun ve Suarez, 2013).

2005 yılında Avrupa Birliği ülkelerindeki kurulu rüzgâr gücü kapasitesi yıllık 40.7 GW seviyelerinde iken, 2016 yılında bu değer yıllık 153.7 GW seviyelerine kadar çıkararak, yaklaşık 4 kat artış sağlanmıştır. Avrupa Rüzgâr Enerjisi Kurumu tarafından hazırlanan 2016 yılı rüzgâr enerjisi raporuna göre, Avrupa’da 2016 yılı içerisinde yıllık toplam 1249 MW güce sahip yeni rüzgâr enerjisi santrallerinin faaliyete geçmesiyle birlikte Avrupa Birliği ülkelerinin kurulu rüzgâr enerjisi kapasitesi yıllık 153.7 GW seviyesine yükselmiştir (Pineda, 2016).

2016 yılında elde edilen istatistiklere göre kurulu rüzgâr gücü kapasitesinin ülkelere göre dağılımına bakıldığında, Avrupa Birliği ülkelerindeki yıllık toplam 153.7 GW lık kurulu rüzgâr gücü kapasitesinin, Almanya 50 GW ve İspanya 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’ini 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 (Pineda, 2016).

2016 yılı itibariyle kurulu rüzgâr gücü kapasitesi bakımından ülkelerin durumlarına bakıldığında, yıllık 23328 MW üretim ile Çin ilk sırada yer almaktadır ve küresel boyutta kurulu rüzgâr gücü kapasitesinin yaklaşık %43’lük bölümüne sahip olduğu görülmektedir. Sırasıyla yıllık 8203 MW üretim ile Amerika Birleşik Devletleri ve yıllık 5443 MW üretim ile Almaya gelmektedir. Türkiye ise 1387 MW üretim kapasitesi ile sektörde yedinci sırada kendine yer bulmaktadır (Fried, 2017).

2016 yılı verileri temel alındığında bu üç ülkenin sahip olduğu kurulu rüzgâr gücü kapasitesinin, dünyada bulunan toplam kurulu rüzgâr gücü kapasitesinin %68’lik kısmını oluşturduğu görülmektedir. Rüzgar enerjisi sektöründeki mevcut gelişim eğilimleri incelendiğinde, 2017 yılına kadar küresel rüzgar enerjisi pazarında kümülatif bazda %10’dan fazla bir büyüme beklenmekte olup, 2017 yılında dünyadaki kurulu rüzgar gücü kapasitesinin 550 GW seviyelerine ulaşacağı öngörülmektedir (Fried, 2017).

Rüzgâr enerjisinde olay bildirim istatistikleri

Birçok üretim sektöründe sıklıkla görülmeyen ağır hava şartları, ulaşımın kısıtlı ve zor oluşu, merkezi yerleşimlerden uzak çalışma alanları gibi rüzgâr enerjisi sektörüne özel bir dizi riskler bulunmaktadır. Dolayısıyla, bu sektörde iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili riskler genel olarak diğer üretim sektörlerindeki risklerden temel olarak farklılık içermektedir. The Caithness Wind Farm Information Forum (CWIF) tarafından rüzgâr türbinleri ile ilişkili olarak dünya genelinde resmi olarak bildirilen veya resmi bildirim olmayan ancak basın kayıtlarından elde edilen iş kazaları kayıt altına alınmıştır. Yapılan olay bildirimleri sebeplerine göre incelenerek ayrıntılı istatistikler oluşturulmuştur (URL 1-URL 3).

31 Mayıs 2017 CWIF tarafından hazırlanan rüzgâr türbini olay bildirimlerinde Aralık 2011 Daily Telegraph raporuna göre İngiltere’de son beş yıl içerisinde 1500 adet kaza ve olay bildiriminde bulunulmuştur. 2006-2010 yılları arasında ise 142 olay bildirimini yapıldığı rapor edilmiştir. Rüzgâr türbinlerinin gelişen teknoloji ile birlikte artış göstermesi sonucu, daha fazla kaza ve olay bildirimini rapor edildiği gözlemlenmiştir. 1997-2001 yılları arasında ortalama her yıl 23 adet kaza ve olay bildirimini, 2002-2006 yılları arasında her yıl ortalama 70 olay bildirimini, 2007-2011 yılları arasında her yıl ortalama 135 olay bildirimini, 2012-2016 yılları arasında ise yıllık ortalama 164 adet iş kazası ve olay bildirimini rapor edilmiştir. 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. Yaşanan iş kazalarının sonuçları göz önüne alındığında, 2000-2017 yılları arında gerçekleşen 2089 adet iş kazasının 132 adedi ölümcül kaza olarak kaydedilmiştir. Kayıt altına alınan en çok ölümlü iş kazası 2011 ve 2012 yıllarında gerçekleşmiş olup, bu iki yılda rüzgâr enerjisi sektöründe toplam 31 adet ölümcül iş kazası yaşanmıştır. 179 ölümcül olaydan 108 adet iş kazası rüzgâr endüstrisinde çalışan ve destek veren sürücülük, yapı, bakım ve mühendislik işlemleri yapan çalışanlar tarafından gerçekleştirilmiştir (URL 3).

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 hayatını kaybetmiştir (URL 3).

Türkiye rüzgâr enerjisi olay bildirim istatistikleri

Türkiye'nin önde gelen bir rüzgâr türbini firmasının 2016 yılı kaza tutanağı 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 düşünülüğünde 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 elemanları inşaat sahasına taşınırken parçaların her biri, çok büyük olduğu için, genellikle tek tek taşınmaktadır. Taşıma esnasında meydana gelen mevcut riskler, demonte parça ağırlıkları ve boyutlarının çok büyük olması nedeniyle artmaktadır.

Türkiye'de 2016 yılı içerisinde, rüzgâr türbinlerinde 1084 adet olay bildiriminden elde edilen istatistiklere göre yapılan olay bildirimlerinin dağılımında, 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 bildirimini %45'lik oranla türbin montajı sürecinde yapılmıştır. Türbin montaj sürecinde başlıca yapılan olay bildirimleri; kaldırma işlemleri sırasında nesnelere düşmesi, yüksekten düşme, takılma ve kayma sonucu düşme, azami ağırlıkların üzerinde yük taşınması, vinçle kaldırma işlemleri sırasında yüklerin dengelenmemesi gibi bildirimleridir.

Bununla birlikte montaj işlemleri sırasında uzuv sıkışması veya ezilmesi, elektrik çarpması, dar ve kapalı alanlarda çalışma, ergonomik olmayan koşullarda çalışma, kule içi şaft boşluğuna düşme, patlama ve yangın, asılı kalma travması gibi olay bildirimlerine yer verilmektedir. Ayrıca montaj sırasında türbin parçalarının düşmesi, vinç halatlarının kopması, yıldırım çarpması, vincin devrilmesi, dikkatsiz çalışma, kule içinde yüksek gürültüye maruz kalma, sıcak ve soğuk hava maruziyeti, iş baskısı ve türbin sahasının yerleşim alanlarına uzak olması gibi durumlar da bildirilmiştir.

Türbin montajı, türbinin devreye alınması ve bakım işlemlerinde %77'lik oranla 831 adet olay bildirimleri 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 kanatlarda yürütülecek bir bakım faaliyeti sırasında yüksekte çalışılması düşme riskine yol açmaktadır. Türbin içinde yürütülen faaliyetlerin tümünde çalışılan alanların çok dar ve kapalı olması, havalandırma problemini ve acil durumlarda tahliye işleminin zor olmasına neden olmaktadır. Makine dairesinde yürütülen faaliyetler sırasında özellikle dişli kutusunun koruyucularının aktif olmaması veya çalışır durumdayken dişlilere müdahale edilmesi, uzuv sıkışmasına neden olabilir. Özellikle makine dairesinde ya da göbek kısmında yürütülen faaliyetler sırasında çalışma ortamının dar olması sebebiyle, uygun olmayan postürlerde uzun süreli çalışmaya bağlı olarak bel ağrısı gibi sorunlar yaşanabilir. Yangın veya yıldırım çarpması gibi acil bir durumda özellikle kule üzerinde çalışan kişilerin, kule içerisinden çıkış yapamaması durumunda kule dışından aşağı inmesi gerekmektedir. Bu nedenle acil durumlarda tahliye zorluğu yaşanmaktadır.

Analiz yöntemi

Personele verilen eğitimlerin iş kazaları üzerindeki etkisinin SPSS analiz programı ile gösterimi

Çalışmada 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. Çalışmada 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. Eşleştirilmiş Örneklem T Testi (Paired Samples T Test), analiz yöntemi olarak seçilmiştir. Çünkü tekrarlı ölçümlerde önceki ve sonraki durumlar arasında fark olup olmadığını belirlemek için bu yöntem kullanılmaktadır. Analiz yönteminde kullanılan veri setleri Tablo 1’deki gibidir.

Tablo 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 Tablo 2’deki gibidir.

Tablo 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 güvenilirlikle, eğitimden önceki ve sonraki olay bildirim ortalamaları karşılaştırıldığında, istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık yoktur. ($\mu_1 \approx \mu_2$)

: H_A %95 güvenilirlikle, 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 Tablo 3'teki gibidir.

Tablo 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						

Tablo 3'teki 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 SPTT yöntemi uygulanmaktadır. PSS tablosu Tablo 4'te gösterilmektedir.

Tablo 4: PSS 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

Tablo 4 referans alınarak gerekli yorumlar yapılmaktadır. İlk olarak PSS (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. İkinci olarak bakılması gereken önemli tablo ise Tablo 5'teki PST (Paired Samples Test) tablosudur.

Tablo 5: PST tablosu

Paired Samples Test									
Paired Differences									
		Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean	95% Confidence Interval of the Difference		t	df	Sig. (2-tailed)
					Lower	Upper			
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 muhtemelen değişikliğe bağlı olmadığını ve verilen eğitimler sayesinde personelin iş deneyiminin artırıldığı düşünülebilmektedir.

Çalışmada 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 söylenebilir ki eğitim, yaşanan iş kazalarındaki ortalamayı düşürmektedir.

- Sig.(2-tailed)<0.05 koşulu sağlandığı için boş hipotez (H_0) 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 hipotezinin kabul gördüğü ve istatistiksel olarak anlamlı bulunduğu ifade edilmektedir.

Sonuç ve öneriler

Bu çalışmada, rüzgâr enerji santrallerinin işletilmesi sırasında yaşanan iş kazalarının sebepleri süreçsel olarak incelenmiş, yapılan olay bildirimlerine ilişkin istatistikler ortaya konularak sektörde yaşanan iş kazası veya meslek hastalıklarının azaltılması amaçlanmıştır. Elde edilen olay bildirimlerinin her biri birer girdi olarak düşünülerek tümevarım yöntem bilimi kullanılmıştır. Tümevarım yöntem bilimi sonucuna göre rüzgâr enerji santrallerinin inşası ve işletilmesi sırasında yaşanan iş kazalarının çalışan personele ayrılan eğitim süresinin artırılması ile bildirilen vaka sayısının düşürüldüğü tespit edilmiştir. Bu tespit SPSS analiz programı kullanılarak istatistiksel olarak anlamlandırılmış ve bilimselleştirilmiştir.

Üretim sektöründeki iş kazalarının ortalama %85'inin insan davranışlarından kaynaklandığı belirtilmiştir (Dizdar, 2010). Hatalı insan davranışları nedeniyle iş kazasına sebep olan en önemli ana faktörün organizasyonel faktörler olduğu; iş rotasyonu, çalışma süresi ve işi zamanında bitirme baskısının güvensiz davranışlara sebep olan en önemli alt faktörler olduğu belirlenmiştir. Yapılan araştırmalar ve ortaya konulan istatistikler ışığında, rüzgâr enerji santrallerinde iş kazasına sebep olabilecek güvensiz durum ve güvensiz davranış risk etmenlerinin çalışan personele gerekli ve yeterli eğitimlerin aldırılması ile azaltılabileceği görülmüştür. Bu eğitimler sırasıyla İSG, ilk yardım, tırmanma-kurtarma, yangın, türbin güvenliği, elektrik güvenliği, tehlikeli maddeler, hidrolik eğitimi, mazeretsiz müşteri, güvenli sürüş ve farkındalık gibi eğitimlerdir. Çalışanların, güvenli çalışma noktasında, alanına göre gerekli eğitimleri tamamlaması ile yaşanan kazaların büyük oranında azaltılabileceği tespit edilmiştir.

Kaynaklar

- [1] Brun, E., 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
- [2] Dizdar, E.N. (2010). *İř 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)
- [3] Fried, L. (2017). *Global Wind Energy Council to 02 February 2017*. Global Wind Statistics. Brüksel: Global Wind Energy Council, (ss. 1-4)
- [4] Pineda, I., & Tardieu, P. (2016). *Europe's wind farms from 1 January to 31 December 2016*. European Wind Statistics. Brüksel: Europe's wind farms, (ss. 6-22)

İnternet kaynakları

- [1] URL 1 - <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*, (Eriřim tarihi: 17.08.2017)
- [2] URL 2 - <https://osha.europa.eu/sites/default/files/publications/documents/E-fact%2080%20-%20EN.pdf>, *Identification Checklist: Occupational Safety and Health (OSH) risks in the wind energy sector*, (Eriřim tarihi: 17.08.2017)
- [3] URL 3 - <http://www.caithnesswindfarms.co.uk/accidents.pdf>, *Summary of Wind Turbine Accident data to 31 December 2017*, (Eriřim tarihi: 17.08.2017)