

**KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ
ANABİLİM DALI**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**BİR İŞLETMEDE BULANIK ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME
YÖNTEMLERİYLE İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ AÇISINDAN
RİSKLİ ALANLARIN BELİRLENMESİ**

ESRA İNCEL

KOCAELİ 2019

KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ
ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BİR İŞLETMEDE BULANIK ÇOK KRİTERLİ KARAR
VERME YÖNTEMLERİYLE İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ
AÇISINDAN RİSKLİ ALANLARIN BELİRLENMESİ

ESRA İNCEL

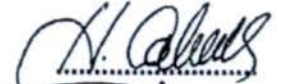
Dr. Öğr. Üyesi Taner ERDOĞAN
Danışman, Kocaeli Üniversitesi

Doç. Dr. Hasan ÇABUK

Jüri Üyesi, Zonguldak Bülent Ecevit Üniversitesi

Dr. Öğr. Üyesi Mehmet Aytaç ÇINAR

Jüri Üyesi, Kocaeli Üniversitesi



Tezin Savunulduğu Tarih: 25.01.2019

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitimim süresince ilgi ve yardımlarını esirgemeyen, tez çalışmam süresince bilimsel katkıları ile bana her zaman yardımcı ve yol gösterici olan değerli tez danışmanım Dr. Öğretim Üyesi Taner ERDOĞAN' a,

Her zaman yanımda olan sevgili annem Emine İNCEL, babam Kazım İNCEL ve abim Eray İNCEL' e içtenlikle teşekkür ederim.

Ocak – 2019

Esra İNCEL

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	i
İÇİNDEKİLER	ii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	iii
TABLolar DİZİNİ	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	vi
ÖZET	vii
ABSTRACT	viii
GİRİŞ	1
1. İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ AÇISINDAN RİSK DEĞERLENDİRME.....	3
1.1. Dünyada ve Türkiye’de İş Sağlığı ve Güvenliğinin Gelişimi	4
1.2. İş Sağlığı ve Güvenliğinin Önemi	6
1.3. İş Sağlığı ve Güvenliğinde Risk ve Risk Değerlendirme Yöntemleri	10
2. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME	12
3. BULANIK ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ	15
3.1. Bulanık Mantık.....	15
3.2. Üyelik Fonksiyonu Özellikleri ve Türleri	16
3.3. Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri.....	18
3.3.1. Bulanık TOPSIS yöntemi	19
3.3.2. Bulanık VIKOR yöntemi	27
4. BULANIK TOPSIS VE BULANIK VIKOR UYGULAMASI.....	30
4.1. İşletmenin Tanıtımı	30
4.2. Ürünlerin Tanıtımı.....	31
4.3. Aydınlatma Sektörü.....	34
4.4. Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Uygulaması	39
4.4.1. Bulanık TOPSIS algoritmasının uygulanması	40
4.4.2. Bulanık VIKOR algoritmasının uygulanması	57
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	63
KAYNAKLAR	66
EKLER.....	69
KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER	71
ÖZGEÇMİŞ	72

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1. 2016 yılı iş göremezlik sürelerine (gün) göre iş kazası geçiren sigortalı sayısı en fazla olan faaliyet alanları.....	9
Şekil 2.1. Karar analiz yöntemleri.....	12
Şekil 2.2. Genel ÇKKV karar süreci ve katılım aşamaları	14
Şekil 3.1. Bulanık üyelik fonksiyonunda çekirdek, destek ve sınır gösterimi	16
Şekil 3.2. Çok kriterli karar verme yöntemleri uygulama süreci	18
Şekil 3.3. Kriterler için önem ağırlıklarını gösteren üçgen bulanık sayıların gösterimi	20
Şekil 3.4. Alternatiflerin değerlendirilmesi için kullanılan üçgen bulanık sayıların gösterimi	21
Şekil 3.5. Kriterler için önem ağırlıklarını gösteren yamuk bulanık sayıların gösterimi	21
Şekil 3.6. Alternatiflerin değerlendirilmesi için kullanılan yamuk bulanık sayıların gösterimi	22
Şekil 3.7. İdeal ve uzlaşık çözümler.....	27
Şekil 4.1. Endüstriyel aydınlatma armatürleri serisi görselleri.....	32
Şekil 4.2. Spot aydınlatma armatürü serisi görselleri	32
Şekil 4.3. Dış aydınlatma ürünleri serisi görselleri.....	33
Şekil 4.4. Sıva altı, sıva üstü ve sarkıt armatür serisi görselleri.....	33
Şekil 4.5. Faset aydınlatma armatürü serisi görselleri	34
Şekil 4.6. Ray spot aydınlatma armatür serisi görselleri.....	34
Şekil 4.7. Türkiye’ nin dünya aydınlatma ekipmanları ihracatındaki payı	38
Şekil 4.8. Çok kriterli karar verme yöntemleri uygulama süreci	40
Şekil 4.9. İşletmende bölümlerin genel gösterimi.....	41
Şekil 4.10. Probleminin hiyerarşik yapısı	42
Şekil 4.11. Üçgen ve bulanık sayılar için CC değerlerinin grafik gösterimi	56
Şekil 4.12. Üçgen ve bulanık sayılar için Q_i , S_i ve R_i değerlerinin grafik gösterimi.....	60

TABLÖLER DİZİNİ

Tablo 1.1. 5510 sayılı kanunun 4-1/a maddesi kapsamındaki sigortalılardan iş kazası geçiren ve meslek hastalığına tutulan sigortalı sayılarının ekonomik faaliyet sınıflamasına göre dağılımı, 2016	7
Tablo 1.2. 5510 sayılı kanunun 4-1/a maddesi kapsamındaki sigortalılardan iş kazası geçirenler ile iş kazası sonucu ölenlerin yaranın türüne göre dağılımı, 2016	10
Tablo 1.3. Risk değerlendirme yöntemleri.....	10
Tablo 2.1. Çok kullanılan ÇKKV yöntemleri	13
Tablo 3.1. Üyelik fonksiyonları ve grafik gösterimi.....	17
Tablo 3.2. Kriterler için önem ağırlıklarını gösteren dilsel değişkenler ve üçgen bulanık sayılarla ifadesi	20
Tablo 3.3. Alternatiflerin değerlendirilmesi için kullanılan dilsel değişken ve üçgen bulanık sayılarla ifadesi	20
Tablo 3.4. Kriterler için önem ağırlıklarını gösteren dilsel değişkenler ve yamuk bulanık sayılarla ifadesi.....	21
Tablo 3.5. Alternatiflerin değerlendirilmesi için kullanılan dilsel değişken ve yamuk bulanık sayılarla ifadesi	21
Tablo 3.6. Alternatifin yakınlık katsayısı değerine göre durum değerlendirmesi	26
Tablo 4.1. Aydınlatma ekipmanlarına ait firma sayısı ve üretim göstergeleri.....	35
Tablo 4.2. Aydınlatma ekipmanlarına ait ihracat göstergeleri.....	36
Tablo 4.3. Aydınlatma ekipmanlarına ait ithalat göstergeleri.....	36
Tablo 4.4. Türkiye' nin aydınlatma ekipmanları ihracatı yaptığı ülkeler, 2017.....	37
Tablo 4.5. Türkiye' nin aydınlatma ekipmanları ithalatı yaptığı ülkeler, 2017.....	37
Tablo 4.6. Türkiye aydınlatma sektörü pazar değerleri (2010-2015)	37
Tablo 4.7. Aydınlatma ekipmanları ihracatının dünya ihracatı içinde payı.....	38
Tablo 4.8. Dünya aydınlatma ekipmanları ihracatçıları, 2017.....	39
Tablo 4.9. Dünya aydınlatma ekipmanları ithalatçıları, 2017.....	39
Tablo 4.10. Kriterlerin önem ağırlıkları.....	43
Tablo 4.13. Üçgen bulanık sayılar için kriter ağırlıkları.....	44
Tablo 4.14. Yamuk bulanık sayılar için kriter ağırlıkları.....	44
Tablo 4.15. Karar vericinin bölümleri değerlendirme tablosu	44
Tablo 4.16. Üçgen bulanık karar matrisi.....	46
Tablo 4.17. Yamuk bulanık karar matrisi	47
Tablo 4.18. Normalize edilmiş üçgen bulanık karar matrisi.....	48
Tablo 4.19. Normalize edilmiş yamuk bulanık karar matrisi	49
Tablo 4.20. Ağırlıklı normalize edilmiş üçgen bulanık karar matrisi	50
Tablo 4.21. Ağırlıklı normalize edilmiş yamuk bulanık karar matrisi.....	51
Tablo 4.22. Üçgen bulanık pozitif ideal çözüm	53
Tablo 4.23. Üçgen bulanık negatif ideal çözüm	53
Tablo 4.24. Yamuk bulanık pozitif ideal çözüm.....	54

Tablo 4.25. Yamuk bulanık negatif ideal çözüm	54
Tablo 4.26. Üçgen bulanık uzaklık ve yakınlık katsayıları.....	55
Tablo 4.27. Yamuk bulanık uzaklık ve yakınlık katsayıları	55
Tablo 4.28. Alternatiflerin sıralama	56
Tablo 4.29. Regresyon analizi sonucu	56
Tablo 4.30. Üçgen bulanık sayılar için kriterlerin en iyi ve en kötü değerleri	57
Tablo 4.31. Yamuk bulanık sayılar için kriterlerin en iyi ve en kötü değerleri	57
Tablo 4.32. Üçgen bulanık sayılar için S_i değerleri	58
Tablo 4.33. Üçgen bulanık sayılar için R_i değerleri.....	58
Tablo 4.34. Yamuk bulanık sayılar için S_i değerleri.....	58
Tablo 4.35. Yamuk bulanık sayılar için R_i değerleri	58
Tablo 4.36. Üçgen bulanık sayılar için S^* , S^- , R^* ve R^- değerleri	59
Tablo 4.37. Yamuk bulanık sayılar için S^* , S^- , R^* ve R^- değerleri.....	59
Tablo 4.38. Üçgen bulanık sayılar için alternatiflerin Q_i değerleri.....	59
Tablo 4.39. Yamuk bulanık sayılar için alternatiflerin Q_i değerleri	60
Tablo 4.40. Üçgen bulanık sayılar için Q_i , S_i ve R_i indeks değerleri ve sıralama.....	60
Tablo 4.41. Yamuk bulanık sayılar için Q_i , S_i ve R_i indeks değerleri ve sıralama.....	60
Tablo 4.42. Üçgen ve yamuk bulanık sayılar için alternatiflerin sıralaması.....	62
Tablo 4.43. Regresyon analizi sonucu	62
Tablo 5.1. Kullanılan yöntemlere göre sıralama.....	64

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

AHP	: Analytic Hierarchy Process (Analitik Hiyerarşi Prosesi)
ANSI	: American National Standards Institute (Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü)
ÇKKV	: Çok Kriterli Karar Verme
ÇSGB	: T.C. Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı
ILO	: International Labor Organization (Uluslararası Çalışma Örgütü)
ISO	: Uluslararası Standartlar Örgütü
İSG	: İş Sağlığı ve Güvenliği
SGK	: Sosyal Güvenlik Kurumu
TOPSIS	: Technique For Order Preference By Similarity To Ideal Solution (İdeal Çözüm Benzerliği Seçim Tekniği)
VIKOR	: Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje
WHO	: World Healty Organization (Dünya Sağlık Örgütü)

BİR İŞLETMEDE BULANIK ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİYLE İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ AÇISINDAN RİSKLİ ALANLARIN BELİRLENMESİ

ÖZET

Çok kriterli karar verme yöntemleri, çok sayıda kalitatif ve kantitatif kriterleri değerlendirerek karar verme sürecinde en iyi alternatifin seçilmesine ya da bu alternatiflerin sıralanmasına imkân veren araçlardır. Bu çalışmada incelenen işletmede iş sağlığı ve güvenliği açısından iyileştirme yapılması gereken bölümleri belirlemek için bulanık çok kriterli karar verme yöntemi kullanılmıştır. Çalışmada çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemlerinden bulanık TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) ve bulanık VIKOR (Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje) kullanılmıştır. Bu bulanık ÇKKV yöntemlerinde, karar kriterleri ve alternatifler, dilsel değişkenler kullanılarak değerlendirilmektedir. Dilsel ifadeler; bulanık yamuk dilsel ifadeler veya bulanık üçgen dilsel ifadeler olabilir. Bu çalışmada hem üçgen hem de yamuk dilsel ifadeler kullanılarak elde edilen sonuçlar karşılaştırılmıştır. Belirlenen kriterler doğrultusunda iş sağlığı ve güvenliği açısından iyileştirmeye en çok ihtiyacı olan bölüm belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bulanık TOPSIS, Bulanık VIKOR, Çok Kriterli Karar Verme, İş Sağlığı ve Güvenliği.

DETERMINATION OF RISKY DEPARTMENTS IN A FACILITY IN TERMS OF OCCUPATIONAL HEALTH AND SAFETY USING FUZZY MULTI-CRITERIA DECISION-MAKING METHODS

ABSTRACT

Multi-criteria decision-making methods are the tools that allow the selection of the best alternative in the decision-making process or the ranking of the alternatives by evaluating numerous qualitative and quantitative criteria. In this study, fuzzy multi-criteria decision-making method is used to determine the departments that needs improvement in the investigated facility in terms of occupational health and safety. In the study, fuzzy TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) and fuzzy VIKOR (Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje) which are the multi-criteria decision-making methods, have been used. In these fuzzy multi-criteria decision-making methods, decision criteria and alternatives are evaluated using linguistic variables. The linguistic variables can be trapezoidal fuzzy linguistic variables or triangular fuzzy linguistic variables. In this study, results obtained with the use of both fuzzy triangular and fuzzy trapezoidal linguistic variables have been compared. In accordance with the determined criteria, the department which needs to be improved most, in terms of occupational health and safety, has been determined.

Keywords: Fuzzy TOPSIS, Fuzzy VIKOR, Multi-Criteria Decision-Making, Occupational Health and Safety.

GİRİŞ

Dünyada ve ülkemizde sanayileşmenin gelişmesiyle birlikte yaşanan iş kazaları ve meslek hastalıklarının artmasıyla iş sağlığı ve güvenliğine verilen önem artmıştır. Bu kapsamda kuruluşların iş sağlığı ve güvenliğini sağlanması ve sürekli iyileştirilmesini sağlamak amacıyla ISO/IEC 45001 İş Sağlığı ve Güvenliği Yönetim Sistemi standardı oluşturulmuştur. Bu yönetim sistemi çalışanların yaralanma ve/veya sağlık sorunlarını önlemek, güvenli ve sağlıklı işyerleri oluşturmayı amaçlamaktadır. Bu nedenle, kuruluşun iş sağlığı ve güvenliği risklerini ortadan kaldırmak veya azaltmak için etkin düzeltici ve koruyucu önlemler alması kritik önem taşımaktadır (ISO 45001).

ISO 45001 standardı iş sağlığı güvenliği performansını proaktif olarak iyileştirmeyi, güvenli ve sağlıklı bir işyeri oluşturmayı sağlayan uluslararası bir güvenlik yönetim sistemi standardıdır. Güvenliği ele almak için çevre yönetim sistemleri yaklaşımından (ISO 14001), ilk olarak OHSAS 18001 (İngiltere Standart Kurumu tarafından hazırlanan), daha sonra ANSI Z10 (Amerikan Ulusal Standartlar Enstitüsü tarafından hazırlanan) ile inşa edilmiştir (Rostykus ve diğerleri, 2016).

Bu çalışmada aydınlatma sektöründe faaliyet gösteren işletmede iş sağlığı ve güvenliği açısından yüksek riskli bölümlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bunun için bulanık çok kriterli karar verme yöntemlerinden olan bulanık TOPSIS ve bulanık VIKOR yöntemleri kullanılmıştır.

Çalışmanın birinci bölümünde sırasıyla dünyada ve ülkemizdeki iş sağlığı ve güvenliğinin gelişimi, iş sağlığı ve güvenliğinin önemi ve iş sağlığı ve güvenliğinde risk ve risk değerlendirme yöntemleri açıklanmıştır. İkinci bölümde çok kriterli karar verme yaklaşımı ve özellikleri açıklanmıştır. Üçüncü bölümde bulanık TOPSIS ve bulanık VIKOR yöntemlerinin uygulama adımları hakkında bilgi verilmiştir. Çalışmanın dördüncü bölümünde aydınlatma sektöründe faaliyet gösteren bir işletme ele alınmıştır. İşletmedeki riskli alanları belirleyerek iyileştirme çalışmaları yapılması gereken bölümleri tespit edebilmek için Bulanık TOPSIS ve bulanık VIKOR yöntemleri kullanılmıştır. İşletme beş bölüme ayrılmış ve bölümlerin

değerlendirilmesinde 10 kriter belirlenmiştir. Üçgen ve yamuk bulanık sayılar kullanılarak uygulanan iki yöntemden elde edilen sonuçların karşılaştırılması sonuç ve öneriler başlıklı son bölümde açıklanmıştır.

1. İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİ AÇISINDAN RİSK DEĞERLENDİRME

Bu bölümde genel olarak iş güvenliği kavramı açıklandıktan sonra sırasıyla dünyada ve ülkemizde iş sağlığı ve güvenliğinin gelişimi, iş sağlığı ve güvenliğinin önemi, iş sağlığı ve güvenliğinde risk ve risk değerlendirme yöntemleri ele alınmıştır.

İş güvenliği ile ilgili literatürde birçok tanıma rastlanır. Bunlar;

- İş güvenliği kavramı, işin yapılması sırasında çalışanların karşılaştıkları tehlikelerin ortadan kaldırılması veya azaltılması konusunda işverene getirilen yükümlülüklerle ilişkin teknik kurallar bütünüdür (Demircioğlu ve Centel, 2016).
- Dünya Sağlık Örgütü tarafından yapılan tanımında sağlık kavramı; “sadece hastalık ve sakatlıkların yokluğu değil, fiziksel, ruhsal ve sosyal açıdan iyilik durumlarını en üst düzeye ulaştırmak” biçiminde tanımlanmıştır (Kahya ve Özkar, 2014)
- Uluslararası Çalışma Örgütü, iş sağlığı ve güvenliği ve çalışma ortamına ilişkin 155 sayılı sözleşmesinde sağlık terimi, “işle bağlantısı açısından, sadece hastalık veya sakatlığın bulunmaması halini değil, aynı zamanda, çalışma sırasındaki hijyen ve güvenlik ile doğrudan ilişkili olarak sağlığı etkileyen fiziksel ve zihinsel unsurları da kapsar” biçiminde tanımlanmıştır.
- İş sağlığı ve güvenliği, işin yürütülmesi sırasında çeşitli nedenlerden kaynaklanan sağlığa zarar verebilecek koşullardan korunmak amacıyla yapılan sistemli ve bilimsel çalışmalardır (Tanır, 2004).
- İş güvenliği, işyerlerinde çalışanların yapılan iş ile ilgili olarak ortaya çıkan tehlikelerden, hem bedensel hem de ruhsal olarak zarar görmemesi için alınması gerekli hukuki, teknik ve tıbbi önlemleri sağlamaya yönelik çalışmalardır.
- İş güvenliği, kaza olmadan önce olasılıkları ortadan kaldırmaya veya azaltmaya yönelik çalışmalar yapan teknik bir bilim dalıdır.

İş güvenliği ile ilgili üç unsur bulunmaktadır. Bunlar;

- Çalışanların korunması: iş sağlığı ve güvenliği çalışmalarının asıl amacını oluşturmaktadır. Çalışanları işyerlerinin olumsuz etkilerinden korumak, rahat ve güvenli ortamda çalışmalarını sağlamak, iş kazaları ve meslek hastalıklarına karşı koruyarak ruh ve beden bütünlüklerinin sağlanması amaçlanmaktadır.
- Üretim güvenliğinin sağlanması: bir işyerinde üretim güvenliğinin sağlanması verimi de arttıracığından ekonomik açıdan önemlidir. İşyerinde çalışanların korunması ile meslek hastalıkları ve iş kazaları sonucu meydana gelen iş gücü ve iş günü kayıpları azalacak, böylelikle üretim kayıpları yaşanmayacak ve daha sağlıklı ve güvenli çalışma ortamının çalışana verdiği güvenle iş veriminde artış olacaktır.
- İşletme güvenliğinin sağlanması: işyerinde alınacak önlemlerle iş kazalarından veya sağlıksız çalışma ortamı nedeniyle oluşabilecek ve işletmeyi tehlikeye düşürebilecek durumlar ortadan kaldırıldığında işletme güvenliği de sağlanmış olacaktır.

1.1. Dünyada ve Türkiye’de İş Sağlığı ve Güvenliğinin Gelişimi

İş kazası ve meslek hastalıklarına karşı çalışanların korunması ilkesine yönelik olarak ilk yasal çalışmalar ve düzenlemeler 19.yy’ın sonlarında yapılmaya başlanmıştır (Çiçek ve Öcal, 2016). Ülkelere göre iş güvenliği ile ilgili ilk yasalar sırasıyla Belçika’da 1810, İngiltere’de 1833, Almanya’da 1839, İsviçre’de 1840, Fransa’da 1841 ve Amerika’da 1877 yılında çıkarılmıştır. Ülkemizde ise ilk yazılı belge 1865 yılında çıkarılan Dilaver Paşa Nizamnamesi’dir (Dizdar, 2008).

İş güvenliğinin tarihi gelişiminde önemli aşamalar sırasıyla aşağıda özetlenmiştir;

- M.Ö. 400 yıllarında meslek hastalığı yapabilecek maddeler Hipokrat tarafından bahsedilmiştir,
- 1531 yılında madende oluşabilecek hastalıklarının sonuçları Paracelsus tarafından bahsetmiştir,
- 1746 yılında dikiş yakarken parmağına iğne batmasını önlemek için Goldschmied tarafından yüksük icat edilmiştir,
- 1785 yılında, kaza verileri toplanmaya başlanmıştır,

- 1802 yılında, İngiltere’ de günde 14 saat çalıştırılan çocuk işçilere yönelik olarak çocukların korunması kanunu çıkarıldı. Daha sonra bu kanun 1833 yılında kadınları da koruyacak şekilde kapsamı genişletildi,
- 1802 yılında İngiltere’ de fabrikalar kanunu çıkarılmıştır. Dünyadaki ilk iş güvenliği yasası olan bu kanunun adı “çıraklık kanunu sağlık ve ahlakı” olmuştur.
- 1828 yılında General Kon Horn, orduya almak için sağlıklı asker bulamadığından, genç yaşta çocuk işçilerin fabrikada çalıştırılması nedeniyle sakatlanmasını önlenmesi için fabrikalara çocuk işçilerin özellikle de erkek çocukların alınmasının yasaklanmasını Prusya kralından talep etmiştir. Böylece ilkökul eğitimi alma zorunluluğu getirildi.
- 1831 yılında, buhar kazanının kontrolü için polis kontrol tüzüğü yayınlandı,
- 1833 yılında İngiltere’ de iş yerlerinin genel koşullarını belirleyen ve devlet tarafından denetimini öngören bir örgüt kuruldu,
- 1839 yılında Prusya’ da İş Güvenliği Kanunu çıkarıldı. Bu kanunla 9 yaşından küçük çocukların çalıştırılması yasaklandı. 9-15 yaş arasında çocukların günde en çok 10 saat çalıştırılması sınırı getirildi, gece 21:00 - 05:00 arası vardiya çalışması çocuklara yasaklandı, öğle arası 1 saat, kahvaltı ve ikindi yemeği 15 dakika olarak kabul edilmiştir. Ayrıca bu tarihte Çalışma Bakanlığı kurulmuştur.
- 1842 tarihinde kadınların ve 10 yaşından küçük çocukların madenlerde çalıştırılması yasaklanmıştır.
- 1845 yılında Prusya Esnaf Derneği tarafından izin alınarak kurulacak tehlikeli tesis sistemlerini belirleyen bir katalog yayınlandı,
- 1853 yılında 12 yaşından küçük çocukların çalışma yasağı 12-14 yaş arası çocukların günde 10 saatten fazla çalıştırılmamaları, gençlere en az 2 saat dinlenme verilmesi hakkında kanun çıkarıldı,
- 1865 yılında Prusya Maden Kanunu çıkarıldı ve Maden Polis Teşkilatı kuruldu,
- 1865 yılında Zonguldak Kömür Havzasında çalışma usullerini tespit eden Dilaver Paşa Nizamnamesi çıkarıldı (Kahya ve Özkar, 2014),
- 1890 yılında çalışma güvenliğinin kurallarının belirlenmesi amacıyla ilk uluslararası konferans yapıldı,
- 1913’ te A.B.D.’ de Ulusal Güvenlik Konseyi (NSC) kuruldu,
- 1918 yılında, günlük azami çalışma 8 saat kabul edildi,

- 1946 yılında Çalışma Bakanlığı ülkemizde kuruldu,
- 1949 yılında Merkezi İş Güvenliği Enstitüsü (SOEST) kuruldu,
- 1963 yılında, kanunda 20' den fazla çalışanı olan iş yerlerinde iş güvenliği sorumlusu bulundurma mecburiyeti getirildi,
- 1964 yılında ülkemizde İş Güvenliği Müfettişliği Örgütü ve İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Merkezi (İSGÜM) kuruldu,
- 1965 yılında ülkemizde 506 sayılı Sosyal Sigortalar Kurumu Kanunu çıkarıldı,
- 1970' de A.B.D.' de Mesleki Güvenlik ve Sağlık Kanunu (OSHA) çıkarıldı. Ulusal Mesleki Sağlık ve Güvenlik (NIOSH) ve Amerikan Güvenlik Mühendisleri Derneği kuruldu,
- 1971 yılında ülkemizde 1475 sayılı iş kanunu çıkarıldı,
- 1973 yılında, işyeri hekimi ve işyeri güvenlik elemanı istihdamının zorunluluğunu gerektiren genelge kabul edildi,
- 2003 yılında 4857 sayılı İş Kanunu yürürlüğe girdi,
- 2012 yılında 6331 sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu yürürlüğe girdi.

1.2. İş Sağlığı ve Güvenliğinin Önemi

İş sağlığı ve güvenliğinin önemini anlamak için, iş kazaları ve meslek hastalıkları nedeniyle oluşan kayıp ve yarattığı sonuçları açıklamak gerekir. ILO verilerine göre, her 15 saniyede 160 işçi, iş kazası geçirmektedir. Her gün yaklaşık 6.400 kişi iş kazası veya meslek hastalıkları nedeniyle yaşamını kaybetmektedir.

Her yıl yaklaşık olarak 350.000 kişi iş kazası, 2.000.000 kişi meslek hastalıklarından dolayı yaşamını yitirmektedir. Her yıl 270.000 iş kazası meydana gelmekte, yaklaşık 313.000.000 kişi ölümcül olmayan iş kazası geçirmekte ve 160.000.000 kişi meslek hastalıklarına yakalanmaktadır. Her yıl zehirli maddelerden dolayı 651.000 kişi yaşamını kaybetmektedir. Dünyada meydana gelen cilt kanseri hastalıklarının %10' unun işyerlerinde zehirli maddelerle temas nedeniyle olduğu belirtilmektedir. Her yıl asbestin etkisiyle 100.000 kişinin yaşamını kaybettiği tahmin edilmektedir. Dünyada asbest üretimi 1970' lerden günümüze sürekli azalmış olmasına rağmen, geçmişte temasta bulunanlar kişiler için risk hala devam etmektedir. Belirtilen bu rakamların bildirim ve kayıt sistemindeki eksiklikler nedeniyle çoğu ülke için gerçek rakamların daha yüksek olduğu söylenebilir. ILO rakamlarına göre dünyada inşaat sektöründe her

yıl yaklaşık 60.000 ölümcül kaza yaşanmakta ve diğer bir ifadeyle inşaat sektöründe her 10 dakikada bir kişi iş kazası sonucu yaşamını yitirmektedir (TMMOB, 2018).

Ekonomik açıdan bakıldığında ise, işle ilgili hastalık ve ölümlerin yarattığı ekonomik kayıp gayri safi yurtiçi hasılanın %4' ünü karşılık gelmektedir (Tambay, 2018). İş güvenliği ve iş sağlığının sağlanmadığı durumlarda ortaya çıkan iş kazası ve meslek hastalıkları, öncelikle çalışana, işyerine, işverene ve ulusal ekonomiye geniş ölçekli maliyetlere neden olmaktadır. Bu ekonomik kayıplar, hem işletmelerin rekabet gücü azaltmakta hem de ülkenin gayri safi yurt içi hasılasında önemli bir değere karşılık gelerek ülkenin ekonomik ve sosyal kalkınmaya yönelik hedefleri büyük ölçüde etkilemektedir (Kılış, 2014).

Ülkemizde Sosyal Güvenlik Kurumu' nun 26.07.2017 tarihinde güncellediği 2016 yılına ait 5510 sayılı kanunun 4-1/a maddesi kapsamındaki sigortalılardan iş kazası geçiren ve meslek hastalığına tutulan sigortalı sayılarının ekonomik faaliyet sınıflamasına göre dağılımı Tablo 1.1' de bulunmaktadır. Bu verilere göre iş kazası geçiren sigortalı sayısı, 241.115 erkek, 44.953 kadın olmak üzere toplamda 286.068 kişi, meslek hastalığına tutulan sigortalı sayısı ise 568' i erkek ve 29' u kadın olmak üzere toplamda 597 kişi olduğu açıklanmıştır.

Şekil 1.1' de iş göremezlik süresi en fazla olan faaliyet alanları görülmektedir. Grafikteki değerler toplam iş göremezlik süresinin yaklaşık %50' lik kısmına karşılık gelmektedir. Buna göre iş görememezlik süresi en fazla olan faaliyet alanları; makine ve teçhizat hariç fabrikasyon metal ürünleri imalatı ve bina inşaatı faaliyetleridir (SGK, 2018).

Tablo 1.1. 5510 sayılı kanunun 4-1/a maddesi kapsamındaki sigortalılardan iş kazası geçiren ve meslek hastalığına tutulan sigortalı sayılarının ekonomik faaliyet sınıflamasına göre dağılımı, 2016

Ekonomik Faaliyet Sınıflaması	İş göremezlik sürelerine (gün) göre iş kazası geçiren sigortalı sayıları	Meslek hastalığına tutulan sigortalı sayısı
01-Bitkisel ve hayvansal üretim ile avcılık ve ilgili hizmet faaliyetleri	1.863	1
02-Ormancılık ve tomrukçuluk	345	0
03-Balıkçılık ve su ürünleri yetiştiriciliği	582	0
05-Kömür ve Linyit Çıkartılması	8.274	74
06-Ham Petrol ve Doğalgaz çıkarımı	112	0
07-Metal Cevheri Madenciligi	1.037	0
08-Diğer Madencilik ve Taşocakçılığı	2.045	3

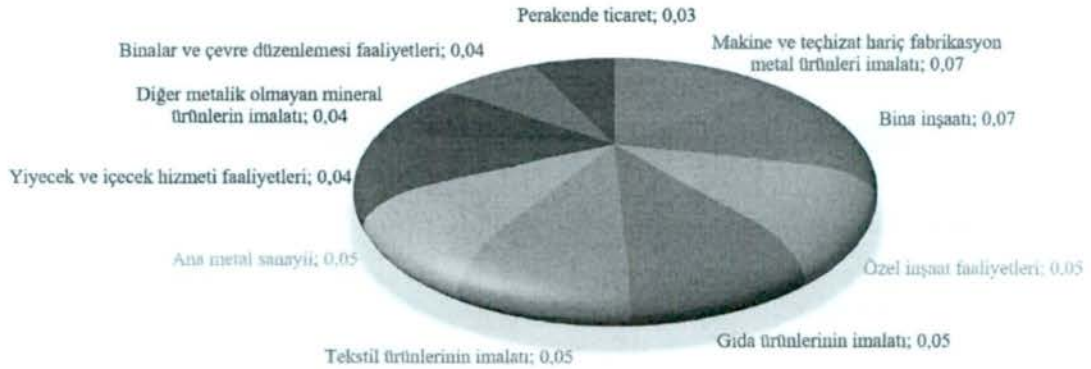
Tablo 1.1. (Devam) 5510 sayılı kanunun 4-1/a maddesi kapsamındaki sigortalılardan iş kazası geçiren ve meslek hastalığına tutulan sigortalı sayılarının ekonomik faaliyet sınıflamasına göre dağılımı, 2016

Ekonomik Faaliyet Sınıflaması	İş göremezlik sürelerine (gün) göre iş kazası geçiren sigortalı sayıları	Meslek hastalığına tutulan sigortalı sayısı
09-Madencilik destekleyici hizmet faaliyetleri	324	2
10-Gıda ürünlerinin imalatı	14.351	2
11-İçeceklerin imalatı	401	0
12-Tütün ürünleri imalatı	86	0
13-Tekstil ürünlerinin imalatı	13.446	6
14-Giyim eşyalarının imalatı	4.104	2
15-Deri ve ilgili ürünlerin imalatı	556	3
16-Ağaç, ağaç ürünleri ve mantar ürünleri imalatı (mobilya hariç)	2.814	4
17-Kağıt ve kağıt ürünlerinin imalatı	2.543	0
18-Kayıtlı medyanın basılması ve çoğaltılması	895	3
19-Kök kömürü ve rafine edilmiş petrol ürünleri imalatı	129	0
20-Kimyasalların ve kimyasal ürünlerin imalatı	2.190	10
21-Temel eczacılık ürünlerinin ve eczacılığa ilişkin malzemelerin imalatı	448	0
22-Kauçuk ve plastik ürünlerin imalatı	9.258	8
23-Diğer metalik olmayan mineral ürünlerin imalatı	11.721	84
24-Ana metal sanayi	13.081	16
25-Makine ve teçhizat hariç, fabrikasyon metal ürünleri imalatı	20.616	17
26-Bilgisayarların, elektronik ve optik ürünlerin imalatı	896	2
27-Elektrikli teçhizat imalatı	6.315	41
28-Başka yerde sınıflandırılmamış makine ve ekipman imalatı	6.276	15
29-Motorlu kara taşıtı, treyler (römork) ve yarı treyler (yarı römork) imalatı	9.533	18
30-Diğer ulaşım araçlarının imalatı	2.166	9
31-Mobilya imalatı	5.013	3
32-Diğer imalatlar	781	2
33-Makine ve ekipmanların kurulumu ve onarımı	4.277	9
35-Elektrik, gaz, buhar ve havalandırma sistemi üretim ve dağıtımı	1.760	0
36-Suyun toplanması, artırılması ve dağıtılması	190	2
37-Kanalizasyon	353	0
38-Atığın toplanması, ıslahı ve bertarafı faaliyetleri, maddelerin geri kazanımı	4.483	4
39-İyileştirme faaliyetleri ve diğer atık yönetimi hizmetleri	26	0
41-Bina inşaatı	20.159	16
42-Bina dışı yapıların inşaatı	9.516	7
43-Özel inşaat faaliyetleri	14.877	7
45-Toptan ve perakende ticaret ve motorlu kara taşıtlarının ve motosikletlerin onarımı	1.876	3
46-Toptan ticaret, motorlu kara taşıtları ve motosikletler hariç	4.835	5
47-Perakende ticaret (Motorlu kara taşıtları ve motosikletler hariç)	9.759	5
49-Kara taşımacılığı ve boru hattı taşımacılığı	7.246	2
50-Su yolu taşımacılığı	253	0
51-Havayolu taşımacılığı	1.526	1
52-Taşımacılık için depolama ve destekleyici faaliyetler	9.496	6
53-Posta ve kurye faaliyetleri	566	0
55-Konaklama	5.397	3
56-Yiyecek ve içecek hizmeti faaliyetleri	12.626	6
58-Yayıncılık faaliyetleri	41	0
59-Sinema filmi, video ve TV programları yapımcılığı, ses kaydı ve müzik yayımlama faaliyetleri	59	0
60-Programcılık ve yayıncılık faaliyetleri	26	0
61-Telekomünikasyon	129	0
62-Bilgisayar programlama, danışmanlık ve ilgili faaliyetler	118	0
63-Bilgi hizmet faaliyetleri	170	0
64-Sigorta ve emeklilik fonları hariç finansal hizmet faaliyetleri	272	1
65-Zorunlu sosyal güvenlik hariç sigorta reasürans ve emeklilik fonları	20	0
66-Finansal hizmetler ile sigorta faaliyetleri için yardımcı faaliyetler	55	1
68-Gayrimenkul faaliyetleri	434	1

Tablo 1.1. (Devam) 5510 sayılı kanunun 4-1/a maddesi kapsamındaki sigortalılardan iş kazası geçiren ve meslek hastalığına tutulan sigortalı sayılarının ekonomik faaliyet sınıflamasına göre dağılımı, 2016

Ekonomik Faaliyet Sınıflaması	İş göremezlik sürelerine (gün) göre iş kazası geçiren sigortalı sayıları	Meslek hastalığına tutulan sigortalı sayısı
69-Hukuki ve muhasebe faaliyetleri	44	0
70-İdare merkezi faaliyetleri, idari danışmanlık faaliyetleri	1.128	0
71-Mimarlık ve mühendislik faaliyetleri, teknik muayene ve analiz	994	0
72-Bilimsel araştırma ve geliştirme faaliyetleri	65	0
73-Reklamcılık ve pazar araştırması	367	0
74-Diğer mesleki, bilimsel ve teknik faaliyetler	96	0
75-Veterinerlik hizmetleri	148	0
77-Kiralama ve leasing faaliyetleri	188	0
78-İstihdam faaliyetleri	900	4
79-Seyahat acentesi, tur operatörü ve diğer rezervasyon hizmetleri ile ilgili faaliyetler	137	0
80-Güvenlik ve soruşturma faaliyetleri	2.273	0
81-Binalar ve çevre düzenlemesi faaliyetleri	11.631	5
82-Büro yönetimi, büro desteği ve iş destek faaliyetleri	3.042	2
84-Kamu yönetimi ve savunma; zorunlu sosyal güvenlik	377	0
85-Eğitim	4.744	1
86-İnsan sağlığı hizmetleri	4.460	3
87-Yatılı bakım faaliyetleri	169	0
88-Barınacak yer sağlanmaksızın verilen sosyal hizmetler	67	1
90-Yaratıcı sanatlar, gösteri sanatları ve eğlence faaliyetleri	41	0
91-Kütüphaneler, arşivler, müzeler ve diğer kültürel faaliyetler	20	0
92-Kumar ve müşterek bahis faaliyetleri	23	0
93-Spor faaliyetleri, eğlence ve dinlence faaliyetleri	320	0
94-Üye olunan kuruluşların faaliyetleri	49	1
95-Bilgisayarların ve kişisel ve ev eşyalarının onarımı	808	1
96-Diğer hizmet faaliyetleri	1.134	0
97-Ev içi çalışan personelin işverenleri olarak hane halklarının faaliyetleri	14	0
98-Hane halkları tarafından kendi kul. yönelik olarak üretilen ayrım yapılmamış mal ve hizmetler	75	0
99-Uluslararası örgütler ve temsilciliklerinin faaliyetleri	8	0
TOPLAM	286.068	597

2016 Yılı İş Göremezlik Sürelerine Göre İş Kazası Geçiren Sigortalı Sayısı En Fazla Olan Faaliyet Alanları



Şekil 1.1. 2016 yılı iş göremezlik sürelerine (gün) göre iş kazası geçiren sigortalı sayısı en fazla olan faaliyet alanları

Tablo 1.2' de 5510 sayılı kanunun 4-1/a maddesi kapsamındaki sigortalılardan iş kazası geçirenler ile iş kazası sonucu ölenlerin yaranın türüne göre dağılımı

bulunmaktadır. Meydana gelen iş kazaları ve hastalıkları sonucu 4.642 kişiye sürekli iş görmezlik geliri bağlanmıştır. Türkiye’de 2016 yılında yaşanan iş kazaları sonucunda 1.369’u erkek, 36’ sı kadın olmak üzere toplamda 1.405 kişi hayatını kaybetmiştir (SGK, 2018).

Tablo 1.2. 5510 sayılı kanunun 4-1/a maddesi kapsamındaki sigortalılardan iş kazası geçirenler ile iş kazası sonucu ölenlerin yaranın türüne göre dağılımı, 2016

Kod	Yaranın Türü	İş görmezlik sürelerine (gün) göre iş kazası geçiren sigortalı sayıları	İş kazası sonucu ölen sigortalı sayısı
000	Yaranın türü bilinmeyen veya belirtilmemiş	13.462	214
010	Yaralar ve yüzeysel yaralanmalar	131.930	54
020	Kemik kırıkları	19.999	51
030	Çıkıklar, burkulmalar ve incinmeler	41.890	7
040	Travma sonucu organ kaybı (bedenin bir parçasının kaybı)	516	20
050	Beyin sarsıntısı ve iç yaralanmalar	985	140
060	Yanıklar, kaynar su ile kavrulma ve donmalar	6.915	16
070	Zehirlenme ve enfeksiyonlar	4.321	6
080	Suda boğulma ve nefesin kesilmesi	56	24
090	Ses, titreşim ve basınç etkileri	201	0
100	Aşırı ısı, ışık ve radyasyon etkileri	199	1
110	Şok	703	6
120	Birden fazla sayıda yaralanmalar	1.476	211
999	Diğer başlıklar altında içerilmeyen diğer belirtilmiş yaralanmalar	63.415	655
TOPLAM		286.068	1.405

1.3. İş Sağlığı ve Güvenliğinde Risk ve Risk Değerlendirme Yöntemleri

Risk; hedefler üzerindeki belirsizlik etkisi olarak tanımlanabilir (ISO 31000). Risk; zararın meydana gelme olasılığı ile zararın büyüklüğünün birleşimidir (ISO 12100). İş sağlığı ve güvenliği risk değerlendirmesi yönetmeliğinde risk “tehlikeden kaynaklanacak kayıp, yaralanma ya da başka zararlı sonuç meydana gelme ihtimali” olarak açıklanmıştır.

Risk değerlendirme yöntemleri Tablo 1.3’ te bulunmaktadır (ÇGSB, 2018).

Tablo 1.3. Risk değerlendirme yöntemleri

Risk değerlendirme yönteminin Türkçe adı	Risk değerlendirme yönteminin İngilizce adı
Bayesian Analizi	Bayesian Analysis
Birincil Risk Analizi	Preliminary Risk Analysis - PRA
Papyon Metodolojisi	Bow-Tie Methodology
Çeklist Kullanılarak Birincil Risk Analizi	Preliminary Risk Analysis - PRA Using Checklists
Çevresel Risk Değerlendirmesi	Environmental Risk Assessment
Çok Kriterli Karar Analizi	Multi Criteria Decision Analysis -MCDA
Enerji Analizi	Energy Analysis
F-N Eğrileri	F-N curves
Güvenilirlik Merkezli Bakım	Reliability Centred Maintenance – RCM)
Güvenlik Bariyer Diyagramları	Barrier Diagram

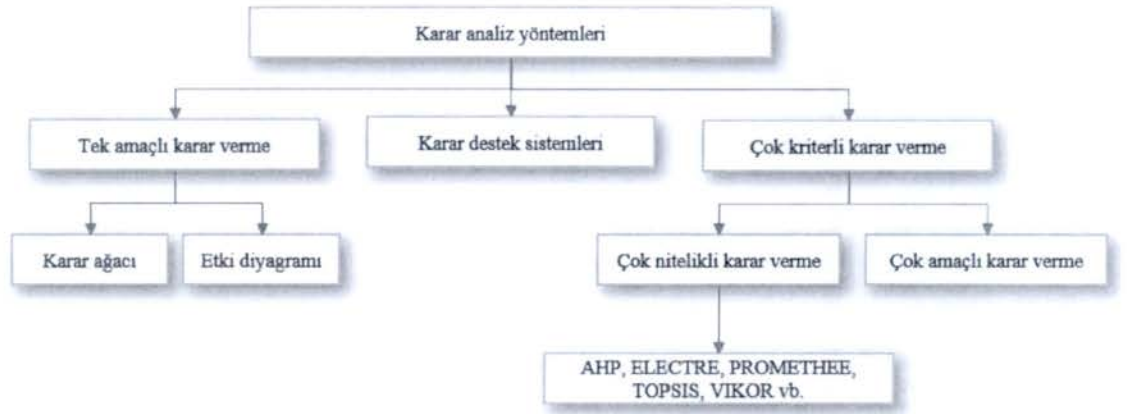
Tablo 1.3. (Devam) Risk değerlendirme yöntemleri

Risk değerlendirme yönteminin Türkçe adı	Risk değerlendirme yönteminin İngilizce adı
Güvenlik Denetimi	Safety Audit
Güvenlik Fonksiyon Analizi	Safety Function Analysis
Hata Aęacı Analizi	Fault Tree Analysis -FTA
Hata Modu ve Etki Analizi	Failure Mode and Effects Analysis - FMEA
Hata Modu ve Etkisinin Kritiklik Analizi	Failure Mode and Critically Effects Analysis- FMECA
Hızlı Derecelendirme Metodu	Rapid Ranking, Material Factor
Hiyerarşik Grev Analizi	Hierarchical Task Analysis
İnsan Gvenilirlik Değerlendirmesi	Human Reliability Assessment - HRA
İnsan Hata Oranı Tahmini Tekniği	Technique For Human Reliability Analysis -THERP
İnsan Hata Tanımlaması	Human Error Identification - HEI
İş Etki Analizi	Business Impact Analysis
İş Güvenlik Analizi	Job Safety Analysis - JSA
Karar Şeması	Decision Tree
Kavramsal Güvenilirlik ve Hata Analiz Yöntemi	Cognitive Reliability and Error Analysis Method - CREAM
Kinney Metodu	Mathematical Risk Evaluation Method
Koruma Katmanları Analizi	Layers of Protection Analysis - LOPA
Kök Neden Analizi	Root Cause Analysis
Makine Risk Değerlendirme	Machine Risk Assessment
Markov Analizi	Markov Analysis
Monte Carlo Analizi	Monte-Carlo Analysis
Neden - Etki Analizi	Cause and Effect Analysis
Neden - Sonuç Analizi	Cause and Consequence Analysis
Olay Aęacı Analizi	Event Tree Analysis - ETA
Olursa Ne Olur?	What If..?
n Tehlike Analizi	Preliminary Hazard Analysis - PHA
Risk Değerlendirme Karar Matrisleri	Risk Assessment Decision Matrix
Sapma Analizi	Deviation Analysis
Senaryo Analizi	Scenario Analysis
Sneak Analizi -Sneak Devre Analizi	Sneak Analysis - Sneak Circuit Analysis
Tehlike Analizi ve Kritik Kontrol Noktaları	Hazard Analysis and Critical Control Points - HACCP
Tehlike Derecelendirme İndeksi	DOW index, MOND index, NFPA index
Tehlike ve İşletilebilirlik alışması	Hazard and Operability Studies - HAZOP
Toksikolojik Risk Değerlendirme veya Kimyasal Maruziyet Değerlendirme	Toxicological Risk Assessment - Chemical Exposure Assessment
Yönetim Bakışı ve Risk Ağacı	Management Oversight and Risk Tree - MORT
Zürih Tehlike Analizi	Zurich Hazard Analysis

2. ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME

Karar verme işlemi, karar vericinin değişik seçeneklerle karşı karşıya bulunduğu durumlarda, bunlar arasından kendi amaçlarına ve kendisince belirlenmiş ölçütlere ve bu ölçütlerin önemlerine göre en uygun olanı seçebilmesidir.

Karar analiz yöntemleri Şekil 2.1’ de gösterildiği gibi üç ana grupta sınıflandırılabilir (Zhou ve diğerleri, 2006). Çok kriterli karar vermede karar analiz yöntemlerinden biridir.



Şekil 2.1. Karar analiz yöntemleri

Çok kriterli karar verme yöntemleri, çok sayıda birbirinden bağımsız ve farklı şekillerde ifade edilen kriterleri dikkate alarak, en uygun seçeneğin belirlenmesine yardımcı olan yaklaşımlardır (Ustasüleyman, 2009).

Çok kriterli karar verme Şekil 2.1’ de görüldüğü gibi çok nitelikli karar verme ve çok amaçlı karar verme olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Eğer problemde alternatiflerin değerlendirilmesi ve en iyisinin seçilmesi amaçlanıyor ise bu problemler çok nitelikli karar verme problemi olarak adlandırılmaktadır. Çok amaçlı karar verme problemi ise çelişen amaçların olduğu durumda en iyi alternatifin seçilmesi ile ilgilidir. Hem çok nitelikli karar verme hem de çok amaçlı karar verme probleminde tek veya grup karar verici problem olarak ele alınabilir (Phua ve Minowa, 2005).

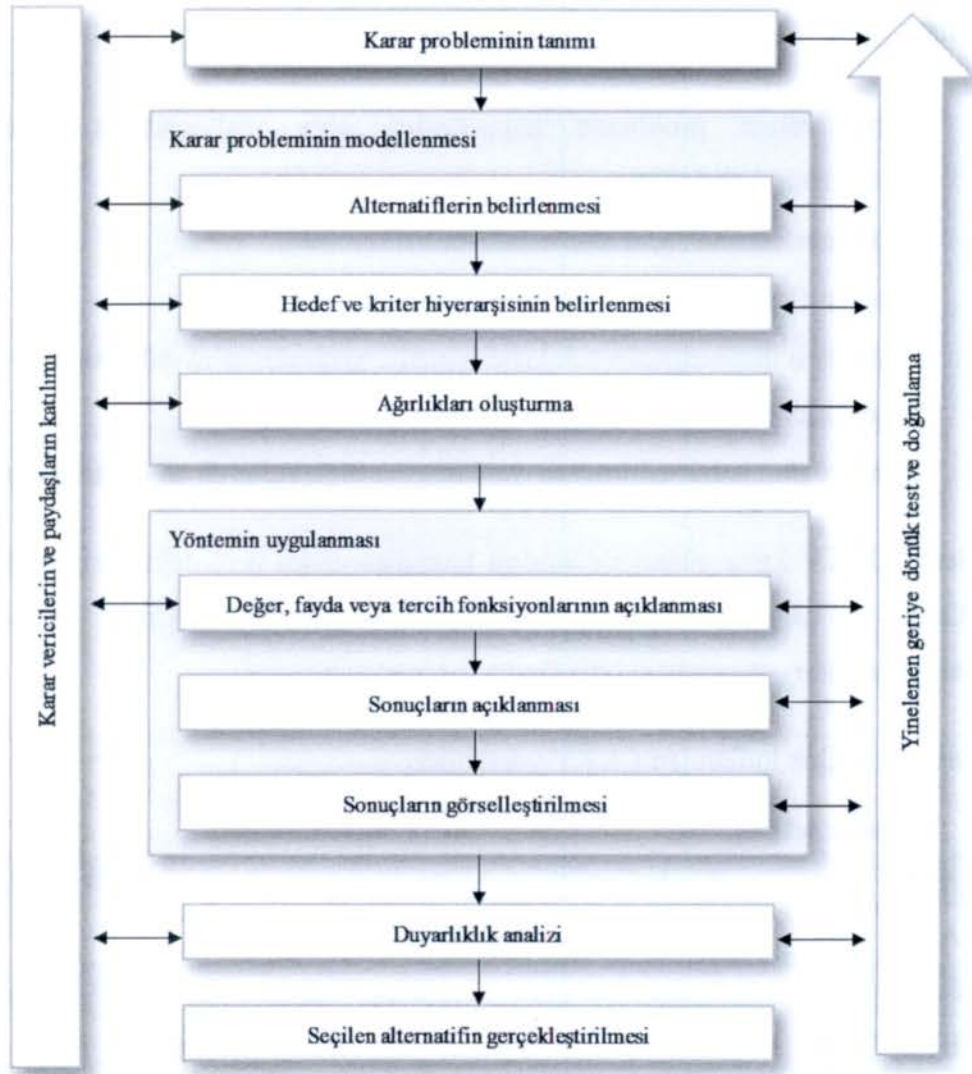
Çok kriterli karar verme yönteminin ana adımları şunlardır; (Jahanshahloo ve diğerleri, 2006)

- Karar verme problemin kapasitesine göre ilişkilendiren değerlendirme kriterlerinin belirlenmesi,
- Hedeflere ulaşmak için alternatiflerin belirlenmesi,
- Alternatiflerin kriterler açısından değerlendirilmesi,
- Problemin türüne uygun çok kriterli analiz yönteminin uygulanması,
- Seçenekler arasında optimum olanın belirlenmesi,
- Nihai çözüm kabul edilmezse, yeni bilgiler elde edilerek analiz tekrar uygulanır.

Genel ÇKKV karar süreci ve katılım aşamaları Şekil 2.2' deki gibi özetlemektedir (Lerche ve diğerleri, 2017). Çok kullanılan ÇKKV yöntemleri Tablo 2.1' de bulunmaktadır (Asadabadi, 2018).

Tablo 2.1. Çok kullanılan ÇKKV yöntemleri

Yöntem Adı	Yöntem Açılımı
AHP	Analytical Hierarchy Process
ANP	Analytical Network Process
SAW	Simple Additive Weighting
ELECTRE	Elimination and Choice Expressing Reality
TOPSIS	Technique for Ordering Preferences by Similarity to Ideal Solution
VIKOR	Vise Kriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje
COPRAS	Complex Proportional Assessment
PROMETHEE	Preference Ranking Organizational Method for Enrichment Evaluation
BWM	Best Worst Method
DEMATEL	Decision Making Trial and Evaluation Laboratory



Şekil 2.2. Genel ÇKKV karar süreci ve katılım aşamaları

3. BULANIK ÇOK KRİTERLİ KARAR VERME YÖNTEMLERİ

Bu bölümde sırasıyla bulanık mantık, üyelik fonksiyonu özellikleri ve türleri ve bulanık çok kriterli karar verme yöntemleri (bulanık TOPSIS ve bulanık VIKOR) açıklanmıştır.

3.1. Bulanık Mantık

Bulanık mantık kavramı ilk kez 1965 yılında Lotfi A. Zadeh tarafından “Information and Control” dergisinde yayımlanan “Fuzzy Sets” adlı makalesinde bahsedilmiştir. Bu çalışmada insan düşüncesinin bulanıklığından bahsedilmiş ve 0 ve 1 ile temsil edilen iki değerli mantık sisteminin bu düşünceleri açıklamakta yetersiz kaldığı ifade edilmiştir. Bulanık mantık, kesin karar verme yerine yaklaşık karar verme biçimleri olarak açıklanabilir.

Bulanık mantık özellikle anlaşılması güç ve yoruma dayanan çok karmaşık, bilginin yeterli olmadığı durumlarda, insan muhakemesine, algılanmasına veya karar verme olgusuna dayanan süreçlerde faydalı olmaktadır.

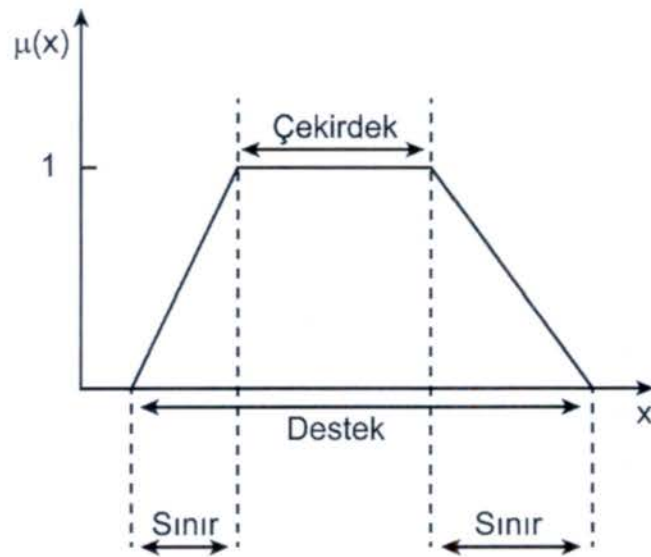
Bulanık mantığın temel bir takım özellikleri şunlardır (Öztürk, 2011);

- Bulanık mantıkta, ifadeler $[0,1]$ aralığında gösterilmektedir.
- Bulanık mantıkta belirsiz veriler kullanılarak yaklaşık olarak karar verilir.
- Bulanık mantık uzman kişilerin deneyimleriyle oluşturulmuştur.
- Bulanık mantıkta kullanılan tanımlamalar; çok iyi, iyi, çok kötü, kötü, çok, az, büyük, küçük gibi sözel ifadelerdir.
- Sözel ifadeler arasında belirlenen kurallar ile bulanık çıkarım işlemi yapılmaktadır.
- Matematiksel model ile kolay elde edilemeyecek sistemler için bulanık mantık çok uygun bir yöntemdir.
- Bulanık mantık, tam olarak bilinmeyen bilgilere göre işlem yapma yapılabilme özelliğine sahiptir. Bulanık mantığın belirsiz verilere karşı belirli bir toleransı bulunmaktadır.

- Bulanık mantık kavramsal olarak anlaşılması kolay bir yöntemdir.
- Bulanık mantık esnektir.
- Bulanık mantık geleneksel yöntemlerle harmanlanarak oluşturulmuştur. Bulanık mantık geleneksel yöntemlerin yerine kullanılması için geliştirilmemiştir. Geleneksel yöntemlerin uygulanmasını kolaylaştırarak etkilerinin artması amaçlanmıştır.
- Bulanık mantık, doğal konuşma dili üzerine oluşturulmuştur.
- Bulanık mantıkla gereksiz detaylarla ilgilenilmesi önlenmektedir.
- Bulanık mantık yerine kullanılan diğer yöntemlerin karmaşık ve anlaşılması zor olması sebebiyle, kullanım kolaylığı ile önemli bir bakış sağlamaktadır.

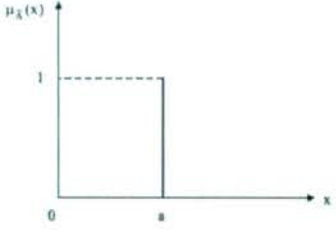
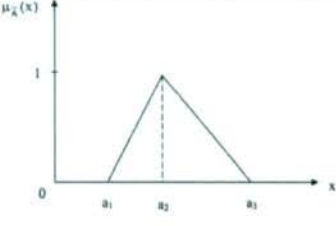
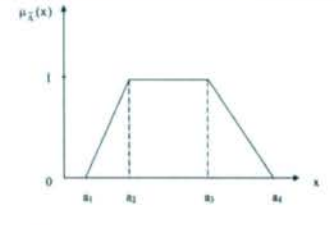
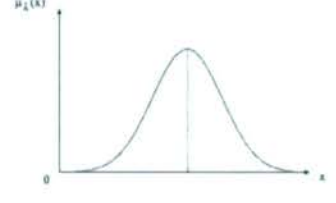
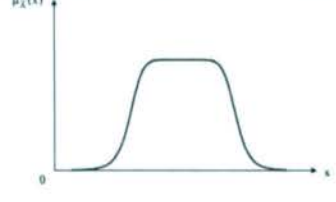
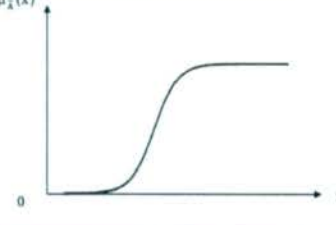
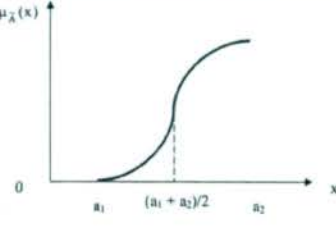
3.2. Üyelik Fonksiyonu Özellikleri ve Türleri

Üyelik fonksiyonları, 0 ile 1 arasında değerler alan fonksiyonlar ile modellenmektedir. Verilen bir bulanık küme içerisindeki noktaların farklı üyelik dereceleri üyelik fonksiyonları ile gösterilmektedir. Bulanık sayılar, sürekli veya parçalı sürekli üyelik fonksiyonları ile gösterilebilir. Üçgen ve yamuk üyelik fonksiyonlar üyelik fonksiyonlarından en yaygın olarak kullanılanlardır. Bir bulanık üyelik fonksiyonların yapısında bulunan çekirdek, destek ve sınır Şekil 3.1' de gösterilmektedir (Ross, 2004). Üyelik fonksiyonları ve grafik gösterimleri Tablo 3.1' de bulunmaktadır.



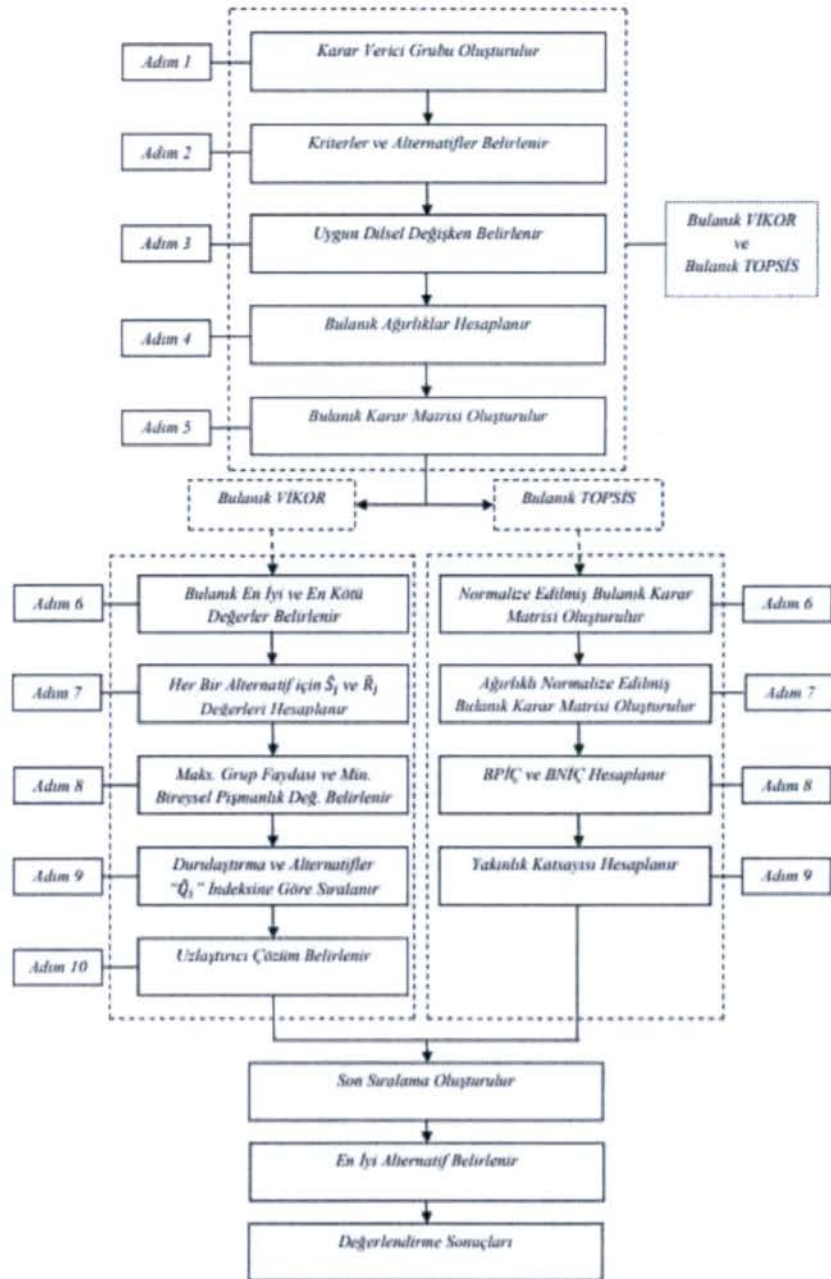
Şekil 3.1. Bulanık üyelik fonksiyonunda çekirdek, destek ve sınır gösterimi

Tablo 3.1. Üyelik fonksiyonları ve grafik gösterimi

Adı	Grafik Gösterimi	Üyelik Fonksiyonu
Tekil Üyelik Fonksiyonu		$\mu_{\bar{A}}(x; a) = \begin{cases} x < a & \text{ise,} & 0 \\ x = a & \text{ise,} & 1 \\ x > a & \text{ise,} & 0 \end{cases}$
Üçgen Üyelik Fonksiyonu		$\mu_{\bar{A}}(x; a_1, a_2, a_3) = \begin{cases} a_1 \leq x \leq a_2 & \text{ise,} & \frac{(x - a_1)}{(a_2 - a_1)} \\ a_2 \leq x \leq a_3 & \text{ise,} & \frac{(a_3 - x)}{(a_3 - a_2)} \\ x > a_3 \text{ veya } x < a_1 & \text{ise,} & 0 \end{cases}$
Yamuk Üyelik Fonksiyonu		$\mu_{\bar{A}}(x; a_1, a_2, a_3, a_4) = \begin{cases} a_1 \leq x \leq a_2 & \text{ise,} & \frac{(x - a_1)}{(a_2 - a_1)} \\ a_2 \leq x \leq a_3 & \text{ise,} & 1 \\ a_3 \leq x \leq a_4 & \text{ise,} & \frac{(a_4 - x)}{(a_4 - a_3)} \\ x > a_4 \text{ veya } x < a_1 & \text{ise,} & 0 \end{cases}$
Gaussian Üyelik Fonksiyonu		$\mu_{\bar{A}}(x; m, \sigma) = \exp\left(-\left(\frac{(x - m)}{\sigma}\right)^2\right)$
Çan Şekilli Üyelik Fonksiyonu		$\mu_A(x; a_1, a_2, a_3) = \frac{1}{1 + \left \frac{x - a_3}{a_1}\right ^{2a_2}}$
Sigmoidal Üyelik Fonksiyonu		$\mu_A(x; a_1, a_2) = \frac{1}{1 + \exp[-a_1(x - a_2)]}$
S Tipi Üyelik Fonksiyonu		$\mu_A(x; a_1, a_2) = \begin{cases} x \leq a_1 & \text{ise,} & 0 \\ a_1 \leq x \leq \frac{(a_1 + a_2)}{2} & \text{ise,} & 2 \left[\frac{(x - a_1)}{(a_2 - a_1)} \right]^2 \\ \frac{(a_1 + a_2)}{2} \leq x \leq a_2 & \text{ise,} & 1 - 2 \left[\frac{(x - a_2)}{(a_2 - a_1)} \right]^2 \\ a_2 \leq x & \text{ise,} & 1 \end{cases}$

3.3. Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri

Çalışmanın uygulama bölümünde bulanık TOPSIS ve VIKOR yöntemleri kullanıldığı için bu bölümde ÇKKV yöntemlerinden sadece TOPSIS ve VIKOR açıklanmıştır. Bu yöntemlerin uygulamasında kullanılan süreç Şekil 3.2’ de bulunmaktadır (Yavuz ve Deveci, 2014). Yöntemlerin aşağıdaki ilk beş adımı aynıdır, ancak altıncı adımdan itibaren farklılık göstermektedir.



Şekil 3.2. Çok kriterli karar verme yöntemleri uygulama süreci

3.3.1. Bulanık TOPSIS yöntemi

TOPSIS algoritması, ilk olarak 1981 yılında Yoon ve Hwang tarafından pozitif ve negatif ideal çözüm noktaları belirlenerek alternatifler arasında seçim yapılmasını kolaylaştırmak için geliştirilen bir yöntemdir (Yoon, 1981).

Bulanık TOPSIS algoritması ise ilk kez 2000 yılında Chen-Tung Chen tarafından, alternatiflerin değerlendirilmesinde üçgen bulanık sayılar kullanarak, pozitif ve negatif ideal çözümden uzaklıkların belirlenmesinde ise Vertex yöntemini kullanarak geliştirilmiştir (Chen, 2000). Daha sonra 2006 yılında Chen, Lin ve Huang tarafından üçgen bulanık sayılar yerine yamuk bulanık sayıları kullanarak tekniğe farklı bir bakış açısı kazandırmışlardır (Chen ve diğerleri, 2006). Bu çalışmanın dördüncü bölümünde üçgen ve yamuk bulanık sayıların kullanıldığı TOPSIS algoritmalarına yer verilecektir.

Bulanık TOPSIS uygulama adımları aşağıda açıklanmıştır;

Adım 1: Karar verici grubunun oluşturulması

Bulanık TOPSIS yönteminde ilk olarak yapılması gereken, karar vericilerin (KV) belirlenmesidir.

$$KV = [KV_1, KV_2, \dots, KV_k] \quad k=1,2,\dots,k$$

Adım 2: Kriter ve alternatiflerin belirlenmesi

Bu adımda belirlenen seçim kriterleri (K) ve alternatifler (A) aşağıdaki gibi ifade edilebilir.

$$K = [K_1, K_2, \dots, K_j] \quad j=1, 2, \dots, j$$

$$A = [A_1, A_2, \dots, A_i] \quad i=1, 2, \dots, i$$

Adım 3: Dilsel değişkenlerin belirlenmesi

Bu adımda karar vericilerin belirledikleri dilsel değişkenler üçgen veya yamuk bulanık sayılara dönüştürülür. Kriterlerin önem ağırlıkları ve alternatiflerin değerlendirilmesinde kullanılan niteliksel kriterler dilsel değişkenler ile ifade edilmektedir. Kriterler ve alternatiflerin değerlendirilmesi kullanılan üçgen bulanık

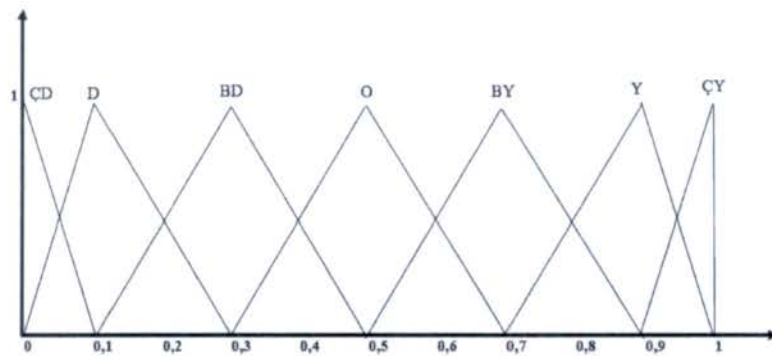
sayılarla ifade edilen dilsel değişkenler Tablo 3.2, Tablo 3.3, Şekil 3.3 ve Şekil 3.4' te verilmektedir (Wang ve diğerleri, 2006). Dilsel değişkene karşılık gelen üçgen bulanık sayılar (a, b, c) ile ifade edilmiştir. Yamuk bulanık sayılarla ifadesi Tablo 3.4, Tablo 3.5, Şekil 3.5 ve Şekil 3.6' da verilmektedir (Chen ve diğerleri, 2006). Dilsel değişkene karşılık gelen yamuk bulanık sayı (a, b, c, d) ile ifade edilmiştir.

Tablo 3.2. Kriterler için önem ağırlıklarını gösteren dilsel değişkenler ve üçgen bulanık sayılarla ifadesi

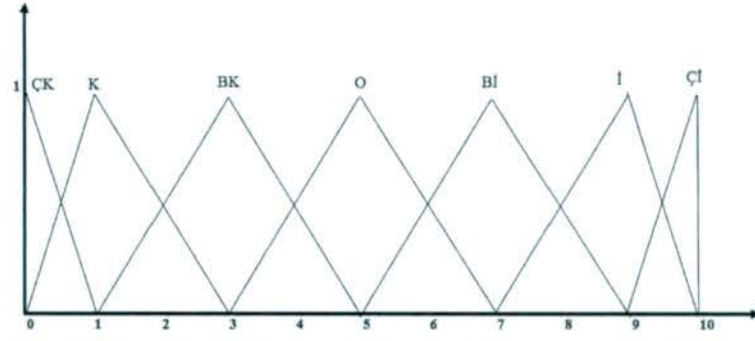
Dilsel Değişken	Kısaltma	Üçgen Bulanık Sayı		
		a	b	c
Çok Düşük	ÇD	0	0	0,1
Düşük	D	0	0,1	0,3
Biraz Düşük	BD	0,1	0,3	0,5
Orta	O	0,3	0,5	0,7
Biraz Yüksek	BY	0,5	0,7	0,9
Yüksek	Y	0,7	0,9	1
Çok Yüksek	ÇY	0,9	1	1

Tablo 3.3. Alternatiflerin değerlendirilmesi için kullanılan dilsel değişken ve üçgen bulanık sayılarla ifadesi

Dilsel Değişken	Kısaltma	Üçgen Bulanık Sayı		
		a	b	c
Çok Kötü	ÇK	0	0	1
Kötü	K	0	1	3
Biraz Kötü	BK	1	3	5
Orta	O	3	5	7
Biraz İyi	Bİ	5	7	9
İyi	İ	7	9	10
Çok İyi	Çİ	9	10	10



Şekil 3.3. Kriterler için önem ağırlıklarını gösteren üçgen bulanık sayıların gösterimi



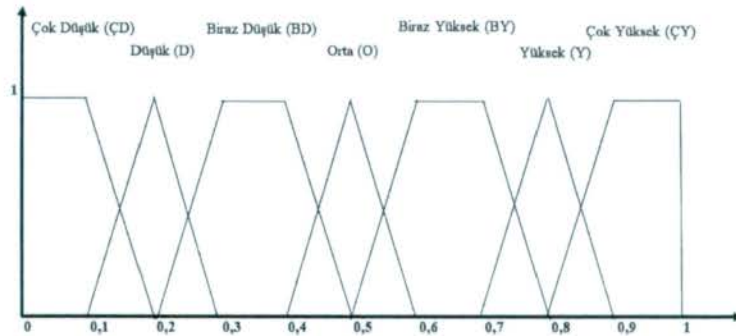
Şekil 3.4. Alternatiflerin değerlendirilmesi için kullanılan üçgen bulanık sayıların gösterimi

Tablo 3.4. Kriterler için önem ağırlıklarını gösteren dilsel değişkenler ve yamuk bulanık sayılarla ifadesi

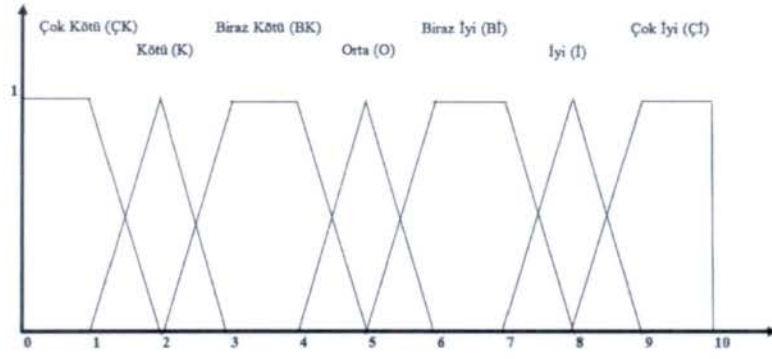
Dilsel Değişken	Kısaltma	Yamuk Bulanık Sayı			
		a	b	c	d
Çok Düşük	ÇD	0	0	0,1	0,2
Düşük	D	0,1	0,2	0,2	0,3
Biraz Düşük	BD	0,2	0,3	0,4	0,5
Orta	O	0,4	0,5	0,5	0,6
Biraz Yüksek	BY	0,5	0,6	0,7	0,8
Yüksek	Y	0,7	0,8	0,8	0,9
Çok Yüksek	ÇY	0,8	0,9	0,9	1

Tablo 3.5. Alternatiflerin değerlendirilmesi için kullanılan dilsel değişken ve yamuk bulanık sayılarla ifadesi

Dilsel Değişken	Kısaltma	Yamuk Bulanık Sayı			
		a	b	c	d
Çok Kötü	ÇK	0	0	1	2
Kötü	K	0	2	2	3
Biraz Kötü	BK	2	3	4	5
Orta	O	4	5	5	6
Biraz İyi	Bİ	5	6	7	8
İyi	İ	7	8	8	9
Çok İyi	Çİ	8	9	10	10



Şekil 3.5. Kriterler için önem ağırlıklarını gösteren yamuk bulanık sayıların gösterimi



Şekil 3.6. Alternatiflerin değerlendirilmesi için kullanılan yamuk bulanık sayıların gösterimi

Adım 4: Bulanık ağırlıkların hesaplanması

Bulanık çok kriterli bir karar problemi, matris formatında (3.1a) ve (3.1b)' de gösterildiği gibi ifade edilmektedir. $\tilde{D}$ bulanık karar matrisini, $\tilde{W}$ bulanık ağırlık matrisini göstermektedir.

$$\tilde{D} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad (3.1a)$$

$$\tilde{W} = [\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \dots, \tilde{w}_n] \quad (3.1b)$$

Dilse değişkenler, üçgen bulanık sayılar ile ifade edildiğinde, $\tilde{x}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$ ve $\tilde{w}_{ij} = (w_{j1}, w_{j2}, w_{j3})$ şeklinde gösterilebilir.

Dilsel değişkenler, yamuk bulanık sayılar ile ifade edildiğinde, $\tilde{x}_{ij} = (a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}, d_{ij})$ ve $\tilde{w}_{ij} = (w_{j1}, w_{j2}, w_{j3}, w_{j4})$ şeklinde gösterilebilir.

Karar verici gurubunda k adet kişinin bulunduğu durumda, kriterlerin önem düzeyleri ve her kritere göre alternatiflerin değerleri üçgen bulanık sayılar için (3.2) ve (3.3)'te bulunan formüller ile hesaplanmaktadır.

$$\tilde{x}_{ij} = \frac{1}{k} [\tilde{x}_{ij}^1 + \tilde{x}_{ij}^2 + \dots + \tilde{x}_{ij}^k] \quad (3.2)$$

$$\tilde{w}_j = \frac{1}{k} [\tilde{w}_j^1 + \tilde{w}_j^2 + \dots + \tilde{w}_j^k] \quad (3.3)$$

Burada $\tilde{x}_{ij}^k$ ve $\tilde{w}_j^k$ sırası ile k'inci karar vericinin alternatifi değerlendirmesini ve kriterlere verdiği önem ağırlıklarını göstermektedir.

Karar verici gurubunda k adet kişinin bulunduğu durumda, kriterlerin önem düzeyleri ve her kritere göre alternatiflerin değerleri üçgen bulanık sayılar için (3.4) ve (3.5)' te bulunan formüller ile hesaplanmaktadır.

$$\tilde{x}_{ij}=(a_{ij}, b_{ij}, c_{ij})$$

$$a_{ij}=\min_k(a_{ijk}) \quad (3.4a)$$

$$b_{ij}=\frac{1}{k} \sum_{k=1}^k b_{ijk} \quad (3.4b)$$

$$c_{ij}=\max_k(c_{ijk}) \quad (3.4c)$$

$$\tilde{w}_j=(w_{j1}, w_{j2}, w_{j3})$$

$$w_{j1}=\min_k(w_{ij1}) \quad (3.5a)$$

$$w_{ij}=\frac{1}{k} \sum_{k=1}^k w_{ij2} \quad (3.5b)$$

$$w_{j3}=\max_k(w_{jk3}) \quad (3.5c)$$

Karar verici gurubunda k adet kişinin bulunduğu durumda, kriterlerin önem düzeyleri ve her kritere göre alternatiflerin değerleri yamuk bulanık sayılar için (3.6) ve (3.7)' de bulunan formüller ile hesaplanmaktadır.

$$\tilde{x}_{ij}=(a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}, d_{ij})$$

$$a_{ij}=\min_k(a_{ijk}) \quad (3.6a)$$

$$b_{ij}=\frac{1}{k} \sum_{k=1}^k b_{ijk} \quad (3.6b)$$

$$c_{ij}=\frac{1}{k} \sum_{k=1}^k c_{ijk} \quad (3.6c)$$

$$d_{ij}=\max_k(d_{ijk}) \quad (3.6d)$$

$$\tilde{w}_{ij}=(w_{j1}, w_{j2}, w_{j3}, w_{j4})$$

$$w_{j1}=\min_k(w_{ij1}) \quad (3.7a)$$

$$w_{ij}=\frac{1}{k}\sum_{k=1}^k w_{ij2} \quad (3.7b)$$

$$w_{j3}=\frac{1}{k}\sum_{k=1}^k w_{jk3} \quad (3.7c)$$

$$w_{j4}=\max_k(w_{jk4}) \quad (3.7d)$$

Adım 5: Bulanık karar matrisinin oluşturulması

Karar vericilerin alternatifleri değerlendirdiği matris, dilsel değişkenlerle tanımlanır. Bu değerler üçgen bulanık sayılar için Tablo 3.3, yamuk bulanık sayılar için Tablo 3.5 kullanılarak oluşturulur. Bu matris (3.1a)'da $\tilde{D}$ ile gösterilmektedir.

Adım 6: Normalize edilmiş bulanık karar matrisinin oluşturulması

Normalizasyon işleminin yapılmasının nedeni, bulanık sayıların $[0,1]$ aralığında olma özelliğinin korunabilmesidir. Bulanık TOPSIS yönteminde vektörel normalizasyon tekniği kullanılmaktadır.

Bulanık karar matrisine formül (3.8) ve (3.9) uygulanarak, normalize edilmiş bulanık karar matrisi elde edilebilir. Normalize edilmiş bulanık karar matrisi $\tilde{R}=[\tilde{r}_{ij}]_{m \times n}$ ile gösterilir.

$$\tilde{r}_{ij}=\left(\frac{a_{ij}}{d_j^*}, \frac{b_{ij}}{d_j^*}, \frac{c_{ij}}{d_j^*}, \frac{d_{ij}}{d_j^*}\right) \quad (3.8a)$$

$$\tilde{r}_{ij}=\left(\frac{a_j^-}{d_{ij}}, \frac{a_j^-}{c_{ij}}, \frac{a_j^-}{b_{ij}}, \frac{a_j^-}{a_{ij}}\right) \quad (3.8b)$$

$$d_j^*=\max_i d_{ij} \quad (3.9a)$$

$$a_j^-=\min_i a_{ij} \quad (3.9b)$$

Adım 7: Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisinin oluşturulması

Normalize edilmiş bulanık karar matrisi oluşturulduktan sonra bulanık ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi (3.10)' da verilen formül ile hesaplanmaktadır.

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{m \times n} \quad i=1, 2, 3, \dots, m \quad j=1, 2, 3, \dots, n$$

$$\tilde{v}_{ij} = \tilde{r}_{ij} * \tilde{w}_j \quad (3.10)$$

Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisinde değerler normalize edilmiş pozitif üçgen veya yamuk bulanık sayılardır ve değerleri $[0,1]$ kapalı aralığında değişmektedir.

Adım 8: Bulanık ideal çözümlerden uzaklıkların hesaplanması

Bulanık pozitif ideal çözüm ($\tilde{A}^*$) ve bulanık negatif ideal çözüm ($\tilde{A}^-$) belirlenmelidir.

$$\tilde{A}^* = (\tilde{v}_1^*, \tilde{v}_2^*, \dots, \tilde{v}_n^*)$$

$$\tilde{A}^- = (\tilde{v}_1^-, \tilde{v}_2^-, \dots, \tilde{v}_n^-)$$

$$\tilde{v}_j^* = \max(v_{ij4}) \quad (3.11a)$$

$$\tilde{v}_j^- = \min(v_{ij1}) \quad i=1, 2, 3, \dots, m \quad j=1, 2, 3, \dots, n \quad (3.11b)$$

Bulanık pozitif ideal çözüm ve negatif ideal çözümün belirlenmesinden sonra Vertex yöntemi kullanılmaktadır. Bu yöntem ile tüm alternatiflerin pozitif ideal çözüme ve negatif ideal çözüme olan uzaklıkları hesaplanır.

Vertex Yöntemi, iki bulanık sayı arasındaki uzaklığın hesaplanması için geliştirilmiştir. Yöntem, üçgen ve yamuk bulanık sayılar arasındaki uzaklıkların bulunması için kullanılmaktadır. Üçgen ve yamuk bulanık sayıya göre kullanılan formüller aşağıda açıklanmıştır.

$\tilde{A} = (m_1, m_2, m_3)$ ve $\tilde{B} = (n_1, n_2, n_3)$ iki üçgen bulanık sayıyı göstermek üzere, $\tilde{A}$ ve $\tilde{B}$ arasındaki uzaklığın Vertex metodu ile hesaplanması (3.12)' de gösterilmektedir.

$$d(\tilde{A}, \tilde{B}) = \sqrt{\frac{1}{3} [(m_1 - n_1)^2 + (m_2 - n_2)^2 + (m_3 - n_3)^2]} \quad (3.12)$$

$\tilde{A} = (m_1, m_2, m_3, m_4)$ ve $\tilde{B} = (n_1, n_2, n_3, n_4)$ iki yamuk bulanık sayıyı göstermek üzere, $\tilde{A}$ ve $\tilde{B}$ arasındaki uzaklığın Vertex metodu ile hesaplanması (3.13)' te gösterilmektedir.

$$d(\tilde{A}, \tilde{B}) = \sqrt{\frac{1}{4} [(m_1 - n_1)^2 + (m_2 - n_2)^2 + (m_3 - n_3)^2 + (m_4 - n_4)^2]} \quad (3.13)$$

Adım 9: Yakınlık katsayılarının hesaplanması

Alternatiflerin sıralamasının yapılabilmesi için yakınlık katsayıları bulunmalıdır. Her alternatif için yakınlık katsayıları (3.14)' teki formül ile belirlenmektedir.

$$CC_i = \frac{d_i^-}{d_i^+ + d_i^-} \quad i = 1, 2, 3, \dots, m \quad (3.14)$$

$CC_i = 1$ ise $A_i = \tilde{A}^+$ ve $CC_i = 0$ ise $A_i = \tilde{A}^-$ 'dir. Yani bir alternatifin yakınlık katsayısı 1' e eşit ise alternatifin değeri bulanık pozitif ideal çözüme, 0' a eşit ise bulanık negatif ideal çözüme eşittir.

Adım 10: Alternatiflerin sıralanması

Adım 9' da hesaplanan yakınlık katsayılarına göre alternatiflerin sıralaması yapılır. Yakınlık katsayıları için belirlenecek olan durum değerlendirmesi Tablo 3.6' da verilmiştir.

Tablo 3.6. Alternatifin yakınlık katsayısı değerine göre durum değerlendirmesi

Yakınlık Katsayısı CC_i	Durum Değerlendirmesi
$CC_i \in [0, 0,2)$	Kabul edilmesi önerilmez.
$CC_i \in [0,2, 0,4)$	Yüksek risk ile kabul edilebilir.
$CC_i \in [0,4, 0,6)$	Düşük risk ile kabul edilebilir.
$CC_i \in [0,6, 0,8)$	Kabul edilebilir.
$CC_i \in [0,8, 1]$	Kabul edilebilir ve kesinlikle tercih edilebilir.

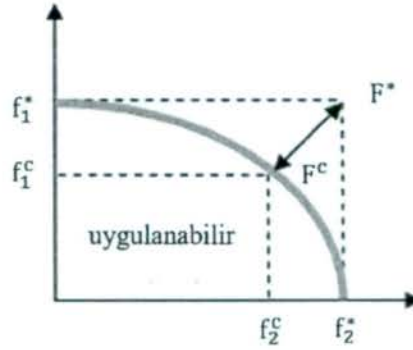
3.3.2. Bulanık VIKOR yöntemi

VlseKriterijumska Optimizacija I Kompromisno Resenje (VIKOR) yönteminin temelleri Yu (1973) ve Zeleny (1982) tarafından atılmıştır (Tzeng ve Huang, 2011). Opricovic ve Tzeng (2004) tarafından ise farklı ölçü birimleriyle elde edilmiş veri gruplarında kullanılabilen çok kriterli karar verme tekniği olarak tanıtılmıştır.

VIKOR yöntemiyle kriter ağırlıklandırma yapılamamakta, alternatiflerin ideal çözüme yakınlıkları hesaplanıp alternatifler bu değerlere göre sıralanmaktadır. Daha öncede bahsedildiği gibi TOPSIS ve VIKOR yöntemleri Şekil 3.3' te gibi ilk 5 adımı aynıdır. Bu nedenle VIKOR yöntemi altıncı adımdan itibaren açıklanmıştır.

Adım 6: Bulanık en iyi ve en kötü değerlerin belirlenmesi

Uzlaşık çözüm (F^c), ideal çözüme (F^*) en yakın olan uygun çözümdür (Ertuğrul ve Karakaşoğlu, 2008). Uzlaşma, karşılıklı imtiyazlar ile kurulan bir anlaşma anlamına gelir ve Şekil 3.7' de görüldüğü gibi $\Delta f_1 = f_1^* - f_1^c$ ve $\Delta f_2 = f_2^* - f_2^c$ ile ifade edilmektedir (Opricovic ve Tzeng, 2004).



Şekil 3.7. İdeal ve uzlaşık çözümler

(3.15)' te bulunan formüldeki $\tilde{w}_j$, j. kriterin önem ağırlığını, (3.16)' da bulunan formüldeki $\tilde{f}_{ij}$ ise i alternatifinin j. kritere göre derecesini göstermektedir.

$$\tilde{w}_j = \frac{1}{k} [\tilde{w}_j^1(+) \tilde{w}_j^2(+) \dots \dots \dots (+) \tilde{w}_j^k] \quad (3.15)$$

$$\tilde{f}_{ij} = \frac{1}{k} [\tilde{f}_{ij}^1(+) \tilde{f}_{ij}^2(+) \dots \dots \dots (+) \tilde{f}_{ij}^k] \quad (3.16)$$

Bulanık karar matrisinde j kriteri fayda açısından değerlendiriliyorsa tüm kriter fonksiyonlarının en iyi $\tilde{f}_j^*$ ve en kötü $\tilde{f}_j^-$ değerleri (3.17) kullanılarak belirlenir.

$$\tilde{f}_j^* = \max_j \tilde{f}_{ij} \quad (3.17a)$$

$$\tilde{f}_j^- = \min_j \tilde{f}_{ij} \quad (3.17b)$$

Adım 7: Her bir alternatif için $\tilde{S}_i$ ve $\tilde{R}_i$ değerlerinin hesaplanması

$\tilde{S}_i$ değerleri (3.18) no'lu denklem ve $\tilde{R}_i$ değerleri (3.19) no'lu denklem kullanılarak hesaplanır. $\tilde{S}_i$ tüm kriterlere göre i. alternatifin en iyi bulanık değere uzaklığının toplamıdır. $\tilde{R}_i$ ise j. kritere göre i. alternatifin en kötü bulanık değerlere olan maksimum uzaklığıdır.

$$\tilde{S}_i = \sum_{j=1}^n \left[\frac{\tilde{w}_j (\tilde{f}_j^* - \tilde{f}_{ij}^*)}{(\tilde{f}_j^* - \tilde{f}_j^-)} \right] \quad (3.18)$$

$$\tilde{R}_i = \max_j \left[\frac{\tilde{w}_j (\tilde{f}_j^* - \tilde{f}_{ij}^*)}{(\tilde{f}_j^* - \tilde{f}_j^-)} \right] \quad (3.19)$$

$\tilde{S}_i^-$ ve $\tilde{S}_i^*$ değerleri (3.20) no'lu eşitlik, $\tilde{R}_i^-$ ve $\tilde{R}_i^*$ değerleri (3.21) no'lu eşitlik aracılığıyla hesaplanır.

$$\tilde{S}_i^* = \min_i \tilde{S}_i \quad \tilde{S}_i^- = \max_i \tilde{S}_i \quad (3.20)$$

$$\tilde{R}_i^* = \min_i \tilde{R}_i \quad \tilde{R}_i^- = \max_i \tilde{R}_i \quad (3.21)$$

Adım 8: Maksimum grup faydası ve minimum bireysel pişmanlık değerinin belirlenmesi

$\tilde{S}_i^*$ maksimum çoğunluk kuralını ve $\tilde{R}_i^*$ ise farklı görüştekilerin minimum bireysel pişmanlığını ifade etmektedir. Bu hesaplamalardan sonra $\tilde{Q}_i^*$ indeksi (3.22) no'lu denklem kullanılarak elde edilir

$$\tilde{Q}_i^* = \frac{v (\tilde{S}_i - \tilde{S}_i^*)}{\tilde{S}_i^- - \tilde{S}_i^*} + \frac{(1-v) (\tilde{R}_i - \tilde{R}_i^*)}{\tilde{R}_i^- - \tilde{R}_i^*} \quad (3.22)$$

$\tilde{Q}_i$ indeksi, grup faydası ve bireysel pişmanlığın birlikte değerlendirilmesi ile hesaplanır. v değeri maksimum grup faydasını sağlayan stratejinin önemini ifade eder iken, $1-v$ bireysel pişmanlık değerini ifade eder. Uzlaşmacı çoğunluk için $v \approx 0.5$ alınmaktadır (Opricovic, 2011).

Adım 9: Durulaştırma ve alternatiflerin $\tilde{Q}_i$ indeksine göre sıralanması

Üçgen bulanık ve yamuk bulanık sayı Q_i durulaştırılır ve Q_i indeksi elde edilir. Literatürde farklı durulaştırma prosedürleri kullanılmaktadır. Karar vericinin son değerlendirmeyi yapabilmesi için kesin değerlere ihtiyacı bulunmaktadır. Bu amaçla bulanık sayılarda durulaştırma işlemleri yapılmaktadır. Bu çalışmada durulaştırma yöntemlerinden üçgen ve yamuk bulanık sayıların ortalamaları alınarak durulaştırılmıştır. S_i , R_i ve Q_i indeks değerleri bulunarak, alternatifler sıralanır. İndeks değeri en küçük olan alternatif en iyi alternatifi göstermektedir.

Adım 10: Uzlaştırıcı çözümün belirlenmesi

Uzlaştırıcı çözümü belirlemek için aşağıdaki iki koşulun uygunluğu kontrol edilir.

1.Koşul: Kabul edilebilir avantaj

Bu koşul en iyi ve en yakın seçenek arasında belirgin bir fark olduğunun kanıtlanmasını içerir ve (3.23)' te gösterilmiştir.

$$Q(A'') - Q(A') \geq DQ \quad (3.23)$$

$D = \frac{1}{m-1}$; m alternatif sayısını ifade etmektedir.

A' değeri sıralamada birinci sırada yer alan alternatif ve A'' sıralamada en iyi ikinci alternatifi gösterir.

2.Koşul: Karar vermede kabul edilebilir istikrar

Alternatif A , S ve/veya R değerlerine göre yapılan sıralamada en iyi alternatif olmalıdır. Eğer 1. koşul sağlanmaz ve $Q(A(m)) - Q(A') \leq DQ$ olursa, $A(m)$ ve A' aynı uzlaştırıcı çözüm olur. Eğer 2. koşul gerçekleşmez ise A' nispi bir avantajı olsa da, karar vermede tutarsızlık vardır. Bu nedenle A' ve A'' uzlaştırıcı çözümleri aynıdır. Q değeri minimum olan en iyi alternatifin seçimi yapılır.

4. BULANIK TOPSIS VE BULANIK VIKOR UYGULAMASI

Bu bölümde aydınlatma sektöründe faaliyet gösteren bir işletmede belirlenen kriterler doğrultusunda çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan bulanık TOPSIS ve bulanık VIKOR yöntemleri kullanılarak iş sağlığı ve güvenliği açısından riskli ve iyileştirme yapılması gereken bölümler belirlenmiştir. Çalışmanın dördüncü bölümünde sırasıyla çalışmanın yapıldığı işletme, üretilen ürünler, aydınlatma sektörü hakkında bilgi verilmiştir. Daha sonra üçgen ve yamuk bulanık sayılar kullanılarak bulanık TOPSIS ve bulanık VIKOR yönteminde bulunan sonuçların karşılaştırılması yapılmıştır.

4.1. İşletmenin Tanıtımı

Bu çalışmada; elektromekanik endüstride Türkiye' nin önde gelen imalatçıları arasında yer alan grup şirketinin bir üyesi olan aydınlatma fabrikası incelenmiştir. Grup şirketi 1973 yılında İstanbul Güngören'de bulunan fabrikasında elektrik sektöründeki yolculuğuna başlamıştır. Daha sonra sırasıyla 1983 yılında aydınlatma, 1996 yılında makine, 2004' de elektroteknik ve 2009' da teknoloji alanında faaliyet gösteren şirketleri bünyesine dahil etmiştir. Her geçen yıl üretim ve faaliyet alanına genişletmiştir. Daha sonra 2007 yılında ürünlerinin satış ve pazarlamasını arttırmak için İtalya Milano'da yeni bir şirketi faaliyete başlamıştır. 2013 yılında bünyesine Moskova' da kurduğu fabrikasını dahil etmiştir. Gruptaki tüm şirketler %100 yerli sermaye ile kurulmuştur. Pazar ihtiyacına göre mevcut ürünlerin geliştirilmesi ve yeni ürünler şirketlerin bünyesinde yer alan Ar-Ge bölümleri tarafından gerçekleştirilmektedir. Grup şirketi yaklaşık 2500 kişiye istihdam sağlamakta ve Türkiye elektrik ürünleri sektöründe önde gelen kuruluşları arasında yer almaktadır. İncelenen aydınlatma işletmesinin faaliyet gösterdiği alanlar aşağıda bulunmaktadır;

- Enerji tasarruflu endüstri aydınlatma çözümleri,
- Enerji tasarruflu ofis aydınlatma çözümleri,
- Enerji tasarruflu cadde ve yol aydınlatma ürünleri,
- Dekoratif aydınlatma çözümleri

LED aydınlatma ürünleri konusunda çevre dostu, tasarruflu ve konforlu aydınlatma projeleri sunan işletme, günümüz teknoloji ve aydınlatma tekniklerine uygun çözümler sunmaktadır. İç ve dış mekanlar ile uyumlu aydınlatma ürünleri ile hastane, otopark, endüstriyel alan, spor kompleksi, idari bina, poliklinik ve eğitim gibi elektrik tüketimi yüksek olan alanlarda, şık tasarımlı, çevreye duyarlı ve tasarruf sağlayan ürünler üretmektedir.

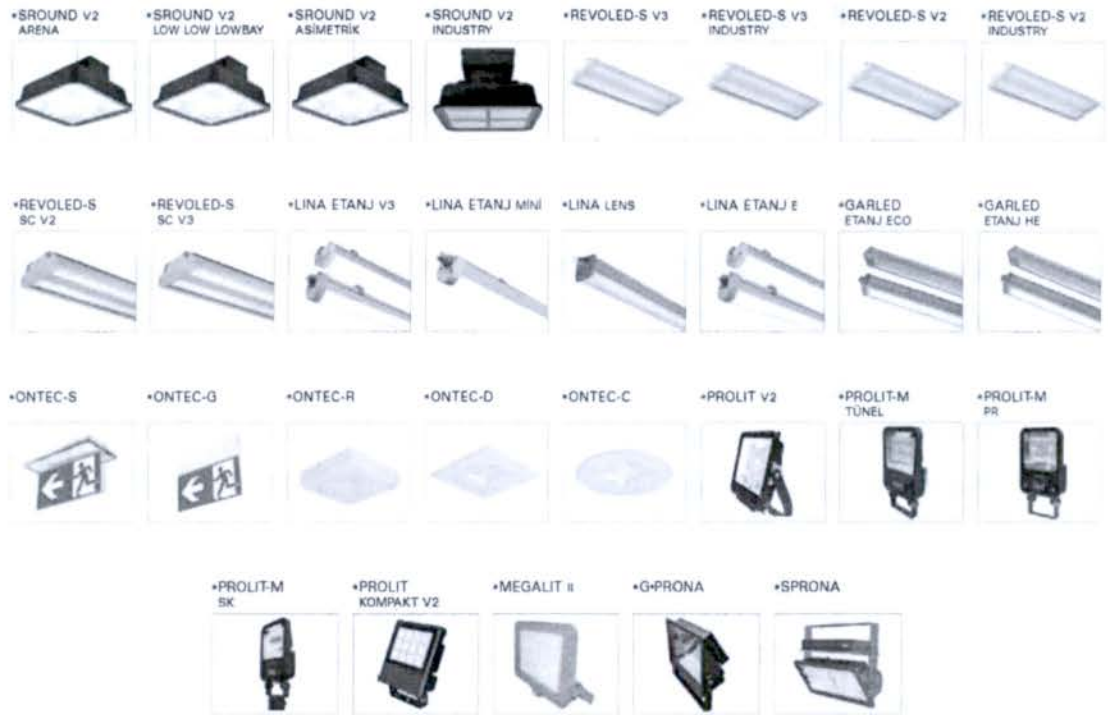
İşletmenin laboratuvarı; üretilen aydınlatma armatürlerinin güvenlik standardı sağlamak için akredite olmuştur. Ayrıca laboratuvar faaliyetleri TS EN ISO/IEC 17025 (deney ve kalibrasyon laboratuvarlarının yeterliliği için genel şartlar) standardının gerekliliklerine uygun olarak gerçekleştirilmektedir. Daha güvenli aydınlatma çözümlerine ulaşmasını sağlamak için TS EN 60598-1 (Aydınlatma armatürleri - Bölüm 1: Genel kurallar ve deneyler) ve TS EN 60598-2 (Aydınlatma armatürleri - Bölüm 2: Özel kurallar) aydınlatma armatürleri standartlarına uygun olarak test edilmektedir. Laboratuvarında iklimlendirme testi, ömür testi, IP test (cihazların suya, toza veya dış darbelere karşı dayanıklılığını gösteren bir koruma sınıfı testi), dayanım testi, elektriksel test, mekanik test, termal test ve korozyon testleri başta olmak üzere farklı konuda testler yapılabilmektedir. Hassas ışık ölçümleri için kullanılan gonyofotometri cihazı ile tasarım sürecinde ışık dağılım eğrisi, toplam lümen ve kamaşma değerleri ölçülmektedir. 2 metre çapındaki ulbricht küresiyle ışık kaynaklarının ve armatürün toplam ışık akısı, ışık şiddeti, renk sıcaklığı, spektral enerji, tümseklik ve renksel geriverim değerleri ölçülmektedir. Ayrıca aydınlatma armatürlerinin foto biyolojik güvenliği de değerlendirilmektedir.

4.2. Ürünlerin Tanıtımı

İşletmede üretilen ürünler 6 kategoriye ayrılmıştır. Bunlar;

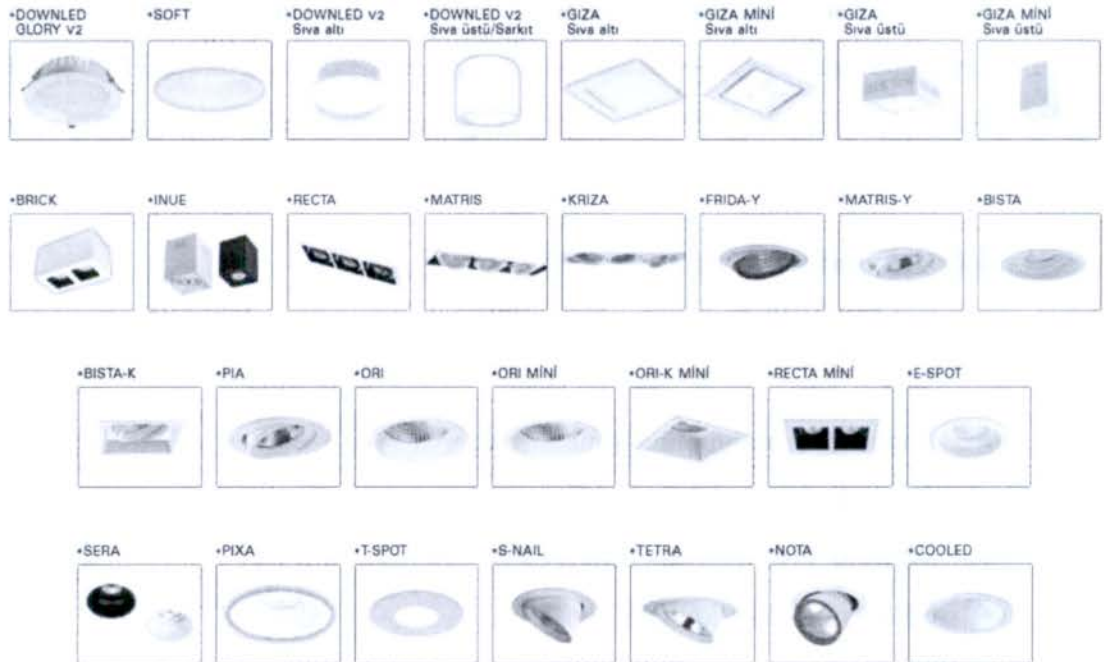
- Endüstriyel aydınlatma armatürleri serisi
- Dış aydınlatma ürünleri serisi
- Sıva altı, sıva üstü ve sarkıt armatür serisi
- Spot aydınlatma armatür serisi
- Ray spot aydınlatma armatür serisi
- Fasat aydınlatma armatürü serisi

- Endüstriyel aydınlatma armatürleri serisi



Şekil 4.1. Endüstriyel aydınlatma armatürleri serisi görselleri

- Spot aydınlatma armatür serisi



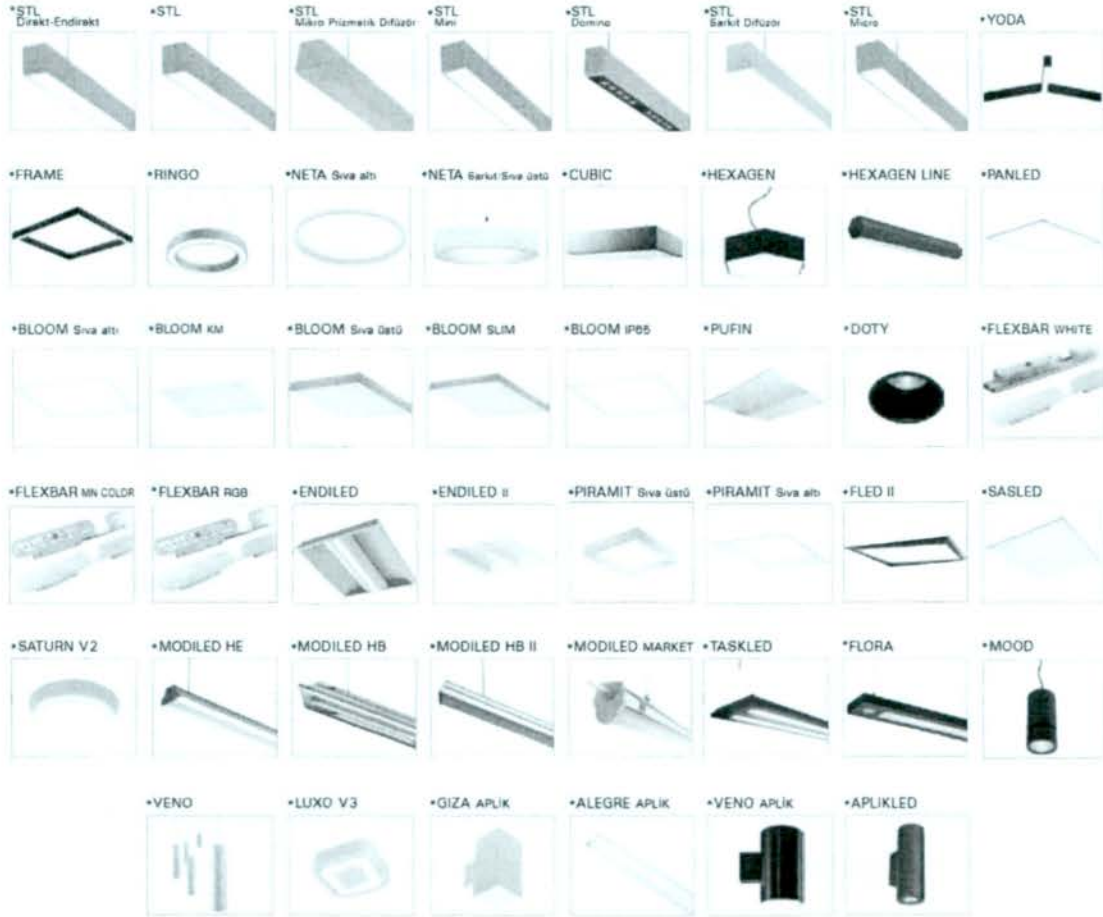
Şekil 4.2. Spot aydınlatma armatürü serisi görselleri

- Dış aydınlatma ürünleri serisi



Şekil 4.3. Dış aydınlatma ürünleri serisi görselleri

- Sıva altı, sıva üstü ve sarkıt armatür serisi



Şekil 4.4. Sıva altı, sıva üstü ve sarkıt armatür serisi görselleri

- Faset aydınlatma armatürü serisi



Şekil 4.5. Faset aydınlatma armatürü serisi görselleri

- Ray spot aydınlatma armatür serisi



Şekil 4.6. Ray spot aydınlatma armatür serisi görselleri

4.3. Aydınlatma Sektörü

Aydınlatma sektörü küresel ölçekte; genel aydınlatma, otomotiv aydınlatması ve backlight (TV, PC monitörleri, tablet ve akıllı telefonların arka planı) aydınlatması olarak değerlendirilmektedir. Türkiye’ de ise aydınlatma sektörü faaliyetleri ağırlıklı olarak, genel aydınlatma alanında yoğunlaşmaktadır. Ülkemizde son yıllarda artarak devam eden kentsel dönüşüm çalışmaları, konut ihtiyacı, konut dışı bina yatırımları dış mekan aydınlatması gereksinimi ile endüstriyel, ulaştırma ve lojistik alanlardaki gelişme potansiyeli, sektörün büyüme dinamiklerini güçlendirmeye devam etmektedir. Aydınlatma sektöründe yapılan üretim, dışa bağımlı olarak tedarik edilen girdiler ve bunların montajının yapılması şeklinde gerçekleşmektedir. Bu nedenle üretimde

yaratılan katma değer sınırlı kalmaktadır. Bununla birlikte sektördeki öncü şirketler Ar-Ge ve inovasyon alanında devlet desteklerinden de yararlanarak gelişme göstermektedir. Böylece katma değeri yüksek ürünler geliştirme çalışmalarına ağırlık verebilmektedir. Son yıllarda üretimde yerlilik oranı %60' ları geçmiştir. Son yıllarda ampullerde sağlanan enerji tasarrufu ve LED tipi ampullere geçiş ile aydınlatma sektörü enerji tasarrufu sağlamada öncü sektör olmuştur. Aydınlatma sektöründe yer alan firmaların çoğu, LED ampulle çalışan armatür ve lamba üretimine yönelerek enerji tasarrufuna katkı sağlamaya devam etmektedirler.

Türkiye İMSAD' nin (İnşaat Malzemesi Sanayicileri Derneği) 2017 yılında yayınladığı yapı sektörü raporunda, yapı sektörü kapsamında aydınlatma ekipmanları olarak şunlar değerlendirilmiştir; elektrikli masa lambası, çalışma lambası, abajur vb. ayaklı lambalar, elektrikli olmayan lambalar ve aydınlatma armatürleri, ışıklı tabela, ışıklı reklam panosu ve benzerleri, avizeler ve diğer elektrikli tavan veya duvar aydınlatma armatürleri, projektörler ve spot ışıkları, diğer lamba ve aydınlatma armatürleri ile camdan, metalden ve plastikten lambaların ve aydınlatma armatürlerinin, ışıklı işaretlerin, isim tabelalarının vb. parçaları. Aydınlatma ekipmanları üretimi Tablo 4.1' de yıl bazında adet olarak gösterilmektedir. Bu tablodaki değerlere göre üretim miktarı 2015 yılında bir önceki yıla göre %2,2 artış göstermiştir. 2016 yılında ise yine bir önceki yıla göre % 7,4 düşüş göstermiş ve yaklaşık 4,88 milyon adet daha az üretim yapılmıştır. 2017 yılında ise üretim %6,4 artmış ve bir önceki yıla göre yaklaşık 3,91 milyon adet daha fazla üretim gerçekleştirilmiştir. Faaliyet alanı aydınlatma ekipmanları olan firma sayısında 2015 yılında düşüş yaşanmış ve ancak 2015 yıldan itibaren artış göstererek devam etmiş ve 2017 yılı itibarıyla 382 sayısına ulaşmıştır.

Tablo 4.1. Aydınlatma ekipmanlarına ait firma sayısı ve üretim göstergeleri

Yıllar	Firma Sayısı	Üretim Adet
2014	301	64.644.676
2015	285	66.076.222
2016	364	61.187.230
2017	382	65.103.213

Aydınlatma ekipmanları dış ticaret göstergeleri Tablo 4.2' de bulunmaktadır. Bu tablodaki değerlere göre Türkiye' nin aydınlatma ekipmanları ihracatı 2014 yılı

verilerine göre adet ve değer olarak son üç yılda düşüş göstermiştir. Son 4 yıldaki ihracat verilerine göre en düşük adet ve değer 2017 yılında (20.780 ton ve 232,2 milyon dolar) görülmüştür. İhracat birim fiyatları 2016 ve 2017 yıllarında bir önceki yıla göre artış göstermiştir ve 2017 yılında 11,17 dolar/kg değerine ulaşmıştır.

Tablo 4.2. Aydınlatma ekipmanlarına ait ihracat göstergeleri

Yıllar	Ton	Milyon Dolar	Birim Fiyat (Dolar/kg)
2014	28.856	314,6	10,90
2015	23.857	247,8	10,40
2016	23.579	256,2	10,86
2017	20.780	232,2	11,17

Türkiye önemli miktarda aydınlatma ekipmanı üretici ve ihracatçı firma olmasına karşın ihracat ve ithalat değerlerini karşılaştırdığımızda ithalatın ihracattan daha fazla yapıldığı görülmektedir. 2016 yılında ithalat miktar olarak önemli ölçüde düşüş göstermiş ve 2017 yılında artış gösterse de 2014 ve 2015 yılındaki değerlere ulaşamamıştır. İthalat ise değer olarak son üç yılda düşüş göstermiştir. Bu düşüşte ithalat birim fiyatlarındaki gerilemenin etkili olduğu söylenebilir.

Tablo 4.3. Aydınlatma ekipmanlarına ait ithalat göstergeleri

Yıllar	Ton	Milyon Dolar	Birim Fiyat (Dolar/kg)
2014	38.240	572,9	14,98
2015	38.351	507,1	13,22
2016	28.960	358,9	12,39
2017	30.266	315,0	10,41

Türkiye aydınlatma ekipmanları ihracatını daha çok yakın ve komşusunda bulunan ülkelere yapmaktadır. İhracat yapılan ülkelerde Tablo 4.4’ te görüldüğü gibi Türkmenistan, Almanya ve Suudi Arabistan ilk üç sırada yer almaktadır. Bu ülkeleri Birleşik Arap Emirlikleri, Fas ve Cezayir izlemektedir. Türkiye’ nin aydınlatma ekipmanları ithalatında ise Tablo 4.5’ te görüldüğü gibi ilk sırada Çin bulunmaktadır. Yapılan toplam ithalatın yaklaşık %67’ sini Çin oluşturmaktadır. Çin’den ithal edilen ürünler diğerlerine göre büyük ölçüde fiyat avantajına sahiptir. İkinci ve üçüncü olarak sırasıyla Almanya ve İtalya yer almaktadır. Dünya aydınlatma ürünleri ihracatı 2010 yılından 2014 yılına kadar her yıl ortalama %20 büyümekte olmasına rağmen 2015 yılında büyüme hızı % 5’lere gerilemiştir. 2010 yılında 25,9 milyar USD olan dünya aydınlatma cihazları ihracatı 2015 yılında 57,6 milyar USD’ye yükselmiştir. Teknolojik gelişmeler, tüm dünyada son hızla artan kentleşmeyle, ortak kullanılan alan

ve binaların sayısının çoğalması dünya ihracatını 5 yılda 2 kattan fazla büyötmüştür. (Türk Yapı Sektörü Raporu, 2017)

Tablo 4.4. Türkiye' nin aydınlatma ekipmanları ihracatı yaptığı ölkeler, 2017

Sıra	Ölke	İhracat (dolar)
1	Türkmenistan	13.253.624
2	Almanya	12.092.353
3	Suudi arabistan	11.101.167
4	Birleşik Arap Emirlikleri	9.410.668
5	Fas	8.769.019
6	Cezayir	7.527.243
7	İngiltere	7.322.852
8	Irak	7.040.769
9	Kazakistan	6.930.276
10	Katar	6.702.719
Toplam İhracat		232.145.366

Tablo 4.5. Türkiye' nin aydınlatma ekipmanları ithalatı yaptığı ölkeler, 2017

Sıra	Ölke	İthalat (dolar)
1	Çin	210.137.619
2	Almanya	19.845.726
3	İtalya	18.741.531
4	Güney Kore	9.119.890
5	İspanya	8.400.916
6	Polonya	6.883.022
7	Fransa	5.201.623
8	Hindistan	4.752.377
9	ABD	4.608.387
10	Macaristan	3.367.966
Toplam İthalat		315.031.398

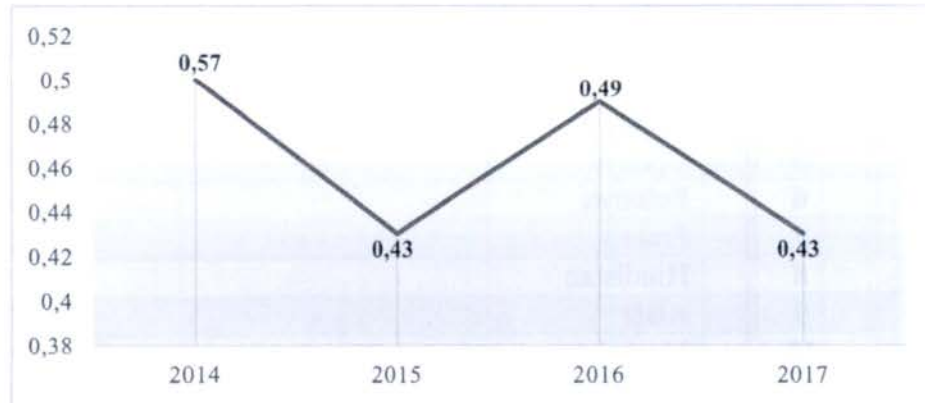
Tablo 4.6. Türkiye aydınlatma sektörü pazar değeri (2010-2015)

Büyöklükler	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Öretim Değeri (Milyon TL)	1.675	2.450	2.720	3.174	3.460	3.867
İhracat (Milyon USD)	213	240	249	296	315	248
İhracat (Milyon TL)	324	403	448	562	687	576
İhracatın Öretim Değeri (Milyon TL)	295	366	407	511	625	615
İç Piyasa İçin Öretim (Milyon TL)	1.380	2.084	2.313	2.663	2.835	3.252
İç Piyasa İçin Öretim Pazar Satış Değeri (Milyon TL)	1587	2.710	3.000	3.462	3.686	4.227
İthalat (Milyon USD)	284	377	338	496	573	507
İthalat (Milyon TL)	432	633	608	942	1.249	1.371
İthalatın Pazar Değeri (Milyon TL)	518	760	730	1.130	1.624	1.700
Toplam İç Pazar (Milyon TL)	2.105	3.470	3.730	4.592	5.310	4.952
Toplam İç Pazar (Milyon USD)	1.385	2.065	2.075	2.4117	2.436	1.834
Ortalama Dolar Kuru Türk Lirası	1,52	1,68	1,8	1,9	2,18	2,7

Dünya aydınlatma ekipmanı ticaretinde Türkiye' nin payı ve sıralaması 2015 yılında bir önceki yıla göre %5,3 artış göstermiştir. 2016 yılında yine bir önceki yıla göre %9 gerileyerek 52,58 milyar dolar olmuştur. 2017 yılında tekrar artış göstererek 54,38 milyar dolar olmuş ve bu artışla bir önceki yıla göre %3,1 artış görülmüştür. Şekil 4.7' de Türkiye' nin dünya ihracatındaki payını göstermektedir. Şekilde de görüldüğü gibi son 4 yılda dalgalanma olmuştur. 2014 yılında pazar payı %0,57 iken 2017 yılında ise %0,43 olmuştur.

Tablo 4.7. Aydınlatma ekipmanları ihracatının dünya ihracatı içinde payı

Yıllar	Türkiye İhracat Milyon \$	Dünya İhracat Milyon \$	Türkiye Pay %
2014	314,6	54.847	0,57
2015	247,8	57.769	0,43
2016	256,2	52.577	0,49
2017	232,2	54.380	0,43



Şekil 4.7. Türkiye' nin dünya aydınlatma ekipmanları ihracatındaki payı

Tablo 4.8' de dünya aydınlatma ekipmanları 2017 yılı ihracat rakamları bulunmaktadır. Tablodaki verilere göre 29,97 milyar dolar ihracat ile Çin ilk sırada yer almaktadır. Bu değer ile toplamda %57' lik paya sahip olarak büyük bir ağırlığı bulunmaktadır. Daha sonra Çin'i sırasıyla Almanya, Meksika, ABD ve İtalya izlemektedirler. Türkiye 2017 yılı dünya aydınlatma ekipmanları ihracatı verilerine göre 22. sırada bulunmaktadır. Tablo 4.9' da dünya aydınlatma ekipmanları 2017 yılı ithalat rakamları bulunmaktadır. Tablodaki verilere göre en büyük pazar ABD' ye aittir. ABD, yaklaşık 11,28 milyar dolar ithalat değeri ile 2017 yılında dünya ithalatının %25' ini gerçekleştirmiştir. ABD ile diğer ithalat gerçekleştiren ülkeler karşılaştırıldığında arasında büyük farklar olduğu görülmektedir. İthalat değerlerine göre ABD' den sonraki üç ülke sırasıyla

Almanya, İngiltere ve Fransa' nın olduğu görülmektedir. Türkiye 2017 yılı dünya aydınlatma ekipmanları ithalat verilerine göre 28. sırada yer almaktadır.

Tablo 4.8. Dünya aydınlatma ekipmanları ihracatçıları, 2017

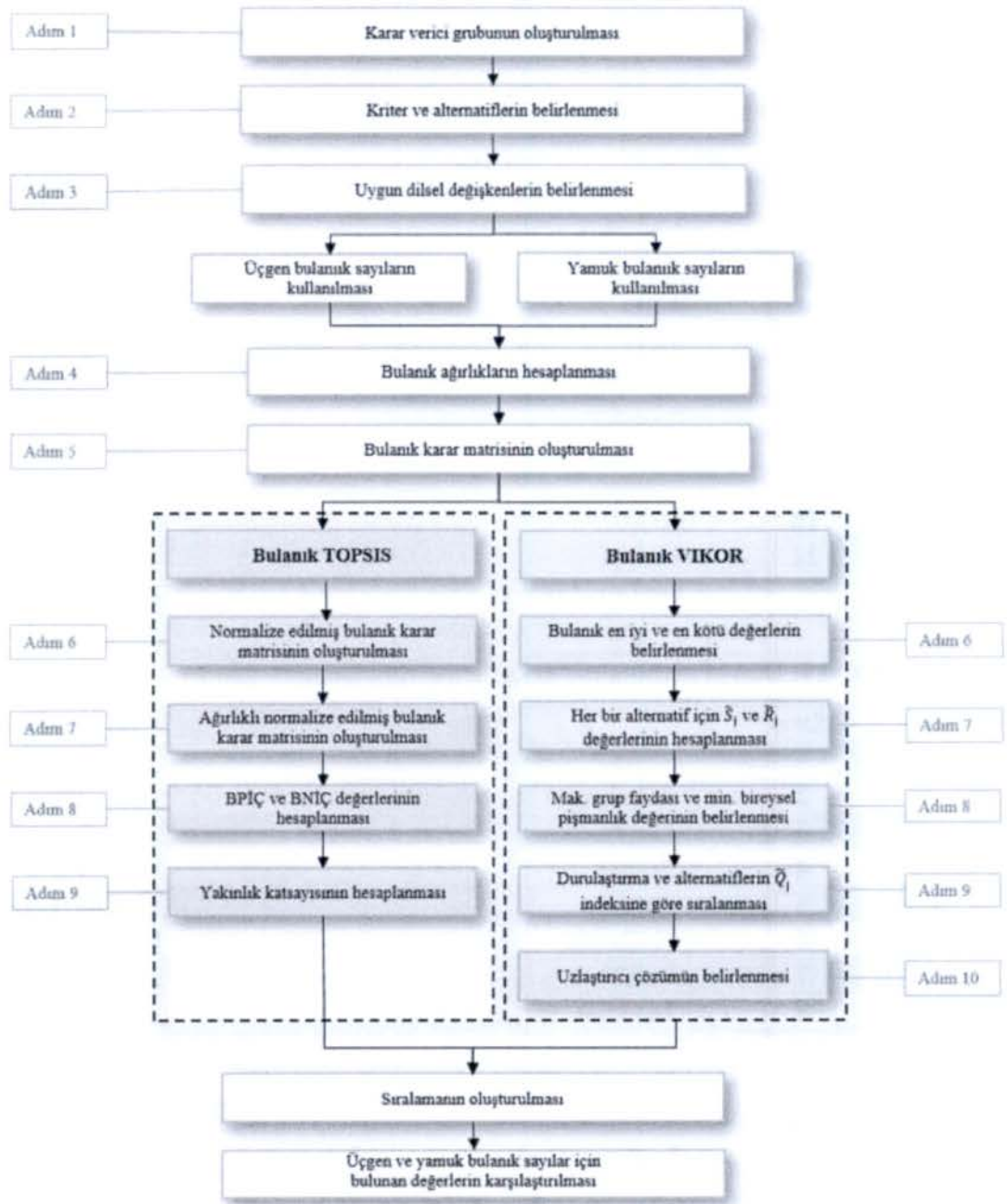
Sıra	Ülke	İhracat (\$)
1	Çin	29.970.636.439
2	Almanya	3.269.901.296
3	Meksika	2.282.074.996
4	ABD	1.936.107.652
5	İtalya	1.815.685.998
6	Hollanda	987.321.650
7	Avusturya	929.010.784
8	Polonya	885.884.584
9	İspanya	840.205.977
10	Fransa	808.580.863
22	Türkiye	256.178.810
Toplam İhracat		52.577.490.000

Tablo 4.9. Dünya aydınlatma ekipmanları ithalatçıları, 2017

Sıra	Ülke	İthalat (\$)
1	ABD	11.278.185.982
2	Almanya	3.308.279.531
3	İngiltere	2.153.945.377
4	Fransa	1.827.492.474
5	Kanada	1.593.418.226
6	Hollanda	1.254.525.838
7	İtalya	1.008.391.106
8	Japonya	995.310.601
9	Avustralya	930.165.482
10	İspanya	892.443.597
28	Türkiye	358.864.540
Toplam İthalat		43.499.344.000

4.4. Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Uygulaması

Bu çalışmada incelenen işletmede iyileştirme yapılması gereken bölümü belirlemek için üçgen ve yamuk bulanık sayılar kullanılarak bulanık TOPSIS ve bulanık VIKOR yöntemleri uygulanmıştır. Bu yöntemlerin uygulanmasında kullanılan süreç Şekil 4.8' de bulunmaktadır. İki yöntemde ilk beş adım ortaktır. Altıncı adımdan itibaren farklılık göstermektedir. Bulanık TOPSIS yöntemi dokuz adımda, bulanık VIKOR yöntemi ise on adımda ele alınmıştır. En son adımda sıralama yapılarak elde edilen sonuçların karşılaştırılması yapılmıştır.

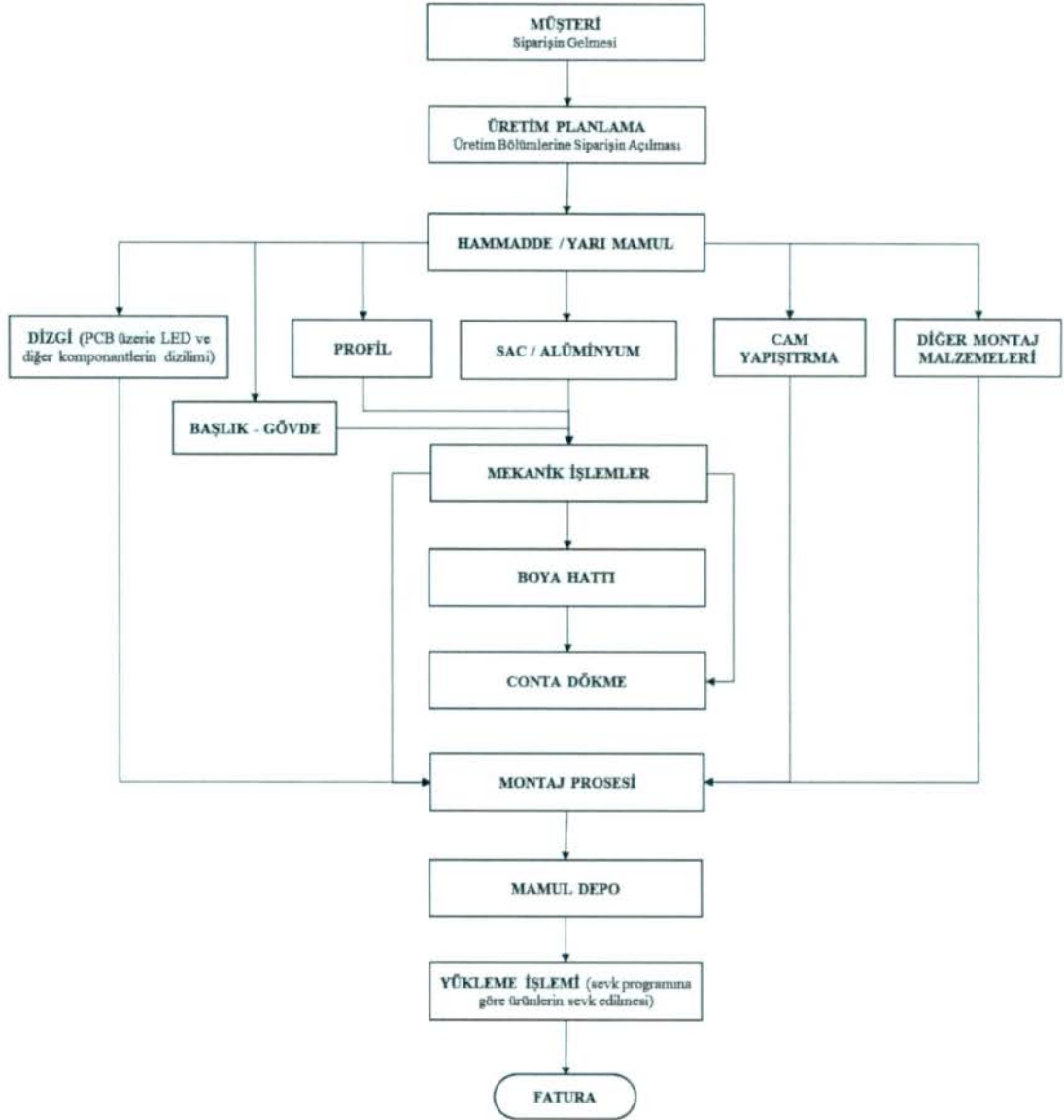


Şekil 4.8. Çok kriterli karar verme yöntemleri uygulama süreci

4.4.2. Bulanık TOPSIS algoritmasının uygulanması

Adım 1: Karar verici grubunun oluşturulması

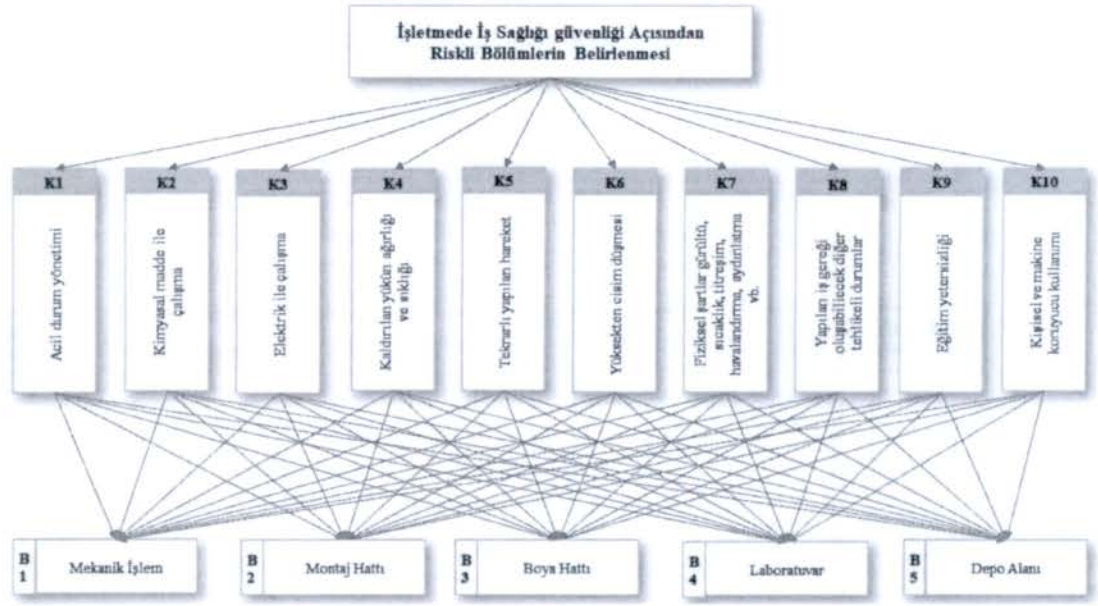
İşletmedeki bölümlerin gösterimi Şekil 4.9' da bulunmaktadır. Çalışmada tek karar vericinin değerlendiresi kullanılmıştır.



Şekil 4.9. İşletimdeki bölümlerin genel gösterimi

Adım 2: Kriterler ve alternatiflerin belirlenmesi

İyileştirme yapılması gereken riskli bölümün belirlenmesi için problemin hiyerarşik yapısı Şekil 4.10' daki gibi oluşturulmuştur.



Şekil 4.10. Problemin hiyerarşik yapısı

İncelenen işletme beş bölüme ayrılarak değerlendirilmiştir. Bu bölümler aşağıdaki gibidir;

1. Mekanik İşlem
2. Montaj Hattı
3. Boya Hattı
4. Laboratuvar
5. Depo Alanı

Değerlendirmede kullanılacak 10 kriter aşağıdaki gibidir;

1. Acil durum yönetimi
2. Kimyasal madde ile çalışma
3. Elektrik ile çalışma
4. Kaldırılan yükün ağırlığı ve sıklığı
5. Tekrarlı yapılan hareket
6. Yüksekten cisim düşmesi
7. Fiziksel şartlar (gürültü, sıcaklık, titreşim, havalandırma, aydınlatma vb.)
8. Yapılan iş gereği oluşabilecek diğer tehlikeler
9. Eğitim yetersizliği
10. Kişisel ve makine koruyucuların kullanımı

Adım 3: Dilsel değişkenlerin belirlenmesi

Bu adımda belirlenen kriter ve alternatiflerin değerlendirilmesi için çalışmada kullanılacak uygun dilsel değişkenler belirlenir. İkinci adımda belirlenen 10 kriterin her birinin önem ağırlıklarını tespit etmek için kullanılan üçgen ve yamuk dilsel değişkenler ve bunlara karşılık gelen bulanık sayılar sırasıyla Tablo 3.2 ve Tablo 3.4’deki gibidir. Alternatiflerin değerlendirilmesi için kullanılan üçgen ve yamuk dilsel değişkenler ve bunlara karşılık gelen bulanık sayılar sırasıyla Tablo 3.3 ve Tablo 3.5’teki gibidir.

Adım 4: Bulanık ağırlıkların hesaplanması

Karar verici tarafından yapılan ilk değerlendirme karar kriterlerinin ağırlıklarının belirlenmesidir. Karar vericinin kriterlerin ağırlıkları için yaptığı dilsel değerlendirme Tablo 4.10’da bulunmaktadır.

Tablo 4.10. Kriterlerin önem ağırlıkları

Kriterler	Önem Ağırlığı
K1	ÇY
K2	Y
K3	BY
K4	Y
K5	Y
K6	O
K7	ÇY
K8	O
K9	BY
K10	ÇY

Dilsel değerlendirmenin üçgen bulanık sayılarla ifadesi Tablo 4.11’de, yamuk bulanık sayılarla ifadesi Tablo 4.12’de bulunmaktadır. Karar verici, birinci kriteri çok yüksek (ÇY) olarak değerlendirmiştir. Bu dilsel değişken üçgen bulanık sayıda (0,9, 1,1) ile ifade edilirken, yamuk bulanık sayıda (0,8, 0,9, 0,9, 1) olarak ifade edilmektedir.

Tablo 4.11. Üçgen bulanık sayılar için kriter ağırlıkları

Kriterler	Ağırlıklar		
K1	0,9	1	1
K2	0,7	0,9	1
K3	0,5	0,7	0,9
K4	0,7	0,9	1
K5	0,7	0,9	1
K6	0,3	0,5	0,7
K7	0,9	1	1
K8	0,3	0,5	0,7
K9	0,5	0,7	0,9
K10	0,9	1	1

Tablo 4.12. Yamuk bulanık sayılar için kriter ağırlıkları

Kriterler	Ağırlıklar			
K1	0,8	0,9	0,9	1
K2	0,7	0,8	0,8	0,9
K3	0,5	0,6	0,7	0,8
K4	0,7	0,8	0,8	0,9
K5	0,7	0,8	0,8	0,9
K6	0,4	0,5	0,5	0,6
K7	0,8	0,9	0,9	1
K8	0,4	0,5	0,5	0,6
K9	0,5	0,6	0,7	0,8
K10	0,8	0,9	0,9	1

Adım 5: Bulanık karar matrisinin oluşturulması

Karar vericinin bölümleri değerlendirmesi Tablo 4.13' te bulunmaktadır.

Tablo 4.13. Karar vericinin bölümleri değerlendirme tablosu

		Bölümler				
		B1	B2	B3	B4	B5
Kriterler	K1	ÇK	O	O	O	ÇK
	K2	BK	Çİ	ÇK	O	K
	K3	O	K	İ	BK	İ
	K4	BK	O	O	O	O
	K5	O	K	BK	İ	O
	K6	BK	İ	K	İ	K
	K7	K	O	BK	İ	BK
	K8	K	Bİ	K	O	K
	K9	K	BK	BK	K	K
	K10	ÇK	O	K	BK	ÇK

Tablodaki dilsel ifadelerin üçgen bulanık sayılarla ifadesi Tablo 4.14' te, yamuk sayılarla ifadesi Tablo 4.15' te bulunmaktadır.

Adım 6: Normalize edilmiş bulanık karar matrisinin oluşturulması

Tablo 4.14 ve Tablo 4.15' te bulunan bulanık karar matrisleri normalleştirilmiştir. Tablo 4.16' da üçgen bulanık sayılar için normalize edilmiş karar matrisi, Tablo 4.17' de yamuk bulanık sayılar için normalize edilmiş karar matrisi bulunmaktadır. Üçgen bulanık sayılar ile oluşturulan bulanık karar matrisinde ve yamuk bulanık sayılar ile oluşturulan bulanık karar matrisinde maksimum değerlendirme 10 olduğundan her iki bulanık karar matrisindeki tüm değerler 10'a bölünerek normalize edilmiştir.

Adım 7: Ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisinin oluşturulması

Normalize bulanık karar matrisinin oluşturulmasından sonra her bir karar kriter için belirlenen önem ağırlıklarına göre formül (3.10) kullanılarak ağırlıklı normalize bulanık karar matrisi oluşturulmuştur. Bu formüle göre; ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisi, normalize edilmiş bulanık karar matrisindeki değerlerin ait olduğu karar kriterinin önem ağırlığı ile çarpılmasıyla oluşturulur. Tablo 4.18' de üçgen bulanık sayılar için ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi, Tablo 4.19' da yamuk bulanık sayılar için ağırlıklı normalize edilmiş karar matrisi bulunmaktadır.

Tablo 4.14. Üçgen bulanık karar matrisi

Bölümler	Kriterler														
	K1			K2			K3			K4			K5		
B1	0	0	1	1	3	5	3	5	7	1	3	5	3	5	7
B2	3	5	7	9	10	10	0	1	3	3	5	7	0	1	3
B3	3	5	7	0	0	1	7	9	10	3	5	7	1	3	5
B4	3	5	7	3	5	7	1	3	5	3	5	7	7	9	10
B5	0	0	1	0	1	3	7	9	10	3	5	7	3	5	7
Bölümler	Kriterler														
	K6			K7			K8			K9			K10		
B1	1	3	5	0	1	3	0	1	3	0	1	3	0	0	1
B2	7	9	10	3	5	7	5	7	9	1	3	5	3	5	7
B3	0	1	3	1	3	5	0	1	3	1	3	5	0	1	3
B4	7	9	10	7	9	10	3	5	7	0	1	3	1	3	5
B5	0	1	3	1	3	5	0	1	3	0	1	3	0	0	1

Tablo 4.15. Yamuk bulanık karar matrisi

Bölümler	Kriterler																			
	K1				K2				K3				K4				K5			
B1	0	0	1	2	2	3	4	5	4	5	5	6	2	3	4	5	4	5	5	6
B2	4	5	5	6	8	9	10	10	0	2	2	3	4	5	5	6	0	2	2	3
B3	4	5	5	6	0	0	1	2	7	8	8	9	4	5	5	6	2	3	4	5
B4	4	5	5	6	4	5	5	6	2	3	4	5	4	5	5	6	7	8	8	9
B5	0	0	1	2	0	2	2	3	7	8	8	9	4	5	5	6	4	5	5	6
Bölümler	Kriterler																			
	K6				K7				K8				K9				K10			
B1	2	3	4	5	0	2	2	3	0	2	2	3	0	2	2	3	0	0	1	2
B2	7	8	8	9	4	5	5	6	5	6	7	8	2	3	4	5	4	5	5	6
B3	0	2	2	3	2	3	4	5	0	2	2	3	2	3	4	5	0	2	2	3
B4	7	8	8	9	7	8	8	9	4	5	5	6	0	2	2	3	2	3	4	5
B5	0	2	2	3	2	3	4	5	0	2	2	3	0	2	2	3	0	0	1	2

Tablo 4.16. Normalize edilmiş üçgen bulanık karar matrisi

Bölümler	Kriterler														
	K1			K2			K3			K4			K5		
B1	0,0	0,0	0,1	0,1	0,3	0,5	0,3	0,5	0,7	0,1	0,3	0,5	0,3	0,5	0,7
B2	0,3	0,5	0,7	0,9	1,0	1,0	0,0	0,1	0,3	0,3	0,5	0,7	0,0	0,1	0,3
B3	0,3	0,5	0,7	0,0	0,0	0,1	0,7	0,9	1,0	0,3	0,5	0,7	0,1	0,3	0,5
B4	0,3	0,5	0,7	0,3	0,5	0,7	0,1	0,3	0,5	0,3	0,5	0,7	0,7	0,9	1,0
B5	0,0	0,0	0,1	0,0	0,1	0,3	0,7	0,9	1,0	0,3	0,5	0,7	0,3	0,5	0,7
Bölümler	Kriterler														
	K6			K7			K8			K9			K10		
B1	0,1	0,3	0,5	0,0	0,1	0,3	0,0	0,1	0,3	0,0	0,1	0,3	0,0	0,0	0,1
B2	0,7	0,9	1,0	0,3	0,5	0,7	0,5	0,7	0,9	0,1	0,3	0,5	0,3	0,5	0,7
B3	0,0	0,1	0,3	0,1	0,3	0,5	0,0	0,1	0,3	0,1	0,3	0,5	0,0	0,1	0,3
B4	0,7	0,9	1,0	0,7	0,9	1,0	0,3	0,5	0,7	0,0	0,1	0,3	0,1	0,3	0,5
B5	0,0	0,1	0,3	0,1	0,3	0,5	0,0	0,1	0,3	0,0	0,1	0,3	0,0	0,0	0,1

Tablo 4.17. Normalize edilmiş yamuk bulanık karar matrisi

Bölümler	Kriterler																			
	K1				K2				K3				K4				K5			
B1	0,0	0,0	0,1	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,4	0,5	0,5	0,6	0,2	0,3	0,4	0,5	0,4	0,5	0,5	0,6
B2	0,4	0,5	0,5	0,6	0,8	0,9	1,0	1,0	0,0	0,2	0,2	0,3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,0	0,2	0,2	0,3
B3	0,4	0,5	0,5	0,6	0,0	0,0	0,1	0,2	0,7	0,8	0,8	0,9	0,4	0,5	0,5	0,6	0,2	0,3	0,4	0,5
B4	0,4	0,5	0,5	0,6	0,4	0,5	0,5	0,6	0,2	0,3	0,4	0,5	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	0,8	0,8	0,9
B5	0,0	0,0	0,1	0,2	0,0	0,2	0,2	0,3	0,7	0,8	0,8	0,9	0,4	0,5	0,5	0,6	0,4	0,5	0,5	0,6
Bölümler	Kriterler																			
	K6				K7				K8				K9				K10			
B1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,0	0,2	0,2	0,3	0,0	0,2	0,2	0,3	0,0	0,2	0,2	0,3	0,0	0,0	0,1	0,2
B2	0,7	0,8	0,8	0,9	0,4	0,5	0,5	0,6	0,5	0,6	0,7	0,8	0,2	0,3	0,4	0,5	0,4	0,5	0,5	0,6
B3	0,0	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,4	0,5	0,0	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,4	0,5	0,0	0,2	0,2	0,3
B4	0,7	0,8	0,8	0,9	0,7	0,8	0,8	0,9	0,4	0,5	0,5	0,6	0,0	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,4	0,5
B5	0,0	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,4	0,5	0,0	0,2	0,2	0,3	0,0	0,2	0,2	0,3	0,0	0,0	0,1	0,2

Tablo 4.18. Ağırlıklı normalize edilmiş üçgen bulanık karar matrisi

Bölümler	Kriterler														
	K1			K2			K3			K4			K5		
B1	0,00	0,00	0,10	0,07	0,27	0,50	0,15	0,35	0,63	0,07	0,27	0,50	0,21	0,45	0,70
B2	0,27	0,50	0,70	0,63	0,90	1,00	0,00	0,07	0,27	0,21	0,45	0,70	0,00	0,09	0,30
B3	0,27	0,50	0,70	0,00	0,00	0,10	0,35	0,63	0,90	0,21	0,45	0,70	0,07	0,27	0,50
B4	0,27	0,50	0,70	0,21	0,45	0,70	0,05	0,21	0,45	0,21	0,45	0,70	0,49	0,81	1,00
B5	0,00	0,00	0,10	0,00	0,09	0,30	0,35	0,63	0,90	0,21	0,45	0,70	0,21	0,45	0,70
Bölümler	Kriterler														
	K6			K7			K8			K9			K10		
B1	0,03	0,15	0,35	0,00	0,10	0,30	0,00	0,05	0,21	0,00	0,07	0,27	0,00	0,00	0,10
B2	0,21	0,45	0,70	0,27	0,50	0,70	0,15	0,35	0,63	0,05	0,21	0,45	0,27	0,50	0,70
B3	0,00	0,05	0,21	0,09	0,30	0,50	0,00	0,05	0,21	0,05	0,21	0,45	0,00	0,10	0,30
B4	0,21	0,45	0,70	0,63	0,90	1,00	0,09	0,25	0,49	0,00	0,07	0,27	0,09	0,30	0,50
B5	0,00	0,05	0,21	0,09	0,30	0,50	0,00	0,05	0,21	0,00	0,07	0,27	0,00	0,00	0,10

Tablo 4.19. Ağırlıklı normalize edilmiş yamuk bulanık karar matrisi

Bölümler	Kriterler																			
	K1				K2				K3				K4				K5			
B1	0,00	0,00	0,09	0,20	0,14	0,24	0,32	0,45	0,20	0,30	0,35	0,48	0,14	0,24	0,32	0,45	0,28	0,40	0,40	0,54
B2	0,32	0,45	0,45	0,60	0,56	0,72	0,80	0,90	0,00	0,12	0,14	0,24	0,28	0,40	0,40	0,54	0,00	0,16	0,16	0,27
B3	0,32	0,45	0,45	0,60	0,00	0,00	0,08	0,18	0,35	0,48	0,56	0,72	0,28	0,40	0,40	0,54	0,14	0,24	0,32	0,45
B4	0,32	0,45	0,45	0,60	0,28	0,40	0,40	0,54	0,10	0,18	0,28	0,40	0,28	0,40	0,40	0,54	0,49	0,64	0,64	0,81
B5	0,00	0,00	0,09	0,20	0,00	0,16	0,16	0,27	0,35	0,48	0,56	0,72	0,28	0,40	0,40	0,54	0,28	0,40	0,40	0,54
Bölümler	Kriterler																			
	K6				K7				K8				K9				K10			
B1	0,08	0,15	0,20	0,30	0,00	0,18	0,18	0,30	0,00	0,10	0,10	0,18	0,00	0,12	0,14	0,24	0,00	0,00	0,09	0,20
B2	0,28	0,40	0,40	0,54	0,32	0,45	0,45	0,60	0,20	0,30	0,35	0,48	0,10	0,18	0,28	0,40	0,32	0,45	0,45	0,60
B3	0,00	0,10	0,10	0,18	0,16	0,27	0,36	0,50	0,00	0,10	0,10	0,18	0,10	0,18	0,28	0,40	0,00	0,18	0,18	0,30
B4	0,28	0,40	0,40	0,54	0,56	0,72	0,72	0,90	0,16	0,25	0,25	0,36	0,00	0,12	0,14	0,24	0,16	0,27	0,36	0,50
B5	0,00	0,10	0,10	0,18	0,16	0,27	0,36	0,50	0,00	0,10	0,10	0,18	0,00	0,12	0,14	0,24	0,00	0,00	0,09	0,20

Adım 8: Bulanık pozitif ideal çözüm (BPİÇ) ve bulanık negatif ideal çözümün (BNİÇ) hesaplanması

Bulanık pozitif ve negatif ideal çözümlerin belirlenmesi için sırasıyla formül (3.11a) ve (3.11b) kullanılmıştır. Adım 7' de bulunan ağırlıklı normalize edilmiş bulanık karar matrisinde her kriterin bulunduğu sütunda sahip olduğu en yüksek değerler kullanılarak bulanık pozitif çözüm A^* ve en düşük değerler kullanılarak bulanık negatif ideal çözüm A^- belirlenmiştir. A^* ve A^- karar kriteri sayısı kadar bulunur. Pozitif ve negatif ideal çözüme olan uzaklıklar belirlendikten sonra alternatiflerin sıralamasını oluşturabilmek için bir sonraki adımda alternatiflerin yakınlık katsayıları hesaplanmıştır.

Üçgen bulanık sayılar ile elde edilen normalize edilmiş bulanık karar matrisi için bulanık pozitif ve negatif ideal çözümler aşağıda verilmiştir. A^* aşağıdaki gibi bulunmuştur;

$$A^* = [(0,7, 0,7, 0,7), (1, 1, 1), (0,9, 0,9, 0,9), (0,7, 0,7, 0,7), (1, 1, 1), (0,7, 0,7, 0,7), (1, 1, 1), (0,63, 0,63, 0,63), (0,45, 0,45, 0,45), (0,7, 0,7, 0,7)]$$

A^- aşağıdaki gibi bulunmuştur;

$$A^- = [(0, 0, 0), (0, 0, 0), (0, 0, 0), (0,7, 0,7, 0,7), (0, 0, 0), (0, 0, 0), (0, 0, 0), (0, 0, 0), (0, 0, 0), (0, 0, 0)]$$

Yamuk bulanık sayılar ile elde edilen normalize edilmiş bulanık karar matrisi için bulanık pozitif ve negatif ideal çözümler aşağıda verilmiştir. A^* aşağıdaki gibi bulunmuştur;

$$A^* = [(0,6, 0,6, 0,6, 0,6), (0,9, 0,9, 0,9, 0,9), (0,72, 0,72, 0,72, 0,72), (0,54, 0,54, 0,54, 0,54), (0,81, 0,81, 0,81, 0,81), (0,54, 0,54, 0,54, 0,54), (0,9, 0,9, 0,9, 0,9), (0,48, 0,48, 0,48, 0,48), (0,4, 0,4, 0,4, 0,4), (0,6, 0,6, 0,6, 0,6)]$$

A^- aşağıdaki gibi bulunmuştur;

$$A^- = [(0, 0, 0, 0), (0, 0, 0, 0), (0, 0, 0, 0), (0,14, 0,14, 0,14, 0,14), (0, 0, 0, 0), (0, 0, 0, 0), (0, 0, 0, 0), (0, 0, 0, 0), (0, 0, 0, 0), (0, 0, 0, 0)]$$

Tablo 4.20. Üçgen bulanık pozitif ideal çözüm

Uzaklık	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
$d(B1, A^+)$	0,668	0,741	0,559	0,455	0,582	0,540	0,876	0,551	0,356	0,668
$d(B2, A^+)$	0,274	0,221	0,795	0,598	0,879	0,318	0,539	0,321	0,269	0,274
$d(B3, A^+)$	0,274	0,968	0,354	0,236	0,741	0,620	0,723	0,551	0,269	0,580
$d(B4, A^+)$	0,274	0,582	0,683	0,492	0,314	0,318	0,221	0,390	0,356	0,437
$d(B5, A^+)$	0,668	0,879	0,354	0,236	0,582	0,620	0,723	0,551	0,356	0,668

Tablo 4.21. Üçgen bulanık negatif ideal çözüm

Uzaklık	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
$d(B1, A^-)$	0,058	0,331	0,425	0,274	0,496	0,221	0,183	0,125	0,161	0,058
$d(B2, A^-)$	0,521	0,858	0,161	0,432	0,181	0,496	0,521	0,425	0,288	0,521
$d(B3, A^-)$	0,521	0,058	0,666	0,432	0,331	0,125	0,341	0,125	0,288	0,183
$d(B4, A^-)$	0,521	0,496	0,288	0,432	0,795	0,496	0,858	0,322	0,161	0,341
$d(B5, A^-)$	0,058	0,181	0,666	0,432	0,496	0,125	0,341	0,125	0,161	0,058

Tablo 4.22. Yamuk bulanık pozitif ideal çözüm

Uzaklık	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
$d(B1, A^+)$	0,616	0,719	0,462	0,320	0,480	0,423	0,858	0,451	0,332	0,616
$d(B2, A^+)$	0,203	0,229	0,694	0,489	0,773	0,189	0,526	0,206	0,226	0,203
$d(B3, A^+)$	0,203	0,968	0,271	0,155	0,617	0,519	0,682	0,451	0,226	0,517
$d(B4, A^+)$	0,203	0,581	0,569	0,370	0,231	0,189	0,245	0,272	0,332	0,351
$d(B5, A^+)$	0,616	0,876	0,271	0,155	0,480	0,519	0,682	0,451	0,332	0,616

Tablo 4.23. Yamuk bulanık negatif ideal çözüm

Uzaklık	K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7	K8	K9	K10
$d(B1, A^-)$	0,127	0,357	0,401	0,215	0,480	0,230	0,227	0,132	0,175	0,127
$d(B2, A^-)$	0,538	0,872	0,175	0,324	0,203	0,480	0,538	0,401	0,306	0,538
$d(B3, A^-)$	0,538	0,114	0,628	0,324	0,357	0,132	0,399	0,132	0,306	0,227
$d(B4, A^-)$	0,538	0,480	0,306	0,324	0,756	0,480	0,849	0,306	0,175	0,399
$d(B5, A^-)$	0,127	0,203	0,628	0,324	0,480	0,132	0,399	0,132	0,175	0,127

Adım 9: Yakınlık katsayılarının hesaplanması

Her alternatifin pozitif ideal çözüm A^+ ve negatif ideal çözümünden A^- olan uzaklıkları üçgen bulanık sayılar için formül (3.12) ve yamuk bulanık sayılar için formül (3.13) kullanılarak hesaplanmıştır. Alternatiflerin yakınlık katsayı ise hesaplaması formül (3.14) kullanılarak yapılmıştır. Yakınlık katsayısı hesaplanırken hem (BPİÇ, A^+) hem de (BNİÇ, A^-) uzaklığı aynı anda dikkate alınır.

Üçgen sayılar kullanılarak hesaplanan yakınlık katsayıları Tablo 4.24' te, yamuk sayılar kullanılarak hesaplanan yakınlık katsayıları Tablo 4.25' te bulunmaktadır.

Tablo 4.24. Üçgen bulanık uzaklık ve yakınlık katsayıları

Bölümler	+	-	Yakınlık Katsayısı
B1	5,996	2,329	0,28
B2	4,488	4,402	0,50
B3	5,316	3,068	0,37
B4	4,066	4,708	0,54
B5	5,637	2,641	0,32

Tablo 4.25. Yamuk bulanık uzaklık ve yakınlık katsayıları

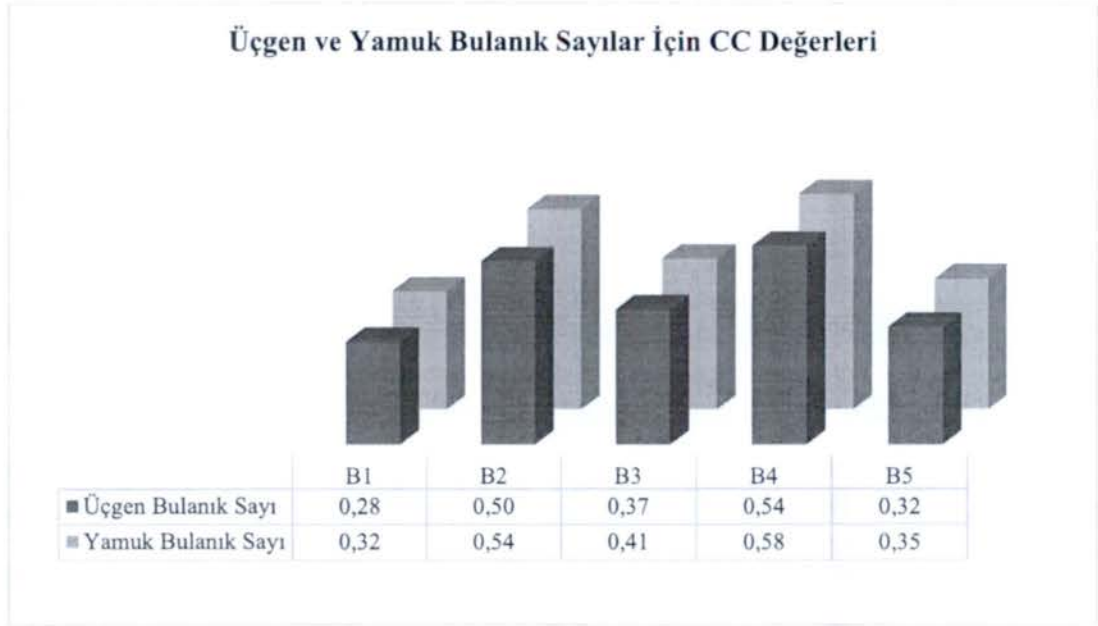
Bölümler	+	-	Yakınlık Katsayısı
B1	5,278	2,470	0,32
B2	3,739	4,374	0,54
B3	4,609	3,157	0,41
B4	3,344	4,611	0,58
B5	4,999	2,727	0,35

Adım 10: Alternatiflerin sıralanması

Alternatiflerin sıralaması Tablo 26' da bulunmaktadır. Üçgen ve yamuk bulanık sayılar için hesaplanan değerlendirmelere bakıldığında, alternatiflerin sırasının birbiri ile aynı olduğu görülmektedir. İki sıralama arasında fark olup olmadığını belirlemek için regresyon analizi yöntemi kullanılarak R^2 değeri bulunmuştur. Excel' de bulunan regresyon analizi sonucu Tablo 4.27' de bulunmaktadır. R^2 değeri 0,99 olarak bulunmuştur. Bulunan bu değer üçgen ve bulanık sayılar kullanılarak ulaşılan sonuçlar arasında ilişki olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.26. Alternatiflerin sıralama

Üçgen bulanık için sıralama	Üçgen bulanık değerler	Yamuk bulanık için sıralama	Yamuk bulanık değerler
B1: Mekanik İşlem	0,28	B1: Mekanik İşlem	0,32
B5: Depo Alanı	0,32	B5: Depo Alanı	0,35
B3: Boya Hattı	0,37	B3: Boya Hattı	0,41
B2: Montaj hattı	0,50	B2: Montaj hattı	0,54
B4: Laboratuvar	0,54	B4: Laboratuvar	0,58



Şekil 4.11. Üçgen ve bulanık sayılar için CC değerlerinin grafik gösterimi

Tablo 4.27. Regresyon analizi sonucu

Regresyon İstatistikleri	
Çoklu R	0,9998
R Kare	0,9995
Ayarlı R Kare	0,9994
Standart Hata	0,0028
Gözlem	5

ANOVA					
	df	SS	MS	F	Anlamlılık F
Regresyon	0,049868	0,049868	6302,677229	0,000004	0,049868
Fark	0,000024	0,000008			0,000024
Toplam	0,049891				0,049891

4.4.2. Bulanık VIKOR algoritmasının uygulanması

Daha öncede açıklandığı gibi TOPSIS ve VIKOR yöntemlerinin ilk beş adımı yani bulanık karar matrisinin oluşturulması adımı kadar aynıdır. Altıncı adımdan itibaren farklılık göstermektedir. Bu nedenle VIKOR yönteminin uygulama adımları altıncı adımdan itibaren açıklanmıştır.

Adım 6: Bulanık en iyi ve en kötü değerlerin belirlenmesi

Tüm kriter fonksiyonlarının, bulanık en iyi (f_j^*) ve en kötü (f_j^-) değerleri için formül (3.17) kullanılmıştır. Tablo 4.28 ve Tablo 4.29’ da sırasıyla üçgen ve yamuk bulanık sayılar için kriterlerin en iyi ve en kötü değerleri bulunmaktadır.

Tablo 4.28. Üçgen bulanık sayılar için kriterlerin en iyi ve en kötü değerleri

Kriterler	f_j^* en iyi değer			f_j^- en kötü değer		
K1	3	5	7	0	0	1
K2	9	10	10	0	0	1
K3	7	9	10	0	1	3
K4	3	5	7	1	3	5
K5	7	9	10	0	1	3
K6	7	9	10	0	1	3
K7	7	9	10	0	1	3
K8	5	7	9	0	1	3
K9	1	3	5	0	1	3
K10	3	5	7	0	0	1

Tablo 4.29. Yamuk bulanık sayılar için kriterlerin en iyi ve en kötü değerleri

Kriterler	f_j^* en iyi değer				f_j^- en kötü değer			
K1	4	5	5	6	0	0	1	2
K2	8	9	10	10	0	0	1	2
K3	7	8	8	9	0	2	2	3
K4	4	5	5	6	2	3	4	5
K5	7	8	8	9	0	2	2	3
K6	7	8	8	9	0	2	2	3
K7	7	8	8	9	0	2	2	3
K8	5	6	7	8	0	2	2	3
K9	2	3	4	5	0	2	2	3
K10	4	5	5	6	0	0	1	2

Adım 7: Her alternatif için S_i ve R_i değerlerinin hesaplanması

S_i , A_i alternatifi için belirlenen kriter değerlerinin bulanık en iyi değer olarak bulunan değere olan uzaklıklarının toplamıdır. R_i ise j . kritere göre A_i alternatifi için bulanık en kötü değer olarak bulunan değere olan maksimum uzaklığı olarak tanımlanır. S_i ve R_i değerleri sırasıyla formül (3.18) ve (3.19)'a göre hesaplanmıştır. S_i ve R_i değerleri sırasıyla üçgen bulanık sayılar için Tablo 4.30 ve Tablo 4.31' de, yamuk bulanık sayılar için Tablo 4.32 ve Tablo 4.33' te bulunmaktadır.

Tablo 4.30. Üçgen bulanık sayılar için S_i değerleri

Bölümler	S_i değeri			Ortalama
B1	5,765	6,905	7,470	6,713
B2	1,714	2,100	2,329	2,048
B3	3,571	4,125	4,495	4,064
B4	2,115	2,242	2,443	2,267
B5	4,771	5,710	6,221	5,567

Tablo 4.31. Üçgen bulanık sayılar için R_i değerleri

Bölümler	R_i değeri			Ortalama
B1	5,325	6,250	6,317	7,113
B2	1,543	1,850	1,950	2,200
B3	3,371	3,757	3,608	4,117
B4	1,687	1,941	2,036	2,273
B5	4,471	5,172	5,211	5,904

Tablo 4.32. Yamuk bulanık sayılar için S_i değerleri

Bölümler	S_i değeri				Ortalama
B1	5,325	6,250	6,317	7,113	6,251
B2	1,543	1,850	1,950	2,200	1,886
B3	3,371	3,757	3,608	4,117	3,713
B4	1,687	1,941	2,036	2,273	1,984
B5	4,471	5,172	5,211	5,904	5,190

Tablo 4.33. Yamuk bulanık sayılar için R_i değerleri

Bölümler	R_i değeri				Ortalama
B1	0,800	0,900	0,900	1,000	0,900
B2	0,700	0,800	0,800	0,900	0,800
B3	0,800	0,800	0,800	0,900	0,825
B4	0,500	0,600	0,700	0,800	0,650
B5	0,800	0,900	0,900	1,000	0,900

Adım 8: Maksimum grup faydası ve minimum bireysel pişmanlık değerinin belirlenmesi

S^* , S^- , R^* , R^- değerleri formül (3.20) ve (3.21)' e göre hesaplanmıştır. S^* değeri maksimum grup faydasını, R^* değeri ise karşıt görüştekilerin minimum pişmanlığını ifade etmektedir.

Tablo 4.34. Üçgen bulanık sayılar için S^* , S^- , R^* ve R^- değerleri

Üçgen Bulanık Sayılar İçin Değerler				
S^*	1,714	2,100	2,329	
S^-	5,765	6,905	7,470	
R^*	0,600	0,700	0,900	
R^-	0,900	1,000	1,000	

Tablo 4.35. Yamuk bulanık sayılar için S^* , S^- , R^* ve R^- değerleri

Yamuk Bulanık Sayılar İçin Değerler				
S^*	1,543	1,850	1,950	2,200
S^-	5,325	6,250	6,317	7,113
R^*	0,500	0,600	0,700	0,800
R^-	0,800	0,900	0,900	1,000

Adım 9: Durulaştırma ve alternatiflerin Q_i indeksine göre sıralanması

Q_i değeri formül (3.22)' ye göre hesaplanmıştır. Q_i indeks değeri, grup faydası ve minimum pişmanlığın birlikte değerlendirilmesiyle hesaplanır. Formüldeki v değeri, maksimum grup faydasını sağlayan stratejinin ağırlığını, $(1-v)$ değeri karşı görüştekilerin pişmanlığını sağlayan stratejinin ağırlığı olarak ifade edilebilir (Paksoy, 2015). Uzlaşma “çoğunluk oyu” ($v>0,5$) ile “konsensüs” ($v = 0,5$) veya “veto” ($v<0,5$) ile sağlanabilir. Q_i durulaştırılır ve Q_i indeksi elde edilir. Bu çalışmada $v=0,5$ olarak kabul edilmiştir. Durulaştırma işlemi bulanık sayıların ortalamaları alınarak yapılmıştır.

Tablo 4.36. Üçgen bulanık sayılar için alternatiflerin Q_i değerleri

Bölümler	Q_i değeri			Ortalama
B1	1,000	1,000	1,000	1,000
B2	0,167	0,333	0,500	0,333
B3	0,729	0,544	0,711	0,661
B4	0,049	0,015	0,011	0,025
B5	0,877	0,876	0,879	0,877

Tablo 4.37. Yamuk bulanık sayılar için alternatiflerin Q_i değerleri

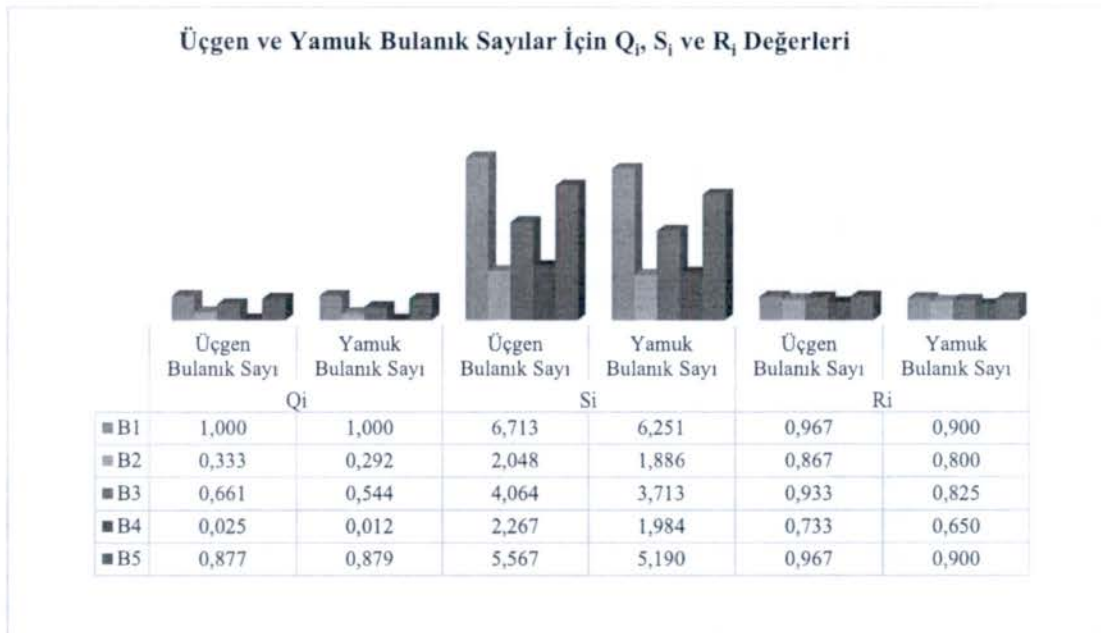
Bölümler	Q_i değeri				Ortalama
B1	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
B2	0,333	0,333	0,250	0,250	0,292
B3	0,742	0,550	0,440	0,445	0,544
B4	0,019	0,010	0,010	0,007	0,012
B5	0,887	0,878	0,873	0,877	0,879

Tablo 4.38. Üçgen bulanık sayılar için Q_i , S_i ve R_i indeks değerleri ve sıralama

Bölümler	Q_i değeri	Sıralama	S_i değeri	Sıralama	R_i değeri	Sıralama
B1	1,000	5	6,713	5	0,967	4 ve 5
B2	0,333	2	2,048	1	0,867	3
B3	0,661	3	4,064	3	0,933	2
B4	0,025	1	2,267	2	0,733	1
B5	0,877	4	5,567	4	0,967	4 ve 5

Tablo 4.39. Yamuk bulanık sayılar için Q_i , S_i ve R_i indeks değerleri ve sıralama

Bölümler	Q_i değeri	Sıralama	S_i değeri	Sıralama	R_i değeri	Sıralama
B1	1,000	5	6,251	5	0,900	4 ve 5
B2	0,292	2	1,886	1	0,800	3
B3	0,544	3	3,713	3	0,825	2
B4	0,012	1	1,984	2	0,650	1
B5	0,879	4	5,190	4	0,900	4 ve 5



Şekil 4.12. Üçgen ve bulanık sayılar için Q_i , S_i ve R_i değerlerinin grafik gösterimi

Adım 10: Uzlaştırıcı çözümün belirlenmesi

Uzlaştırıcı çözümün belirlenmesi formül (3.23) kullanılarak yapılır. Eğer iki koşul sağlanırsa, Q_i indeksi kullanılarak belirlenen çözüm uzlaştırıcı çözüm (A') olarak kabul edilir. Sadece 1.koşul sağlanırsa, seçilen alternatif kabul edilebilir avantaja sahiptir. Sadece 2.koşul sağlanıyorsa ise seçilen alternatifin karar vermede kabul edilebilir istikrara sahiptir. Tablo 4.38 ve Tablo 4.39' da yer alan Q_i indeks sırasına göre 2. sırada yer alan B2 (montaj hattı) alternatifinin indeks değeri ile 1. sırada yer alan B4 (laboratuvar) alternatifinin indeks değeri üçgen ve yamuk bulanık sayılar için aşağıda hesaplanmıştır.

1. koşula göre;

Üçgen bulanık sayılar için;

$$Q(A'') = 0,333 \text{ ve } Q(A') = 0,025' \text{ tir.}$$

$0,333 - 0,025 = 0,308 > 0,25$ olduğu için 1. koşul sağlanmıştır. B4 alternatifi kabul edilebilir avantaja sahiptir.

Yamuk bulanık sayılar için;

$$Q(A'')=0,292 \text{ ve } Q(A')=0,012$$

$0,292 - 0,012 = 0,28 > 0,25$ olduğu için 1. koşul sağlanmıştır. B4 alternatifi kabul edilebilir avantaja sahiptir.

2. koşula göre Q_i alternatif sıralaması, S_i alternatif sıralaması ile karşılaştırıldığında sadece birinci ve ikinci sıradaki alternatiflerin farklı olduğu görülmektedir. Q_i alternatif sıralaması, R_i alternatif sıralaması ile karşılaştırıldığında benzerik gösterdiği görülmektedir.

Adım 11: Alternatiflerin sıralanması

Alternatiflerin sıralaması Q_i , S_i ve R_i değerlerine göre sıralama Tablo 4.40' da bulunmaktadır. Bu tablodaki değerlere göre üçgen ve yamuk bulanık sayılar kullanıldığında aynı sıralamaya ulaşılmıştır. Ancak Q_i ve R_i' ye göre yapılan

değerlendirmede benzer sıralama olduğu görülürken S_i ' ye göre farklı sıralama bulunmuştur. Bu farklılıkla birlikte Q_i , S_i ve R_i değerlerine göre en riskli iki bölümün ise B1 ve B5 olduğu sonucuna ulaşılmaktadır. Dolayısıyla iş sağlığı ve güvenliği iyileştirme çalışmalarına öncelikle B1, yani mekanik işlemler bölümünden başlanılmalıdır. İş sağlığı ve güvenliği açısından riski en düşük olarak B4 ve B2 bölümleri olduğu bulunmuştur.

Tablo 4.40. Üçgen ve yamuk bulanık sayılar için alternatiflerin sıralaması

İndeks	Sıralama
Q_i	B4>B2>B3>B5>B1
S_i	B2>B4>B3>B5>B1
R_i	B4>B2>B3>B5=B1

Üçgen ve yamuk bulanık sayılar için bulunan değerlerin arasında fark olup olmadığını belirlemek için Q_i değerlerine göre regresyon analizi yöntemi kullanılarak R^2 değeri bulunmuştur. Excel' de bulunan regresyon analizi sonucu Tablo 4.41' de bulunmaktadır. R^2 değeri 0,99 olarak bulunmuştur. Bulunan bu değer üçgen ve bulanık sayılar kullanılarak ulaşılan sonuçlar arasında ilişki olduğunu göstermektedir.

Tablo 4.41. Regresyon analizi sonucu

Regresyon İstatistikleri					
Çoklu R	0,993				
R Kare	0,985				
Ayarlı R Kare	0,981				
Standart Hata	0,056				
Gözlem	5				
ANOVA					
	df	SS	MS	F	Anlamlılık F
Regresyon	1	0,6308	0,6308	203,1988	0,0007
Fark	4	0,0093	0,0031		
Toplam	5	0,6401			

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

İş sağlığı ve güvenliği alanında yapılan çalışmaların temel amacı iş kazaları ve meslek hastalıklarından çalışanların etkilenmesinin önüne geçmek, çalışanların daha sağlıklı ve güvenli bir ortamda çalışmalarını sürdürebilmelerini sağlamaktır. İş kazaları ile meslek hastalıklarının ortaya çıkardıkları maddi ve manevi kayıpların önüne geçebilmek için, bilimsel verilere ve araştırmalara dayalı çalışmalar “iş güvenliği” başlığı altında değerlendirilmektedir. İş kazası ve meslek hastalığı sonucu oluşan maddi ve manevi kayıplar göz önüne alındığında, iş sağlığı ve güvenliği alanında alınacak koruyucu tedbirler bir ülkenin gelişmişlik düzeyinin en büyük göstergelerinden biri olarak kabul edilmektedir. İşletmelerde bu maddi ve manevi kayıpları azaltmanın yollarından biri de risk değerlendirmesinin yapılmasıdır. 2012 yılında yürürlüğe giren 6331 sayılı İSG Kanunu Madde 10’a göre; işveren çalışanın, iş sağlığı ve güvenliği ile ilgili risk analizinin yapılması konusunda sorumludur. Bununla birlikte 2012 yılında yürürlüğe giren İSG Risk Analizi Yönetmeliği Madde 5’e göre;

- İşveren, iş alanının ve çalışanların sağlığını koruma ve güvenli bir ortam sağlama ve sürekli olarak geliştirme hedefi ile İSG açısından risk analizi yapılmasını sağlamalıdır.
- Risk analizinin yapılmış olması, işveren veya işveren vekilinin, çalışma alanında İSG hizmetlerinin yapılması sorumluluğuna mani olmamalıdır.
- İşveren, risk analizi yapılmasını gerçekleştiren kişilere risk analizi hakkında ihtiyaç duyduğu dokümanları temini ile sorumludur.

Bu çalışmada da aydınlatma sektöründe faaliyet gösteren bir işletmedeki iş sağlığı ve güvenliği açısından riskli bölümleri belirlemek amacıyla çok kriterli karar verme yöntemlerinden bulanık TOPSIS ve bulanık VIKOR yöntemleri ele alınmıştır. Çalışmada 5 bölüm, 10 kritere göre değerlendirilmiştir. Her iki yöntemde üçgen ve yamuk bulanık sayılarla çözüm elde edilmiştir. Kullanılan üçgen ve yamuk bulanık sayılar kriterlerin önem ağırlıkları açısından değerlendirildiklerinde, karar verici için

en önemli kriterlerin; K1 (acil durum yönetimi), K7 (fiziksel şartlar) ve K10 (kişisel ve makine koruyucuların kullanımı) olduğu belirlenmiştir. Bu kriterleri K2 (kimyasal madde ile çalışma), K4 (kaldırılan yükün ağırlığı ve sıklığı) ve K5 (tekrarlı yapılan hareketler) izlemektedir. Daha sonra K3 (elektrik ile çalışma) ve K9 (eğitim) olduğu görülmektedir. En az öneme sahip iki kriterin ise K6 (yüksekten cisim düşmesi) ve K8 (yapılan iş gereği oluşabilecek diğer tehlikeler) olduğu görülmektedir. TOPSIS ve VIKOR yöntemlerinde üçgen ve yamuk bulanık sayılar için aynı sıralamaya ulaşılmıştır. Ulaşılan sıralama sonucu Tablo 5.1’ de bulunmaktadır. Elde edilen sonuçlara göre iş sağlığı ve güvenliği açısından işletmedeki iyileştirme çalışmalarına ilk olarak B1 (mekanik işlem)’ den başlanması gerekmektedir. Daha sonra sırayla B5 (depo alanı), B3 (boya hattı), B2 (montaj hattı) ve B4 (laboratuvar) gelmektedir.

Tablo 5.1. Kullanılan yöntemlere göre sıralama

Bölümler	VIKOR			TOPSIS
	Q değeri	S değeri	R değeri	
B1	5	5	4 ve 5	5
B2	2	1	3	2
B3	3	3	2	3
B4	1	2	1	1
B5	4	4	4 ve 5	4

Her iki yöntemde üçgen ve yamuk bulanık sayılar için bulunan değerler arasında fark olup olmadığını belirlemek için regresyon analizi yöntemi kullanılmıştır. Regresyon analizi iki ve daha çok değişken arasındaki ilişkinin incelenmesinde kullanılan bir yöntemdir. İki değişken arasındaki ilişkiler basit regresyon analizi, ikiden fazla değişken arasındaki ilişkiler ise çoklu regresyon analizi olarak adlandırılmaktadır. Bu yöntem, değişkenler arasındaki ilişkinin sayısal olarak belirlenmesi için kullanılır. Bu ilişki doğrusal olabileceği gibi doğrusal olamayan şekillerde de olabilmektedir (Çakıcı ve diğerleri, 2015). Sonuç olarak R^2 değeri 0,99 olarak bulunmuştur. Bu da değerler arasında güçlü bir ilişki olduğunu göstermektedir.

Daha sonraki çalışmalarda, değerlendirme kriterlerinin, karar vericilerin ve işletmedeki ana bölümler yerine alt bölümlerin değerlendirildiği daha ayrıntılı bir çalışma yapılabilir. Ayrıca diğer bulanık ÇKKV (ELECTRE, PROMETHEE, AHP

gibi) yöntemleri ile aynı problem ele alınarak sonuçlar karşılaştırılabilir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar tek karar vericinin değerlendirmesine göre bulunan sonuçlardır. Karar verici sayısında yapılan değişiklik bulunan sonucu da etkileyecektir. Bu nedenle daha çok karar vericinin değerlendirilmesini inceleyerek çalışma geliştirilebilir.

Bu çalışma ile incelenen işletme için iş sağlığı ve güvenliğinde karşılaşılan problemlerin çözümünde bulanık TOPSIS ve bulanık VIKOR yönteminin kullanılabilir olduğu sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca bu iki yöntem çok kriterli karar verme problemlerinin çözümünün kullanım kolaylığı ve sonuçların birbiriyle tutarlılık göstermesi gibi nedenlerle incelenen işletmede uygulama alanlarının genişletilmesi önerilmektedir. Bulanık ÇKKV yöntemleri alternatiflerin birden fazla karar ölçütüne göre değerlendirildiği ve grup kararı verilmesinin gerektiği durumlarda iş sağlığı ve güvenliğinin yanı sıra personel seçimi, tedarikçi seçimi, yatırım projesi seçimi, Ar-Ge projelerinin önceliklendirme, performans değerlendirme, fizibilite analizi vb. gibi birçok alanda kullanılabilir.

KAYNAKLAR

- Asadabadi M.R., The Stratified Multi-Criteria Decision-Making Method, *Knowledge-Based Systems*, 2018, **162**, 115-123.
- Chen C.T., Extensions Of The TOPSIS For Group Decision-Making Under Fuzzy Environment, *Fuzzy Sets and Systems*, 2000, **114**(1), 1-9.
- Chen C.T., Lin C.T., Huang S.F., A Fuzzy Approach for Supplier Evaluation and Selection in Supply Chain Management, *International Journal of Production Economics*, 2006, **102**(2), 289-301.
- Çakıcı M., Oğuzhan A., Özdil T., *İstatistik*, 1. Baskı, Ekin Yayınları, Bursa, 2015.
- Çiçek Ö., Öçal M., Dünyada ve Türkiye’de İş Sağlığı ve İş Güvenliğinin Tarihsel Gelişimi, *HAK-İŞ Uluslararası Emek ve Toplum Dergisi*, 2016, **5**(11), 106-129.
- Demircioğlu M., Centel T., *İş Hukuku*, 19. Baskı, Beta Yayınları, İstanbul, 2016.
- Dizdar E. N., *İş Güvenliği*, 4. Baskı, Murathan Yayınevi, Trabzon, 2008.
- Ertuğrul İ., Karakaşoğlu N., Banka Şube Performanslarının VIKOR Yöntemi ile Değerlendirilmesi, *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, 2008, **20**(1), 19-28.
- Jahanshahloo G.R., Lotfi H. F., Izadikhah M., Extension Of The TOPSIS Method For Decision Making Problems With Fuzzy Data, *Applied Mathematics And Computation*, 2006, **181**, 1544-1551.
- Kahya E., Özkar D., *İş Güvenliği*, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Eskişehir, 2014.
- Kılış İ., *İş Sağlığı ve Güvenliği*, 1. Baskı, Dora Yayıncılık, Bursa, 2014.
- Lerche N., Wilkens I., Schmehl M., Eigner-Thiel S., Geldermann J., Using Methods of Multi-Criteria Decision Making to Provide Decision Support Concerning Local Bioenergy Projects, *Socio-Economic Planning Sciences*, 2017, 1-15.
- Opricovic S., Fuzzy VIKOR With an Application to Water Resources Planning, *Expert Systems with Applications*, 2011, **38**, 12983-12990.
- Opricovic S., Tzeng G.H., Compromise Solution by MCDM Methods: a Comparative Analysis of VIKOR and TOPSIS, *European Journal of Operational Research*, 2004, **156**, 445-455.
- Öztürk B., Çok Kriterli Karar Verme Tekniklerinden Bulanık TOPSIS ve Bulanık Analitik Hiyerarşi Süreci, Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Bursa, 2011, 312300.

Paksoy S., Ülke Göstergelerinin VIKOR Yöntemi İle Değerlendirilmesi, *Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 2015, **11**(2), 153-169.

Phua M.H., Minowa M., A GIS-Based Multi-Criteria Decision Making Approach To Forest Conservation Planning At A Landscape Scale: A Case Study In The Kinabalu Area, Sabah, Malaysia, *Landscape and Urban Planning*, 2005, **71**, 207–222.

Ross J. T., *Fuzzy Logic With Engineering Applications*, 3rd ed., John Wiley & Sons Ltd., New Mexico, 2004.

Rostykus W.G., Ip W., Dustin J.A., Applying ISO 45001 as a Model, *Ergonomics Peer-Reviewed, Professional Safety*, 2016, **61**(12), 34-42.

Tambay A., İş Sağlığı ve Güvenliği Uygulamalarının Örgütsel Bağlılığa Etkisinde Psikolojik Sözleşmenin Aracılık Rolü: Çimento Sektöründe Bir Araştırma, Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya, 2018, 501075.

Tanır F., İş Sağlığı ve Güvenliği, *İSGGM İş Sağlığı ve Güvenliği Dergisi*, 2004, **17**(4), 10-13.

TS ISO 12100, Makinalarda Güvenlik - Tasarım İçin Genel Prensipler - Risk Değerlendirilmesi ve Risk Azaltılması, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, 2011

TS ISO 31000, Risk Yönetimi - Prensipler ve Kılavuzlar, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, 2011.

TS ISO 45001, İş Sağlığı ve Güvenliği Sistemleri - Şartlar ve Kullanım Kılavuzu, *Türk Standartları Enstitüsü*, Ankara, 2018.

Tzeng G.H., Huang J.J., *Multiple Attribute Decision Making Methods and Applications*, CRC Press Taylor & Francis Group, United States Of America, 2011.

URL-1: <https://www.csgb.gov.tr/media/6103/isg03.pdf/>, (Ziyaret tarihi: 14 Aralık 2018).

URL-2:
https://www.eaeaydinlatma.com/tr/flipbook?file=https://www.eaeaydinlatma.com/pdf_uploads/Genel_Katalog_TR_2018_web.pdf/, (Ziyaret tarihi: 1 Ekim 2018).

URL-3: <http://www.mevzuat.gov.tr/MevzuatMetin/1.5.6331.pdf/>, (Ziyaret tarihi: 1 Ekim 2018).

URL-4:
http://www.sgk.gov.tr/wps/portal/sgk/tr/kurumsal/istatistik/sgk_istatistik_yilliklari/, (Ziyaret tarihi: 1 Ekim 2018).

URL-5: Türk Yapı Sektörü Raporu 2016,
<http://www.yapi.com.tr/TurkYapiSektoruRaporu2016/files/assets/basic-html/index.html#134/>, (Ziyaret tarihi: 1 Ekim 2018).

URL-6: TMMOB, 2018 İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Oda Raporu, https://www.mmo.org.tr/sites/default/files/gonderi_dosya_ekleri/isgraporu2018.pdf/, (Ziyaret tarihi: 1 Ekim 2018).

URL-7: ILO, 155 No'lu İş Sağlığı ve Güvenliği ve Çalışma Ortamına İlişkin Sözleşme, https://www.ilo.org/ankara/conventions-ratified-by-turkey/WCMS_377299/lang--tr/index.htm/, (Ziyaret tarihi: 1 Ekim 2018).

URL-8: https://www.imsad.org/Uploads/Files/Turkiye_IMSAD_Yapi_Sektoru_Raporu2017.pdf/, (Ziyaret tarihi: 1 Ekim 2018).

URL-9: <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2012/06/20120630-1.htm/>, (Ziyaret tarihi: 1 Ekim 2018).

URL-10: <http://www.mevzuat.gov.tr/Metin.Aspix?MevzuatKod=7.5.16925&MevzuatIliski=0&sourceXmlSearch/>, (Ziyaret tarihi: 1 Ekim 2018).

Ustasüleyman T., Bankacılık Sektöründe Hizmet Kalitesinin Değerlendirilmesi: AHS-TOPSIS Yöntemi, *Bankacılar Dergisi*, 2009, **69**, 33-43.

Wang Y. M., Elhag M.S.T., Fuzzy TOPSIS Method Based On Alpha Level Sets With An Application To Bridge Risk Assessment, *Expert Systems With Applications*, 2006, **31**, 309-319.

Yavuz S., Deveci M., Bulanık TOPSIS ve Bulanık VIKOR Yöntemleriyle Alışveriş Merkezi Kuruluş Yeri Seçimi ve Bir Uygulama, *Ege Akademik Bakış Dergisi*, 2014, **14**(3), 463-479.

Yoon K.P., Hwang C.L., *Multiple Attribute Decision Making: Methods and Applications*, Springer-Verlag, Berlin, 1981.

Zhou P., Ang B.W., Poh K.L., Decision Analysis in Energy and Environmental Modelling: An Update, *Energy*, 2006, **31**(14), 2604-2622.

EKLER

EK -A : İZİN BELGESİ

T.C. KOCAELİ ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ'NE

Kocaeli Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İş Sağlığı ve Güvenliği Tezli Yüksek Lisans programında tez aşamasında bulunan 155163002 öğrenci numaralı Esra İNCEL' in aşağıda bilgileri bulunan yüksek lisans tezinin EAE Elektrik Aydınlatma Endüstri Sanayi ve Ticaret A. Ş.' de yapılmasına, aşağıda belirtilen bilgi ve belgelerin tez çalışmasında ve tezden üretilmiş diğer bilimsel yayınlarda yer alabileceğine tarafımızca izin verilmiştir. Gereğini bilgilerinize arz ederim.

Tez İle İlgili Bilgiler

Adı Bir İşletmede Bulanık Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleriyle İş Sağlığı ve Güvenliği Açısından Riskli Alanların Belirlenmesi

Uygulanacağı Yer EAE Elektrik Aydınlatma Endüstri Sanayi ve Ticaret A. Ş.

Tez Danışmanı Dr. Öğr. Üyesi Taner Erdoğan

İşletme bünyesindeki üretim ve test alanlarında tezde kullanılacak risk analizi çalışmalarının yapılması uygundur. ☒ Evet ☐ Hayır

İşletmede yürütülen faaliyetlerle ilgili genel bilgilerin tezde yer alması uygundur. ☒ Evet ☐ Hayır

İşletmenin isminin tez çalışmasında yer alması uygundur. ☒ Evet ☐ Hayır

İşletme fotoğraflarının risk analizi çalışmalarında kullanılması uygundur. ☒ Evet ☐ Hayır

Tarih : 20.12.2018

Ad-Soyad : Mehmet Zamil PERK

Unvan : Yönetim Kurulu Başkan Yardımcısı

Kaşe-İmza :

EAE ELEKTRİK AYDINLATMA
END. SANAYİ VE TİCARET A.Ş.
Nispetiye OSB Ziya Gökalp Bulvarı, Akmerkezi Kat: 20
34190 Beşiktaş/İstanbul / Türkiye Tel: 549 17 80
Tic. Sic. No: 194186 / Şirketin Kurulduğu Yıl: 2013
Mühür No: 2055298100013 Kırp. Mühür No: 2055298100013

KİŞİSEL YAYIN VE ESERLER

İncel E., Erdoğan T., İşletmedeki İş Sağlığı ve Güvenliği Yönünden Yüksek Riskli Departmanların Bulanık TOPSIS Yöntemiyle Belirlenmesi, *Uluslararası Marmara, Fen ve Sosyal Bilimler Kongresi*, Kocaeli, 2018.

İncel E., Ergün K., Taguchi Deney Tasarım Yöntemiyle Alüminyum Profilin Mekanik Özelliklerine Etki Eden Faktörlerin İncelenmesi, 2. *Uluslararası Mühendislik, Mimarlık ve Tasarım Kongresi*, Kocaeli, 2017.

İncel E., Gönen D., Ergün K., Yonga Levha Üretimini Gerçekleştiren Entegre Bir Tesiste Süreç İyileştirme Çalışması, 37. *Yöneylem Araştırması ve Endüstri Mühendisliği Ulusal Kongresi*, İstanbul, 2017.

İncel E., İncel E., Bant Sistemiyle Kombi Üretimi Yapılan Çok Modelli Bir Montaj Hattının Dengelenmesi ve Tasarımın Tek Parça Akış Yöntemiyle Karşılaştırılması, 2. *Uluslararası Mühendislik, Mimarlık ve Tasarım Kongresi*, Kocaeli, 2017.

İncel E., Zorlu F.Z., Deney Tasarımı Yöntemiyle Alüminyum Ekstrüzyon Prosesinin İyileştirilmesi, 8. *Alüminyum Sempozyumu*, İstanbul, 2017.

ÖZGEÇMİŞ

Esra İncel, 1992 yılında Ordu’da doğdu. Lise öğrenimini Balıkesir Ayvalık Anadolu Lisesi’ nde tamamladı. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Endüstri Mühendisliği Bölümü’ nden 2014 yılında 3,94 genel not ortalaması ile bölüm birinciliği derecesi ile mezun oldu. Balıkesir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalında tezli yüksek lisans eğitimini, TÜBİTAK 2210-D Sanayiye Yönelik Yurtiçi Yüksek Lisans Burs Programı tarafından desteklenen, “Deney Tasarımı ve Yapay Sinir Ağları Yöntemiyle Alüminyum Ekstrüzyon Prosesinin İyileştirilmesi” başlıklı tez çalışması ile 2016 yılında tamamladı. 2015 – 2018 yıllarında Asaş Alüminyum Sanayi ve Ticaret A.Ş.’ de Proje Koordinasyon Sorumlusu olarak çalıştı. 2018 yılı haziran ayından itibaren aydınlatma sektöründe faaliye gösteren bir işletmede Ar-Ge Merkezi Koordinasyon Sorumlusu olarak çalışmaktadır.