

**T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ELEKTRİK SEKTÖRÜNDE EDAS VE VIKOR YÖNTEMİ İLE  
YEŞİL TEDARİKÇİ SEÇİMİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Özlem KARATAŞ**

**Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Mühendislik Yönetimi Bilim Dalı**

**OCAK 2023**



**T.C.  
SAKARYA ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**ELEKTRİK SEKTÖRÜNDE EDAS VE VIKOR YÖNTEMİ İLE  
YEŞİL TEDARİKÇİ SEÇİMİ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Özlem KARATAŞ**

**Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı**

**Mühendislik Yönetimi Bilim Dalı**

**Tez Danışmanı: Doç. Dr. Tijen ÖVER ÖZÇELİK**

**OCAK 2023**



Özlem KARATAŞ tarafından hazırlanan “Elektrik Sektöründe Edas ve VIKOR Yöntemi ile Yeşil Tedarikçi Seçimi ” adlı tez çalışması 26.01.2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği/oy çokluğu ile Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

### **Tez Jürisi**

<b>Jüri Başkanı :</b>	<b>Doç. Dr. Tijen ÖVER ÖZÇELİK</b> Sakarya Üniversitesi	.....
<b>Jüri Üyesi :</b>	<b>Doç. Dr. Ayten YILMAZ YALÇINER</b> Sakarya Üniversitesi	.....
<b>Jüri Üyesi :</b>	<b>Dr. Öğr. Üyesi Mustafa YILMAZ</b> Sakarya Üniversitesi	.....



## **ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ**

Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisansüstü Eğitim-Öğretim Yönetmeliğine ve Yükseköğretim Kurumları Bilimsel Araştırma ve Yayın Etiği Yönergesine uygun olarak hazırlamış olduğum “Elektrik Sektöründe Edas ve Vıkor Yöntemi İle Yeşil Tedarikçi Seçimi” başlıklı tezin bana ait, özgün bir çalışma olduğunu; çalışmamın tüm aşamalarında yukarıda belirtilen yönetmelik ve yönergeye uygun davrandığımı, tezin içerdiği yenilik ve sonuçları başka bir yerden almadığımı, tezde kullandığım eserleri usulüne göre kaynak olarak gösterdiğimi, bu tezi başka bir bilim kuruluna akademik amaç ve unvan almak amacıyla vermediğimi ve 20.04.2016 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin 9/2 ve 22/2 maddeleri gereğince Sakarya Üniversitesi’nin abonesi olduğu intihal yazılım programı kullanılarak Enstitü tarafından belirlenmiş ölçütlere uygun rapor alındığını, çalışmamla ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun ortaya çıkması halinde doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi beyan ederim. (06/12/2022).

(imza)

Özlem KARATAŞ





*Anne ve Babama*



## **TEŞEKKÜR**

Yüksek lisans eğitimim boyunca değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, her konuda bilgi ve desteğini almaktan çekinmediğim, araştırmanın planlanmasından yazılmasına kadar tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen, teşvik eden, aynı titizlikte beni yönlendiren değerli danışman hocam Doç. Dr. Tijen ÖVER ÖZÇELİK'e teşekkürlerimi sunarım. Tez çalışmam boyunca bana hiçbir desteğini esirgemeyen başta sevgili annem Fadime KARATAŞ'a, sevgili babam Hüseyin KARATAŞ'a, kardeşlerim Meral KARATAŞ IŐIK, Duygu KARATAŞ, Kaan KARATAŞ'a, ve dayım Ali Rıza KAZ'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Özlem KARATAŞ



## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

<b>ETİK İLKE VE KURALLARA UYGUNLUK BEYANNAMESİ</b> .....	<b>v</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>ix</b>
<b>İÇİNDEKİLER</b> .....	<b>xi</b>
<b>KISALTMALAR</b> .....	<b>xiii</b>
<b>TABLO LİSTESİ</b> .....	<b>xv</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b> .....	<b>xvii</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. LİTERATÜR TARAMASI</b> .....	<b>3</b>
2.1. Tedarikçi Seçimi ve Tedarikçi Seçim Problemleri.....	3
2.1.1. Yeşil tedarikçi seçimi .....	4
2.2. Tedarikçi Seçiminin Amacı ve Önemi .....	5
2.2.1. Tedarikçi seçiminin önem boyutları.....	6
2.2.2. Tedarikçi değerlendirme süreci .....	9
2.3. Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi ve Yeşil Satınalma.....	10
2.3.1. Yeşil satınalmanın önemi .....	11
2.3.2. Yeşil tedarikçi seçim kriterleri .....	12
2.4. Çok Kriterli Karar Verme ve Karar Verme Metodlarının Gruplandırılması ..	16
2.4.1. Tek amaçlı karar verme metodları.....	16
2.4.2. Çok amaçlı karar verme metodları .....	16
2.5. Karar Vermede İstatiksel Odaklı Modeller .....	17
2.6. Karar Vermede Matematiksel Programlama Modelleri .....	17
2.7. Karar Vermede Maliyet Odaklı Modeller .....	18
2.8. Çok Kriterli Karar Modelleri.....	18
2.9. RoHS Kavramı ve Analizi.....	20
2.10. EDAS .....	21
2.10.1. EDAS uygulama basamakları .....	22
2.10.2. EDAS yönteminin üstünlükleri .....	24
2.11. VIKOR .....	24
2.11.1. VIKOR uygulama adımları .....	26
<b>3. UYGULAMA</b> .....	<b>31</b>
3.1. Giriş.....	31
3.2. EDAS Yöntemi ile Yeşil Tedarikçi Değerlendirilmesi.....	34
3.3. VIKOR Yöntemi ile Yeşil Tedarikçi Değerlendirilmesi.....	43
<b>4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME</b> .....	<b>47</b>
<b>KAYNAKLAR</b> .....	<b>49</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ</b> .....	<b>57</b>



## **KISALTMALAR**

<b>AHP</b>	: Analitik Hiyerarşi Prosesi
<b>ÇKKV</b>	: Çok Kriterli Karar Verme
<b>EDAS</b>	: Evaluation Based On Distance From Average Solution
<b>GO</b>	: Geometrik Ortalama
<b>NDA</b>	: Negative Distance From Average
<b>PDA</b>	: Positive Distance From Average
<b>RoHS</b>	: Restriction Of Hazardous Substances
<b>TZY</b>	: Tedarik Zinciri Yönetimi
<b>YTZY</b>	: Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi





## TABLO LİSTESİ

### Sayfa

<b>Tablo 3.1.</b> F1 Firması RoHS Analizi Değeri .....	32
<b>Tablo 3.2.</b> F2 Firması RoHS Analizi Değeri .....	32
<b>Tablo 3.3.</b> F3 Firması RoHS Analizi Değeri .....	33
<b>Tablo 3.4.</b> F4 Firması RoHS Analizi Değeri .....	33
<b>Tablo 3.5.</b> Karar Verici1 Puanlama Matrisi .....	34
<b>Tablo 3.6.</b> Karar Verici2 Puanlama Matrisi .....	34
<b>Tablo 3.7.</b> Karar Verici3 Puanlama Matrisi .....	35
<b>Tablo 3.8.</b> Kombine Edilmiş Karar Matrisi .....	37
<b>Tablo 3.9.</b> Ortalamadan Pozitif Uzaklık Matrisi .....	39
<b>Tablo 3.10.</b> Ortalamadan Negatif Uzaklık Matrisi .....	40
<b>Tablo 3.11.</b> Ağırlıklandırılmış PDA Matrisi .....	40
<b>Tablo 3.12.</b> Ağırlıklandırılmış NDA Matrisi .....	41
<b>Tablo 3.13.</b> SPI ve SNI Matrisi .....	41
<b>Tablo 3.14.</b> NSP ve NSN Matrisi .....	42
<b>Tablo 3.15.</b> AS <sub>i</sub> Matrisi .....	42
<b>Tablo 3.16.</b> AS <sub>i</sub> ve Sıralama Matrisi .....	42
<b>Tablo 3.17.</b> Ağırlıklandırılmış Karar Matrisi .....	45
<b>Tablo 3.18.</b> Si ve Ri Değerleri Tablosu .....	45
<b>Tablo 3.19.</b> Q Değerleri Tablosu .....	46
<b>Tablo 3.20.</b> Sıralama Tablosu .....	46
<b>Tablo 4.1.</b> Sonuç Tablosu .....	48



## ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa</u>
Şekil 2.1. Tedarikçi Seçiminin Amacı ve Önemi .....	6
Şekil 2.2. Tedarikçi Önem Boyutları .....	7
Şekil 2.3. Tedarik Zinciri Yönetiminde Yeşil Satınalma Fonksiyonun Yeri (Sarkis,2001, Ardalı,2020).....	11
Şekil 2.4. Yeşil Tedarikçi Seçim Süreci Aşamaları.....	13



## ELEKTRİK SEKTÖRÜNDE EDAS VE VIKOR YÖNTEMİ İLE YEŞİL TEDARİKÇİ SEÇİMİ

### ÖZET

İşletmeler yıllarca zehirli sıvı, katı, gaz biçiminde atıklarla doğayı kirletmiş ve yeryüzüne vermiş oldukları zararları hesaba katmamışlardır. Doğanın önemi ve gözlenmesi bakış açısı 90'larda önem kazanarak gündeme gelmiştir. Çağımız, bu bakış açısı ile doğaya daha farklı bir hassasiyetle yaklaşarak, işletmelerin endüstriyel anlamında ilerlemelerine olanak sağlamaktadır. Bu sayede farklı alanlar da faaliyet gösteren işletmeler doğayla dost nihai ürün üretilmesine destek olmaktadır. Aynı zamanda, ürün yaşam döngüsünün her basamağında doğanın dengesini koruyarak yeşil uygulamalarla gündeme gelmektedirler. Kağıt işletmelerinin üretilen kağıdı tekrar kullanılabilir konuma getirmesi, plastik üretimi gerçekleştiren işletmelerin çevreci hassasiyetle üretim yapmaları, bu alanda yapılan çalışmalardandır ve günümüzde oldukça önemli uygulamalardır. Bu sektörler dışında da birçok işletme, çevre dostu yaklaşımla üretim gerçekleştirmekte ve bu anlayışı tüm üretim süreçlerine yansıtmaktadırlar. İşletmelerin bu çevre dostu üretim bakış açısında doğru yeşil tedarikçi seçimi önemli bir yer tutmaktadır. Tüketicilerin de bu doğa dostu görüşe sahip olması ve yapılan yasal planlamalar da işletmeleri yeşil tedarik zinciri yaklaşımına yönelmektedir. Doğaya verilebilecek tehlikelerin en aza indirilme hedefi yeşil tedarik zincirinin yönetim faaliyetlerinin etkinliğini arttırmaktadır.

Yeşil tedarik zinciri yönetiminde çevre ile ilgili yaklaşımların hedeflenmesi, onu önemli bir noktaya taşımaktadır. Bu yaklaşımı benimseyen işletmeler; sahip oldukları tedarikçilerinde ilerlemelerini en iyilemek için çok çeşitli hedefler belirleyerek bunları tedarikçilerine sunmaktadırlar. Böylece işletmeler rakiplerini geride bırakabilecek doğa dostu tedarikçilere sahip olmaktadır. Bu konu birçok işletmenin öncelikli olarak gördükleri çalışmaların başında gelmektedir. Söz konusu çalışmaların geliştirilmesi ve yürürlüğe konması maliyet bakımından işletmeleri zora sokabilmektedir. Bu çalışmalar arasından en iyinin belirlenmesi ve bunun uygulanabilmesi zorlu süreçlerden biridir. Aynı zamanda bilgi yetersizliği, yapılan çalışmalarda arzu edilen hedeflerin tutturulamaması, işletmelerin altyapı sorunlarının olması bazı sıkıntılar yaratabilmektedir.

İşletmeler, günümüz koşullarında birden fazla tedarikçiye sahip olmakta ve bunlar arasından en iyisinin, en yeşil yaklaşıma sahip olanın seçimini gerçekleştirmek durumunda kalmaktadır. Bu durum da işletmeler için tedarikçi seçim/karar verme problemlerini gündeme getirmekte ve bu problemler birçok belirsizlik barındırmaktadır. Karar vericilerin kararlarını objektif, doğru olarak verebilmesi özellikle de kriter ve alternatif sayılarının fazla olması durumunda daha da önem kazanmaktadır. Bu durumda, çok kriterli karar verme yöntemleri, birden çok alternatif ve kriter olması durumunda bilimsel ve sistematik bir yaklaşımla değerlendirmeyi mümkün kılmaktadır. Bu özelliğinden dolayı yeşil tedarikçi seçim problemlerinde çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Çok kriterli karar verme teknikleri nicel bilgilerin yetersizliğinin aşılmasını sağlamaktadır. Aynı zamanda bu teknikler konularında

uzman kişilerin fikirlerini temsil yeteneği açısından da güçlüdür. Bu bağlamda, yeşil tedarikçi problemlerinde kazanç ve çevreci ölçütleri beraber ele alabilen bu teknikler işletmeler için rekabet avantajı sunabilmektedir.

Bu çalışmaya konu olan, yeşil tedarikçi seçim çalışmasının gerçekleştirildiği işletmede, hali hazırda RoHS analizi kullanılmaktadır. RoHS analizi ile işletme tedarikçi seçimi yapmaktadır. Bu analiz tekniği ile civa, kadmiyum, kurşun, krom değerleri olması gereken standart ölçüm değerleri ile kıyaslanıp analiz edilerek tedarikçi seçimi gerçekleştirilmektedir. Tedarikçi seçimine temel olan kritik parça, çalışmanın gerçekleştirildiği işletmede üretilen otomatik sigortalarda kullanılan cıvatalardır. Bu kapsamda gerçekleştirilen çalışmada; çok kriterli karar verme tekniklerinden olan EDAS ve VIKOR yöntemleri ayrı ayrı ele alınarak işletme için en iyi yeşil tedarikçi seçimi yapılmış ve RoHS analizi ile tutarlılığı irdelenmiştir. Bu amaçla öncelikle işletmedeki uzmanların görüşü ve literatürden elde edilen; uygunluk kalitesi, yeşil ürün tasarımı, yeşil satınalma, yeşil üretim kriterler olarak belirlenmiştir. Çok kriterli karar verme tekniklerinden olan EDAS ve VIKOR tekniği belirsizlik altında karar vermede etkili ve karmaşık problemleri objektif bir yaklaşımla, hızlı bir şekilde sonuca ulaştırdığı için tercih edilmiştir. RoHS analizi, çalışmada gerçekleştirilen yeşil tedarikçi seçimi ile işletmenin mevcutta kullandığı tedarikçi seçiminin geçerliliğinin kıyaslanması amacı ile kullanılmıştır.

## **GREEN SUPPLIER SELECTION WITH EDAS AND VIKOR METHOD IN ELECTRICITY INDUSTRY**

### **SUMMARY**

For years, businesses have polluted nature with toxic liquid, solid and gaseous wastes and have not considered the damage they have caused to the earth. The point of view of the importance and observation of nature came to the fore by gaining importance in the 90s. With this point of view, our age approaches nature with a different sensitivity, allowing businesses to progress in an industrial sense. Today, businesses reveal their primary purposes with this point of view. In this way, businesses operating in different fields support producing environmentally friendly end products. At the same time, they come to the fore with green practices by preserving the balance of nature at every step of the product life cycle. Making the produced paper reusable by paper enterprises and producing with environmental sensitivity by plastic production enterprises are studies in this field and are very important applications today. Apart from these sectors, many businesses carry out production with an environmentally friendly approach and reflect this understanding in all production processes. Choosing the right green supplier is essential in enterprises' environmentally friendly production perspective. Consumers also have this nature-friendly view and the legal plans made are also turning businesses towards the green supply chain approach. The aim of minimizing the dangers that can be given to nature increases the efficiency of the management activities of the green supply chain.

Targeting environmental approaches in green supply chain management takes it to an important point. Businesses that adopt this approach; set a wide range of targets and present them to their suppliers to optimize their progress in the suppliers they own. Thus, businesses have eco-friendly suppliers that can leave their competitors behind. This issue is at the forefront of the work that many businesses see as a priority. The development and implementation of these studies can put businesses in difficulties in terms of cost. One of the challenging processes is determining the best among these studies and implementing it. At the same time, lack of information, failure to achieve the desired targets in the studies, and the infrastructure problems of the enterprises can create some problems.

In today's conditions, businesses have more than one supplier, and they must choose the best one with the greenest approach. This situation raises supplier selection/decision-making problems for businesses, which contain many uncertainties. It becomes even more critical that decision-makers make their decisions objectively and accurately, especially if the number of criteria and alternatives is high. In this case, multi-criteria decision-making methods make it possible to evaluate with a scientific and systematic approach in case of multiple alternatives and criteria. Due to this feature, it is widely used in green supplier selection problems. Multi-criteria decision-making techniques enable us to overcome the inadequacy of quantitative information. At the same time, these techniques are robust in representing the ideas of experts in their fields. In this context, these techniques can handle profit and environmental

criteria together in green supplier problems and offer a competitive advantage for businesses.

RoHS analysis is currently used in the enterprise, the subject of this study, where the green supplier selection study is carried out. With the RoHS analysis, the company chooses a green supplier. With this analysis technique, mercury, cadmium, lead, and chromium values are compared and analyzed with the required standard measurement values, and green supplier selection is made. The critical part, the basis for supplier selection, is the bolts used in the automatic fuses produced in the enterprise where the study is carried out. In the study carried out in this context, EDAS and VIKOR methods, which are multi-criteria decision-making techniques, were handled separately. The best green supplier was selected for the enterprise, and its consistency with RoHS analysis was examined. For this purpose, firstly, the opinion of the experts in the enterprise obtained from the literature, compliance quality, green product design, green purchasing, and green production criteria were determined. EDAS and VIKOR techniques, which are multi-criteria decision-making techniques, have been preferred because they are influential in decision-making under uncertainty and provide a quick solution to complex problems with an objective approach. The study used RoHS analysis to test the validity of green supplier selection.

EDAS and VIKOR techniques, which are one of the multi-criteria decision making techniques, are the most effective in decision making under uncertainty. These techniques capture very complex problems quickly by filtering the appropriate step.

Multi-criteria decision-making is defined as the decision-making process in which the purpose is evaluated for each option simultaneously in the decision-making process. The biggest difficulty in this process is that an option achieves the optimum benefit in terms of one criterion and cannot achieve the same (same) benefit in terms of another criterion. It expresses a point of view based on the selection of the option in which all the criteria provide maximum benefit. Multi-Criteria Decision Making (MCDM) deals with the decision-making process influenced by many criteria. Multi-criteria decision making; Multi-objective decision making is divided into two groups consisting of multi-quality decision making. The two groups are generally considered in the same sense. Whether the decision space is continuous or discrete is the determining factor in these two groups. Problems in which the number of options are infinite become multi-objective decision making problems. An example of this is mathematical programming. Although multi-criteria decision-making methods have multiple and different structures, some aspects are common. Alternatives, criteria, incomparable units of measure, criterion weights, decision matrix constitute the common aspects of multi-criteria decision making methods

In multi-criteria decision making methods, criteria are weighted. Different decisions are made by weighting the criteria. In multi-criteria decision-making methods, weight assignments should be made according to the criteria. It is a very rare event that all criteria are evaluated with exactly the same measurement units in the decision-making problem. The comparison of criteria for non-identical unit values is called the normalization process .

In the literature, criteria weighting methods are considered subjectively and objectively. Delphi is shown as an example of subjective methods. Objective methods, on the other hand, can be described as Entropy Weighting Method, Importance Determination of Criteria by Correlation between Criteria method or multi-objective programming technique as models. In subjective methods, while the evaluation criteria



are weighted according to the choices of the decision makers; In objective methods, weighting is done according to real data. The common feature of all the methods is based on the weighting process by using both the judgments of the decision makers and the numerical information simultaneously. Multi-criteria decision making problems are expressed in matrix form. In this matrix, alternatives, decision criteria, weights of decision criteria are considered as the element of the matrix that expresses the success of the alternative.

there are . Multi-criteria decision making methods are based on determining the optimum choice and grouping the alternatives

There are many methods used in multi-criteria decision making in the literature. Many methods have different features according to their structure. The methods used in multi-criteria decision making are grouped as deterministic, stochastic and fuzzy methods. Grouping process is done according to the type of data and the number of decision makers, as single decision maker techniques and multiple decision maker techniques .

The main methods used in multi-criteria decision making; Weighted Product Models can be arranged as Analytical Hierarchy Process (AHP), Electre, Topsis, Promethee.

The Analytical Hierarchy Process (AHP) is a multi-criteria decision-making technique developed through Saaty. The steps of the AHP method are defining the problem, structuring the hierarchical order, creating binary comparison matrices for the criteria, determining the importance levels of the criteria, measuring the consistency, determining the importance levels of the alternatives according to each of the criteria, and determining the percent importance of the alternatives .

The VIKOR method is a multi-criteria decision-making technique that obtains the optimum ranking of options by utilizing criterion weights obtained by AHP or other methods under agreed conditions. VIKOR, one of the multi-criteria decision-making methods, aims to optimize multi-criteria decision systems and to provide maximum group benefit. This method is a multi-criteria decision making method that uses each value of the alternatives to achieve the most appropriate ranking. The VIKOR technique aims to get closer to the optimum solution . It is used quite frequently in many fields. The VIKOR method is mostly used in robot selection, water resources planning, material selection and risk assessment . Many methods have been developed to solve business problems. Solutions to single-objective decision making problems are developed with linear and non-linear programming and integer programming. Linear programming is the most widely used method. While it is the method applied to solve the problems of the enterprises; The result it produces may not produce the desired result with the production method. In the economic process, inputs and outputs may conflict with indivisibility problems. Integer programming solves this division. Integer linear programming model is a mathematical programming designed on the basis that all parameters take non-negative integer values. In integer linear programming, some or all of the variables take integer values .

There are some differences between linear programming model and integer programming. In linear programming, decision parameters are required to be zero or greater than zero. In integer programming, it is required that the decision variables take a large integer value equal to zero.

Choosing the right supplier has an important place for businesses. With the right supplier selection, businesses can find the opportunity to achieve successful service

quality. Production in companies consists of many rings. Another part of this ring is suppliers. At this point, it reveals how influential the selection of suppliers is. In particular, the fact that businesses can provide good quality service to their customers, improve their process processes, reduce the raw material used in production and production costs, is achieved by choosing the right supplier. Supplier companies that are not selected optimally increase the process processes of the enterprises and cause an increase in the time to respond to customer expectations. In addition, wrong supplier selection creates serious financial losses for businesses.

A correct supplier must comply with the management principles of the enterprise. Suppliers who are in constant communication with the enterprises respond to the problems of the enterprises in a very short time. A consistent management structure of the suppliers and at the same time their technology capacities must be developed.

RoHS analysis is currently used in the enterprise where this study is carried out. With the RoHS analysis, the appropriate green supplier is selected on behalf of the enterprise. At the same time, with this analysis technique; The mercury, cadmium, lead, chromium values are compared and analyzed with the standard measurement values, and the green supplier is selected. In the study, testing the validity of green supplier selection was aimed with different techniques. For this purpose, firstly the opinion of the experts in the enterprise and obtained from the literature; compliance quality, green product design, green purchasing, green production criteria were determined. EDAS and VIKOR methods, which are multi-criteria decision-making techniques, were handled separately and the optimum green supplier was selected for the enterprise and its consistency with RoHS analysis was examined.

## 1. GİRİŞ

Yeşil tedarikçi zinciri yönetimi (YTZY), çevresel hassasiyete sahip ürün ve hizmet çoğaltma stratejilerinin bütünleştiği tedarik zinciri yönetim şeklidir. Yeşil tedarik zinciri yönetimi yeşil satınalma, yeşil üretim, yeşil pazarlama ve tersine lojistik gibi alt aşamalardan oluşmaktadır. YTZY terimi, günümüzde küresel olarak artış gösteren çevre koruma bilinci ile işletmeleri tedarik zinciri yönetimine yeşil faktörleri katmaya itmiştir.

YTZY, malzeme temini ve tercihi, üretim aşamaları, nihai ürünün müşteriye teslimatı, ömür süresini tamamlayan ürünlerin tekrardan kazanılması gibi süreçleri kapsamaktadır. İşletmelerin çevreye karşı hassas tedarik zincirini geliştirmeleri yeşil tedarikçi seçimi ile hedeflenmektedir.

Çağımızda kalite, fiyat gibi geleneksel kriterlere yeşil satınalma, enerji verimliliği, yeşil ürün tasarımı, çevresel yönetim sistemi, yeşil üretim gibi ek çevresel kriterler eklenmiştir.

Çok kriterli karar verme metodları, işletmelerin geleneksel ve çevresel kriterlerini göz önüne alarak yeşil tedarikçileri seçme ve değerlendirmesine olanak sağlamaktadır. Geleneksel tedarikçi seçim modellerine çevresel kriterleri dahil eden ve tedarikçi seçim problemlerinin çözümlenmesinde kullanmak için çok kriterli karar verme metodlarını ileri noktalara taşımayı hedefleyen çalışmalar literatürde oldukça az sayıdadır. Literatürde yapılan çalışmaların çoğunda klasik çok kriterli karar verme metodları bulanık teori yaklaşımıyla bütünleştirmektedir.

Bu çalışmada uygulamanın gerçekleştirildiği işletmede, hali hazırda RoHS analizi ile optimum yeşil tedarikçi seçimi yapılmaktadır. RoHS analizi ile; civa, kadmiyum, kurşun, krom değerleri olması gereken standart ölçüm değerleri ile kıyaslanıp analiz edilerek yeşil tedarikçi gerçekleştirilmektedir. Bu seçimin geçerliliğinin irdelenmesi amacı ile; öncelikle işletmedeki üç uzman görüşü ve literatür araştırmalarından elde edilen uygunluk kalitesi, yeşil ürün tasarımı, yeşil satınalma, yeşil üretim kriter olarak belirlenmiştir. Ayrıca çok kriterli karar verme tekniklerinden olan EDAS, VIKOR teknikleri birbirinden bağımsız ele alınarak işletme için optimum yeşil tedarikçi seçimi

gerçekleştirilmiştir. Bu sayede en uygun yeşil tedarikçi seçimi sağlanarak firmanın çevreye ve insan sağlığına zarar veren unsurları en aza indirgenerek ekolojik düzenin devamına olanak sağlanacaktır. Çalışmanın ikinci kısmında literatür taraması, üçüncü bölümünde uygulama, dördüncü ve son bölümünde sonuç ve değerlendirme tarafı ele alınmaktadır.

## 2. LİTERATÜR TARAMASI

### 2.1. Tedarikçi Seçimi ve Tedarikçi Seçim Problemleri

Piyasada işletmeler arasında gün geçtikçe artan bir rekabet söz konusudur. Tüketici davranışlarının değişimi bu duruma zemin oluşturmaktadır. Tüketici davranışlarının değişim göstermesi arz ve talep dengelerini de etkilemektedir. İşletmeler, tüketicilerin beklentilerine cevap verebilmek ve piyasada rekabet edebilmek adına üretim kapasitelerini arttırmaktadırlar. Dolayısıyla işletmelerin tüm üretim aşamalarını kendi bünyelerinde gerçekleştirmeleri zorlaşmaktadır. Bu durum işletmeleri tedarikçi firmalarla çalışmaya itmiştir. İşletmelerin en uygun tedarikçilerle çalışması stratejik rekabet düzeyini arttırmaktadır. Üretim için ihtiyaç duyulan malzemelerin hangi firmadan, ne kadar ve ne kadar süre ile temin edileceği süreci tedarikçi seçimi ile gerçekleştirilmektedir. Özellikle işletmelerin müşterilerine iyi kalitede hizmet verebilmesi, proses süreçlerini iyileştirmeleri, üretimde kullanılan hammadde ve üretim maliyetlerini aşağıya doğru çekmesi doğru tedarikçi seçimi ile gerçekleştirilmektedir. Optimum olarak seçilmeyen tedarikçi firmalar, işletmelerin işlem süreçlerini arttırarak müşteri beklentilerine cevap verme süresinin artmasına sebebiyet vermektedir. Tedarikçilerin, müşterilerin beklenti ve teslim vb. gibi isteklerini karşılama bu noktada önem kazanmaktadır. Tedarikçi seçiminde önde gelen kriterler fiyat, finansal uygunluk, kalitesel sistem, paketleme gücü, sevkiyat durumu, esneklik, zamanında teslimat, ürünlerde uzun ömürlü olabilme şeklindedir [1].

Tedarikçi seçiminin en önemli noktalarını aşağıdaki maddeler oluşturmaktadır.

- 1 Tedarikçi seçim sürecinin kritik olması,
- 2 Tedarikçilerin kaliteli materyallerinin olması,
- 3 İşletmelerin tedarikçilerine yatırım yapması,
- 4 İşletmelerin fiyat indirimlerinden daha çok stratejik tedarikçi seçimine önem vermesidir [2].

İşletmeler artan rekabet şartlarında ayakta kalabilmek için gider maliyetlerini azaltma yoluna gitmektedirler. Bu amaçla işletme kendisi için gerekli olan hammadde ve yarı ürünlerin en uygun tedarikçi, zaman ve en düşük maliyetle tedarikini sağlamaktadır. İşletmelerin kendilerine uygun doğru tedarikçi sistemini oluşturması müşterilerinin beklentilerine çok kısa sürede cevap vermesini, rekabetçiliğini arttırmasını sağlamaktadır [3].

### **2.1.1. Yeşil tedarikçi seçimi**

Bir tedarik zincirinin ortakları, tedarik zinciri davranışının kritik belirleyicileridir. Bu zincirde ortaklığın sürdürülebilirliği tedarik zincirinin oluşturulması ve sürdürülmesi için çok önemli olmaktadır [4]. Günümüz rekabet ortamında tedarikçi seçimi ile ilgili karar ,üretim yönetiminin başarısı için çok önemlidir [5]. Firmaların rekabet edebilmesi için güvenilir tedarikçilerle çalışmalıdır. İşletmeler, çoğu zaman tedarikçi seçimi ve sorunlarıyla çok sık bir şekilde karşılaşmaktadırlar. Bunun sebebi ise tedarikçi çeşitliliği ve bolluğu nedenidir. Tedarikçi seçimi, en bilinen çok kriterli karar verme arasında yer almaktadır [6]. Çok kriterli karar verme teknikleri, tüm uygun alternatifler arasından optimum alternatifin karşılaştırılmasını ve ortaya çıkarmış olduğu birçok sorunun çözümüne odaklanmaktadır [7]. Çok amaçlı karar verme yöntemleri çözümseldir. Ölçülebilir ve ölçülemeyen birçok stratejik ve operasyonel faktörlerin yanı sıra birçok insanı da karar verme sürecine katmaktadır [8]. Çok kriterli karar verme teknikleri, firmaların ihtiyaç duymasından dolayı oldukça önem kazanmaktadır. Çok kriterli karar verme sorunlarına tedarikçi seçimi, uygun kriterlerin tespit edilmesi iletişimlerin açık bir şekilde ifade edilmesi gibi çözüm bulmak için uygun yöntemler olmaktadır [9].

Doğru tedarikçi seçimi ile işletmeler rekabet gücünü gün geçtikçe arttırmaktadır. İşletmelerin başarılı performans göstermesinde de doğru tedarikçi seçimi önemli rol oynamaktadır [10]. İşletmelerde üretilen ürün sayısının artmasıyla beraber iş süreçlerinin genişlemesi işletmeleri tedarikçi seçimine zorlamıştır. Bu süreçleri dengeleyen sistemselsel yapı firmaların tedarikçileri olmaktadır. İşletmeler, tedarikçiler ve müşteriler arasında çok kuvvetli bir şekilde iş paylaşımı doğmaktadır.

İşletmeler açısından üretimi yapılan nihai (son) ürünlerin ürün kalitesini, maliyetini, termin sürelerini doğru zamanda doğru fiyattan sahip oldukları tedarikçileri sağlamaktadır [11].

Tedarikçi seçiminde özellikle;

- 1 Tedarikçinin talep edilen malzemeyi doğru zamanda temin edebilmesi,
- 2 Tedarik edilen ürün için fiyat düşürebilme kapasitesi,
- 3 Tedarikçinin imalat gücü,
- 4 Üretici firma ile tedarikçinin geçmişte iyi ilişkiler kurabilmiş olması,
- 5 Tedarikçinin finansal durumu oldukça önem kazanmaktadır.

Opricovic 2011 yılında, işletmeler için doğru tedarikçinin seçilmesinin doğurduğu sonuçları tespit edebilmek adına bir çalışma gerçekleştirmiştir. Bu çalışmada tedarikçilerin işletmeye uyumu ve dürüstlüğü en önemli noktalardır. Ayrıca işletmelerin taleplerini sürekli olarak tedarikçilerine yaptırılmaları tedarikçilerine olan güveninin ve bağlılıklarının artmasına neden olmuştur [12].

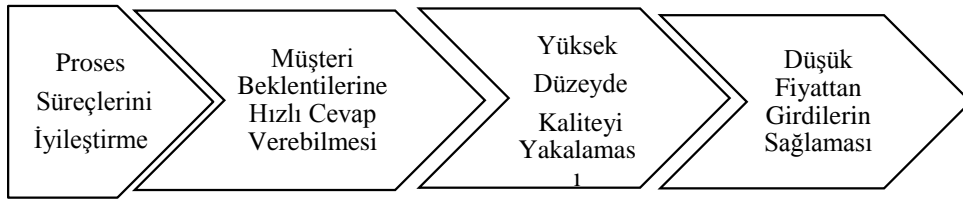
Birinci adımda, yeşil malzeme ihtiyacının işletmenin departmanları tarafından tespit edilip satınalma departmanına sistem tarafından bildirilmesidir. İkinci adımda, işletmenin kendi yapısına uygun tedarikçi seçim kriterlerini belirlemesidir. Üçüncü adımda, tedarikçilerin birbiri ile kıyaslanmasıdır. Dördüncü adımda, tedarikçi değerlendirme aşaması gerçekleştirilir. Son adımda ise; işletme için en uygun tedarikçi seçimi yapılmaktadır.

## **2.2. Tedarikçi Seçiminin Amacı ve Önemi**

İşletmeler açısından doğru tedarikçi seçimi önemli bir yer tutmaktadır. Doğru tedarikçi seçimi ile işletmeler başarılı hizmet kalitesini yakalama fırsatı bulabilmektedirler. Firmalarda gerçekleşen üretim birçok halkadan oluşmaktadır. Bu halkanın bir diğer parçasını tedarikçiler oluşturmaktadır. Bu noktada tedarikçi seçiminin ne denli nüfuzlu noktaya yer edindiğini gözler önüne sermektedir. Özellikle işletmelerin müşterilerine iyi kalitede hizmet verebilmesi, proses süreçlerini iyileştirmeleri, üretimde kullanılan hammadde ve üretim maliyetlerini aşağıya doğru çekmesi doğru tedarikçi seçimi ile gerçekleştirilmektedir. Optimum olarak seçilmeyen tedarikçi firmalar, işletmelerin proses süreçlerini arttırarak müşteri beklentilerine cevap verme süresinin artmasına sebebiyet vermektedir. Ayrıca yanlış tedarikçi seçimi işletmelere çok ciddi anlamda finansal kayıplar yaratmaktadır.

Doğru bir tedarikçi işletmenin yönetim ilkelerine uymalıdır.İşletmelerle sürekli iletişim halinde olan tedarikçiler işletmelerin sorunlarına çok kısa sürede cevap vermektedirler. Tedarikçilerin tutarlı bir yönetim yapısı ve aynı zamanda teknoloji kapasiteleri de gelişmiş olmalıdır. Bu bakış açısı Şekil 2.2.'de bir akış olarak özetlenmiştir.

Tedarikçi seçiminde proses süreçlerini iyileştirmek,müşteri beklentilerine hızlı cevap verebilmek, kaliteyi üst seviyelere çıkarabilmek, düşük fiyattan girdilerin sağlanması tedarikçi seçiminin en önemli amaçlarını oluşturmaktadırlar



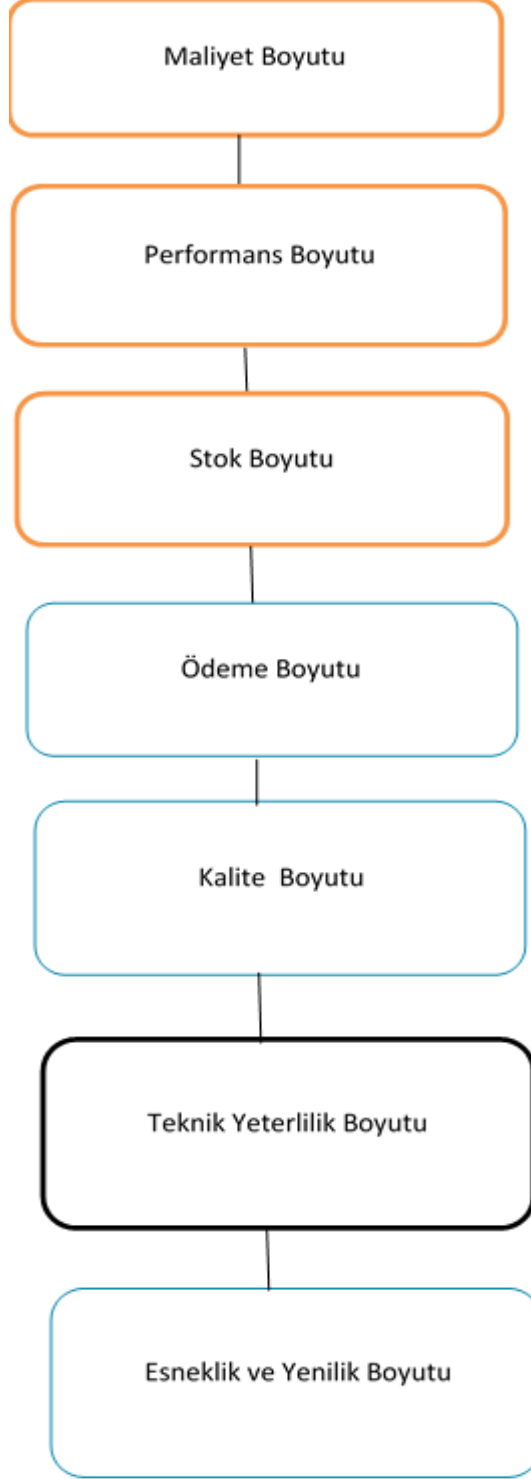
**Şekil 2.1.** Tedarikçi Seçiminin Amacı ve Önemi

Sonuç olarak tedarikçi seçiminin amacı; işletmelerin kar marjını arttırmalarının sağlanması, üretim proses hatalarını en aza indirmesini, işletmelerin üretim sürelerini kısaltmasını ve iyi kalitede düşük fiyattan kısa sürede girdilerini elde edilmesini sağlayabilmektir.

### **2.2.1. Tedarikçi seçiminin önem boyutları**

Tedarikçi seçimi işletmeler açısından her geçen gün önem kazanmaktadır. İşletmelerin rekabetçi piyasada başarılı bir şekilde ayakta kalabilmeleri için bu noktada tedarikçi seçimi önem arz etmektedir. Tedarikçi seçiminde çok sayıda önem boyutları mevcuttur. En önemli boyutları ise; tedarikçilerin mali boyutu, performans boyutu [13] stok kapasitesi boyutu, ödeme vadesi boyutu, kalite boyutu, teknik yeterlilik boyutu, esneklik ve yenilik boyutları oluşturmaktadır. Bu boyutlar Şekil 2.1.'de grafiksel olarak gösterilmiştir.





**Şekil 2.2.** Tedarikçi Önem Boyutları

### **2.2.1.1. Tedarikçi seçiminde maliyet boyutu**

İşletmelerin doğru tedarikçi seçmeleri proses süreçlerini kısaltarak üretim süresinin kısılmasına ve gereksiz hammadde kullanımının önüne geçmektedir. İşletmeler, tedarikçileri ile koordineli çalışarak ara işçiliklerden kurtulmakta ve üretim kapasitelerini arttırmaktadırlar. Aynı zamanda üretim maliyetlerinin düşmesi, ürün

kalitesinin artması doğru tedarikçi seçimi ile gerçekleşmektedir. Satınalma sürecinde müşteriye satılacak olan ürünlerin maliyet boyutunu hammadde, yarımamuller, nihai (son) ürün grubu oluşturmaktadır.

#### **2.2.1.2. Tedarikçi seçiminde performans boyutu**

İşletmelerin doğru tedarikçi ile çalışmaları işletmelerin performansını arttırarak piyasa ortamında rekabet etme düzeyini arttırmaktadır. İşletmelerin pazarda kendilerini kanıtlayabilmeleri; tedarikçilerinin sevkiyatlarını talep edilen zamanda ve talep edilen miktarda gerçekleştirmeleri ile mümkün olmaktadır.

#### **2.2.1.3. Tedarikçi seçiminde stok boyutu**

İşletmelerin üretim süreçlerinde hız kazanması için çalışmakta oldukları tedarikçilerinin stoklu çalışması gerekmektedir. Firmalar, zaman zaman üretim planlaması ve stok kayıtları hataları meydana gelmektedir. Bu durum üretimde aksaklıklar oluşturarak üretimin durmasına sebebiyet vermektedir. İşletmeleri bu zorlu durumdan kurtaracak olan onların tedarikçileridir. Stok sistemi ile çalışmayan tedarikçiler firmaların performansına zarar vermektedir. Tedarikçiler firmalarla doğru iletişim kurarak işletmenin yapısını çözerek onlara uygun stok sistemi geliştirmelidirler.

#### **2.2.1.4. Tedarikçi seçiminde ödeme boyutu**

İşletmelerin başarılı olması tedarikçileri ile uzun vadeli ödeme çalışma koşullarına bağlı olmaktadır. Özellikle yüksek kar marjı bu noktada çok önem kazanmaktadır. Ödeme vadesinin uzun olması işletmelerin nakit akışlarının uzun dönemli olmasını sağlamaktadır. İşletmelerin tedarikçileri ile uzun vadeli anlaşma yapması karşılıklı güveni arttırmaktadır.

#### **2.2.1.5. Tedarikçi seçiminde kalite boyutu**

İşletmeler, müşteri beklentilerini karşılamak üzere üretim yapmaktadırlar. Müşteri beklentilerini iyi derecede karşılayan firmalar pazarda rekabet ortamını yakalayabilmektedir. Üretilen ürünün sağlamlılığı, dayanıklılığı, uzun ömürlü olması o işletmenin tercih edilebilirliğini sağlamaktadır. Üretim süreçlerinin aksamadan yürüebilmesi tedarikçilerin iyi kalitede ürün üretebilmelerine bağlıdır.

### **2.2.1.6. Tedarikçi seçiminde teknik yeterlilik boyutu**

Tedarikçilerin yaptıkları işte teknik yeterliliği oldukça önemlidir. Tedarikçilerin hızı işletmelerin üretim hızını etkilemektedir. Teknik anlamda yeterliliğe sahip olmayan tedarikçiler, işletmelerin sık hata yapmalarına neden olmaktadır. Bu tür tedarikçiler işletmelere müşteri kaybettirmekte ve aynı zamanda pazarda rekabet etme düzeyini de etkilemektedirler.

### **2.2.1.7. Tedarikçi seçiminde esneklik ve yenilik boyutu**

İşletmelerin çalışmakta oldukları tedarikçileri teknolojik gelişmeye açık olmalıdır. Firmalar, zaman zaman üretimlerinde değişim kararı almaktadırlar. Tedarikçiler, yeniliklere çok hızlı bir şekilde cevap verebilmelidir. Çünkü müşteri beklentileri ve tüketici davranışları çok hızlı değişim göstermektedir. Bu durum ise işletmeleri değişime itmektir.

### **2.2.2. Tedarikçi değerlendirme süreci**

İşletmelerin rekabetçi pazar ortamında bulunmaları onların pazara sıkı sıkıya tutunmasını zorlaştırmaktadır. Tedarikçi ile işletmelerin doğru iletişim kurmaları yüksek kar getirisini sağlamaktadır. Aynı zamanda firmaların anlaşmalı oldukları tedarikçilerini hangi ölçütlere göre değerlendireceği çok önemli bir konu olarak karşımıza çıkmaktadır.

Baykoç ve ark. tedarikçi seçim aşamalarını aşağıdaki gibi belirlemişlerdir;

- 1 Tedarikçilerin doğru kaynak sağlayabilme stratejisini oluşturabilmeleri,
- 2 Tedarikçi havuzunu yaratma,
- 3 Tedarikçi değerlendirme metodunu belirlemek,
- 4 Tedarikçi seçim işleminin yapılması[14].

İşletme içerisinde ihtiyaç duyulan ürünler veya hizmetler üretim planlama departmanı tarafından talep oluşturularak sistemselsel olarak satınalma bölümüne bildirilmektedir. Satınalma departmanı siparişin açılması, onaylanması, tedarikçiye iletilmesi ve teslimat onayını almakla yükümlüdür. Tedarikçiler ise siparişin işleme alınması, teslimata kadar olan sürecin tamamlanması ve siparişin sevk edilmesi sürecinden sorumlu olmaktadır. Tedarikçiler, ürettikleri ürünleri firmalara sevk eder; firmalar ise sevk edilen ürünlerin mal kabul işlemini gerçekleştirmektedir. Firmalar, sevk edilen

ürünleri giriş kalite kontrol sürecinden geçirmektedir. En son aşamada ise fatura girişi yapılarak ödeme süreci başlamaktadır.

Tedarikçi değerlendirme sürecinde; talep edilen ürün için ihtiyaç duyuluyorsa öncelikle o ürün ile ilgili olarak teknik şartname oluşturulmaktadır. Sonrasında pazar araştırması

yapılarak en az üç teklif toplanır. En uygun teklif alındıktan sonra tedarikçi ile fiyat pazarlık anlaşması yapılmaktadır. Sonuç olarak alınan teklifler arasından en uygun ödeme vadesi, fiyat, kalite, termin süresine sahip tedarikçi o firma için tercih edilebilir tedarikçi olmaktadır.

### **2.3. Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi ve Yeşil Satınalma**

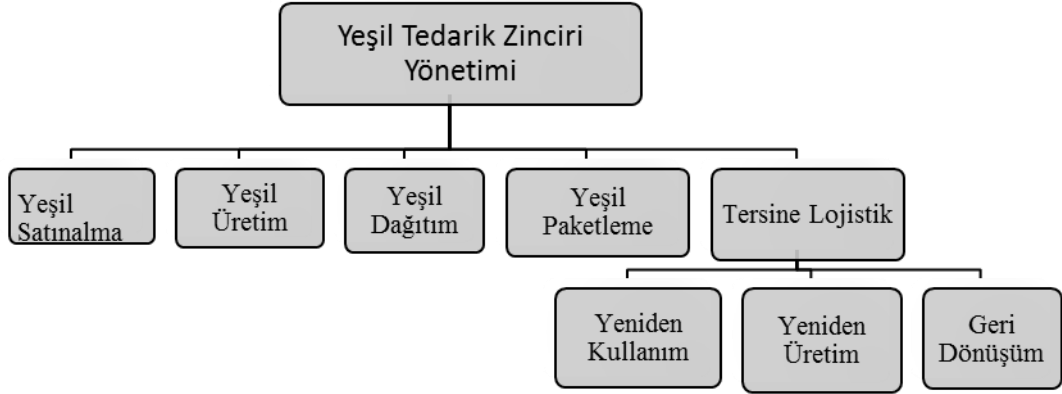
Sanayinin ve teknolojinin hızlı bir artış göstermesi ile beraber çevresel kirlilik boyutunun arttığı görülmektedir. İşletmelerde üretim çeşitliliği ve üretim miktarındaki artış çevresel boyutta bakıldığı zaman çevreye katı, sıvı, gaz atıkları bırakmaktadır. İşletmelerin üretim gerçekleştirenlerinin birçoğu, bütün ürünleri için artık sonsuz çevresel uygunluklarının teminatını sağlamak istemektedirler. Ön basamağın satınalma olması döngü akışını yakalayabilmektedir. Üretimde kullanılacak tüm ürün ve teknoloji girdilerinin satınalması nihai ürünün çevresel etkilerini ortaya koymaktadır.

Çevreci satınalma kavramı, geri dönüşebilen ve yeniden değerlendirilebilir çevreci anlayışla birlikte üretimin yapılması şeklinde ifade edilmektedir. Doğaya geri dönüştürülebilir ve kazandırılan malzemelerin satınalması sürecini ifade etmektedir.

Yeşil tedarik zinciri, ihtiyaç duyulan hammadde ile malzemenin tedarikçilerden temin edilerek tüketicilerin taleplerine cevap verebilmek amacı ile bitmiş son malzemenin toptancılar ve perakendeciler vasıtasıyla müşterilere ulaşmasını sağlamak üzere malzeme bilgi akışının tasarlanması, planlanması ve kontrol süreçleridir [15].

Yeşil satınalmanın tanımı yapılacak olursa bir malzemenin hammaddesine, bu hammaddenin menşesine, kim tarafından üretildiğine ve nihai (son) ürünün imha edileceğine ait bir süreç olarak tanımlanabilir [16].

Yeşil Tedarik Zinciri Yönetimi yeşil satınalma, yeşil üretim, yeşil dağıtım, yeşil paketleme, tersine lojistik gibi birçok alt dallardan oluşmaktadır ve Şekil 2.3. de yer almaktadır.



**Şekil 2.3.** Tedarik Zinciri Yönetiminde Yeşil Satınalma Fonksiyonun Yeri (Sarkis,2001, Ardalı,2020)

Bir üretici işletme eğer yeşil ürün üretimi ortaya koymak istiyorsa satınalma ilk temel adımı sağlayacaktır. Tedarik edilecek ürünlerin doğaya uygunluklarını yakalayabilmek isteyen üretici; var olan ve yeni tedarikçileri için niteliksel olarak çevre beklentilerini net olarak ifade etmeli, bu beklentilerinin sağlanması konusunda gerekli sorgulamaları yapmalı ve belirli düzende tedarikçi denetimlerini yaparak sürecin sürekliliğini garanti altına almalıdır.

Yeşil satınalma, yeşil tedarik zinciri yönetiminin en önemli fonksiyonlarından birini oluşturmaktadır.

### **2.3.1. Yeşil satınalmanın önemi**

Yeşil ürünlerin üretilmesi malzeme tüketimini azaltarak üretim maliyetini azaltmaktadır. Üretim maliyetlerinin azalması, iş sağlığı ve iş güvenliği ile ilgili masraflarında azalmasını sağlayacaktır. Yeşil satınalma ile kaynakların doğru kullanımı ile doğadaki kaynakların korunması sağlanmaktadır. Yeşil satınalma ile yeşil ürünler üretileceğinden çevresel kirlilik oranında azalmalar yaşanacaktır. Yeşil satınalma ile çevre dostu malzemelerin tedarik edilmesi neticesinde kaynak kullanımında azalmalar meydana gelmektedir. Yeşil ürünler, doğa ve insan sağlığından; iş sağlığı ve güvenliğini de garanti altına almaktadır. Yeşil üretim yapılması sonucunda meydana gelen atıkların azaltılması sağlanmaktadır. Bu durum

hem çevre için hemde meydana gelen atıkların geri dönüşümü için harcanan enerjinin azalmasını sağlamaktadır.

İşletmeler açısından yeşil satınalmanın birçok faydası bulunmaktadır. Bu faydalar;

- 1 Girdi malzemelerinin maliyetlerini düşürerek karlılığın artması,
- 2 Gereksiz kaynak kullanımını önleme,
- 3 Atık maliyetlerinde azalma,
- 4 İş sağlığı ve güvenliği maliyetlerinde düşüşün olması,
- 5 İşletmede verimlilik oranının artması,
- 6 Marka imajında güçlenmenin sağlanması,
- 7 Müşteri kitlesinde artışın olması,
- 8 Müşteri kitlesinde istikrarlılığın olması,
- 9 Devlet ve kamu arasında daha sağlıklı ilişkilerin kurulması,
- 10 Tedarikçilerle işletmeler arasındaki ilişkilerin güçlenmesinde,
- 11 TZY (Tedarik zinciri yönetimi)nin daha etkin bir şekilde yönetilmesi,
- 12 Tedarikçilerle işletmeler arasında işbirliğinin sağlanması,
- 13 İşletmeler içerisinde gerçekleşen iş süreçlerinin azalması,
- 14 Tedarikçilerden kaynaklanan iş risklerinin azalması,
- 15 İşletmelerde gerçekleşen üretimle beraber ortaya çıkan atıkların azaltılması,
- 16 Doğadaki doğal kaynakların korunmasını sağlama,
- 17 İnsan sağlığına daha az zarar vermeyi,
- 18 İşletmelerin ortak bir hedef noktası yakalamasını sağlamak,
- 19 İşletmelerin rekabetçi ortamını yakalayabilmesi,
- 20 İşletmelerin daha etkin bir şekilde yönetilmesini sağlamaktadır [17,18].

### **2.3.2. Yeşil tedarikçi seçim kriterleri**

Yeşil tedarikçi seçimi yeşil hammadde ve nihai son ürünün elde edilmesi için çevreci tedarikçinin elde edilmesi sürecidir [19].

Yeşil tedarikçi seçimi sistematik süreç ve beş aşamadan oluşmaktadır. Bu adımlar Şekil 2.1.' de gösterilmiştir.



**Şekil 2.4.** Yeşil Tedarikçi Seçim Süreci Aşamaları

Satınalma, yeşil tedarik zincirleri arasındaki en önemli fonksiyonlardan biridir. Yeşil tedarik zincirinin doğru bir şekilde ilerleyebilmesi tedarikçilere doğru erişimle sağlanmak [20].

Gelişime ve değişime açık işletmeler pazarda rekabet üstünlüğü sağlamak için çevresel konulara eğilim göstermekle beraber çevreci anlayışla mal ve hizmet elde etmeyi sağlamak için yeşil uygulamalara başvurmaktadırlar [21].

İnsan hayatını olumlu veya olumsuz yönde küreselleşme ve çevre kirliliği etkisi altına almakta ve bu konuda tüketiciler ve devletin gerekli önlemler alması gerekmektedir [22].

İşletmelerin verimliliği, karlılığı ve ekonomik başarıyı yakalayabilmesi için tedarik zinciri faaliyetlerini doğru bir şekilde sağlamaları gerekmektedir [23].

Geleneksel tedarikçi seçiminde en önemli kriter fiyat olurken yeşil tedarikçi seçiminde en önemli kriter ise ekolojik şartlardır. Bu sayede işletmeler karlılığı ve üretimde sürekliliği yakalayacaklardır [24].

Mousakhani ve diğ. (2017), pil endüstrisinde faaliyet gösteren bir işletmede aralık tip 2 bulanık kümeleri metodunu kullanarak yeşil tedarikçi seçim problemlerine yeni bir bakış açısı kazandırmıştır [25].

Lo ve diğ. (2018) yeşil tedarikçilerin performans değerlendirmelerini sipariş atama yöntemi ile gerçekleştirmişlerdir [26].

Jiang ve diğ. (2018) analitik ağ süreci ve gri yöntemlerini esas optimum yeşil tedarikçi düzenlenmesini önermişlerdir [27].

Wang ve Tsai (2018), bulanık AHP'yi bir ÇKKV modelini önererek güneş paneli tedarikçisinin tercih ve değerlendirmesini ele almaktadır [28].

Wang ve diğ. (2016) yeşil tedarikçi seçimi ve değerlendirmesi için hem ekonomik hemde çevresel kriterleri ele alarak bulanık ÇKKV modelini önermişlerdir [29].

İşletmelerin yeşil tedarik zinciri ve yeşil tedarikçi seçimine odaklanmasına neden olan birçok faktör bulunmaktadır. Doğal kaynakların yok olma tehlikesi, çevre kirliliğinin artış göstermesi, kurumların bu noktada mücadelelerinde artış göstermesi, işletmelerin kaynak tasarrufu ve verimlilik artışını sağlamaları için yeşil uygulamalara yönelmesi, toplumların çevre kirliliği konusunda duyarlılık bilincinin artmasıdır. Özellikle çevreci örgütlerin oluşturduğu baskı işletmeleri yeşil tedarikçi seçimine itmiştir.

Enerji tüketimini minimuma düşürerek kaynak tüketim israfını azaltarak gelecek nesillere doğal kaynakların tüketim haklarının sağlanmasına yönelik mücadelenin artması [30].

Birinci adımda, yeşil malzeme ihtiyacının işletmenin departmanları tarafından tespit edilip satınalma departmanına sistem tarafından bildirilmesidir. İkinci adımda, işletmenin kendi yapısına uygun tedarikçi seçim kriterlerini belirlemesidir. Üçüncü adımda, tedarikçilerin birbiri ile kıyaslanmasıdır. Dördüncü adımda, tedarikçi değerlendirme aşaması gerçekleştirilir. Son adımda ise; işletme için en uygun tedarikçi seçimi yapılmaktadır.



Noci 1997 yılında en doğru tedarikçi seçiminde kullanılacak kriterlerin yeşil yetenekler, çevresel etkinlikler, yeşil imaj, ürün yaşam döngüsü gideri olduğunu belirlemiştir [31]. Geliştirdiği Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) modelini otomotiv firmasında uygulamış ve bu model ile farklı neticeler elde etmiştir. Tedarikçilerin yeşil imajları ve çevreye dair yenilikçi yetenek kriterlerine göre performanslarının ölçülmesinin etkinliği bu noktada farklılık yaratmaktadır.

Handfield 2002 yılında ürün özellikleri, atık yönetimi, sertifikasyon, tersine lojistik, yasal düzenlemelere uyum, çevre yönetim programları kriterlerini ele alarak AHP sistemlerinin yapısını elde etmişlerdir. AHP modeli sırası ile otomotiv, kağıt, giyim sektöründe hizmet veren üç firma için tedarikçi seçimi çalışması yapılmıştır. Sonuç olarak otomotiv sektöründe hizmet veren firma için bu model olumlu sonuçlanmıştır. Çevresel yasalara uyan tedarikçilerin seçilmesi bu modelde olumlu sonuçlar sağlamıştır [32].

Lu 2007 yılında üretim süreçlerinin önemli olan kriterle beraber ele alınarak tedarikçi seçiminin yapıldığı bir model geliştirmiştir. Ürün, enerji, katı , sıvı ve gaz atık ölçütlerini tedarikçi seçiminde üretim öncesi, üretim, dağıtım, ürün faydalanması, geri dönüşüm süreçleri için ele almıştır. Ölçütlerin ikili kıyaslamaları bir anketle yapılmış ve %35 değerle malzeme en başta gelen kriter olarak tespit edilmiştir [33].

Hashemi 2015 yılında, ölçütlerin birbirini etkilemesini konu alan bir model geliştirmiştir. Kirlilik, kirlilik denetimi, çevresel yönetim sistemi, yeşil imaj, yeşil ürün, kaynak tüketimi ölçütlerini en önemli ölçütler olarak belirlemiştir. Otomotiv sektöründe hizmet veren bir firmada ölçütler arasında ikili kıyaslamalar sonucunda yeşil tedarikçi seçiminde en önemli kriter kaynak tüketimi olarak bulunmuştur [34].

Zhou 2012 yılında kriterlerin birbiri ile olan ilişkilerini dikkate alan bir seçim modeli önermiştir. Bu çalışmada, Analitik Ağ Süreci (ANP) metodu kullanılarak ölçütlerin ikili kıyaslamaları neticesinde ürün kalitesi en önemli kriter olarak bulunmuştur [35].

Klasik anlayışa göre; kalite, finans, organizasyon, teknolojik yetkinlik, hizmet, ürün çevrim maliyeti, yeşil imaj, kirlilik kontrolü, çevre yönetimi tedarikçi seçim kriterlerini oluşturmaktadır. Yeşil anlayışa göre ise; kalite, teknolojik yetkinlik, ürün çevrim maliyeti, yeşil imajı, kirlilik kontrolü, çevre yönetimi, yeşil ürün, yeşil yetkinlik tedarikçi seçim kriterlerini meydana getirmektedir [36,17].

## **2.4. Çok Kriterli Karar Verme ve Karar Verme Metodlarının Gruplandırılması**

Karar verme çok sayıda seçenekler arasından seçim yapılması sürecini ifade etmektedir. Tercih etme noktasındaki en önemli detaylar; hedefler, hedeflere ulaşmayı sağlayan yollar ve araçlardır. Karar verme süreci zihnin fazlasıyla yorulmasına neden olmaktadır. Karar verme süreci, problemin belirlenmesi, alternatiflerin belirlenmesi, alternatiflerin kıyaslanması, karar alınmasını, kararın uygulanması aşamasından oluşmaktadır. Hedefe ulaştıran, etkin sonuç ortaya koyabilen, verimli, getirinin maliyetten fazla olması, zamanında verilmiş olan karar her zaman iyi verilmiş olan karar demektir. Beyin fırtınası, 5N sorusu ile araştırma yapmak kaliteli karar verme sürecini hızlandırmaktadır. Karar verme metodları tek amaçlı karar verme metodları ve çok amaçlı karar verme metodları olarak kategorize edilmektedir [37].

### **2.4.1. Tek amaçlı karar verme metodları**

İşletme problemlerini çözmek için birçok metod geliştirilmiştir. Tek amaçlı karar verme problemlerine doğrusal ve doğrusal olmayan programlama, tam sayılı programlamalar ile çözümler geliştirilmektedir. Doğrusal programlamalar en yaygın olarak kullanılan metod olmaktadır. İşletmelerin problemlerini çözmek için uygulanan metod iken; meydana getirdiği sonuç, üretim şekli ile istenen sonucu meydana getirmeyebilir. Ekonomiksel süreçte girdi ve çıktılar bölünmezlik problemleri ile çatışabilir. Bu bölünmüşlüğü tamsayı programlamalar çözmektedir. Tamsayı doğrusal programlama modeli parametrelerinin tamamının negatif olmayan tamsayı değer alması üzerine tasarlanmış matematiksel programlamadır. Tamsayı doğrusal programlama da değişkenlerin bazıları ya da tamamı tam sayılı değerler almaktadır [38].

Doğrusal programlama modeli ile tamsayı programlamada birtakım farklılık mevcut olmaktadır. Doğrusal programlamada karar parametrelerinin sıfır ve sıfırdan büyük olma şartı aranmaktadır. Tam sayılı programlama da karar değişkenlerinin sıfıra eşit ve büyük tamsayı değeri almaları şartı aranmaktadır [39].

### **2.4.2. Çok amaçlı karar verme metodları**

Çok amaçlı karar verme seçeneklerin matematiksel programlama sistemi kapsamında dolaylı yoldan ifade edildiği sürekli durumlarda karar vermeyi içermektedir. Çok

amaçlı karar verme metodları matematiksel optimizasyon metodlarıdır. Genellikle tasarım sorunlarının çözümünde kullanılmaktadır [40].

Çok amaçlı karar verme sorunlarının çözümüne yönelik olarak metodlar iki türlü olmaktadır. Birinci sınıflandırma türünde, optimum alternatifler kümesi X üzerindeki varsayımlarına göre düzenlenmektedir. İkinci sınıflandırma türü ise karar vericinin seçim yapmasını esas alan sınıflandırmadır [41].

Çok amaçlı karar verme sorunlarında, birden çok hedef aynı anda dikkate alınarak ve hedefe ulaşmak için seçenekler arasından optimum olanı seçilmektedir. Hedefler, maliyet minimizasyonu veya getiri maksimizasyonu olarak dikkate alınabilmektedir. Klasik optimizasyon metodları çok amaçlı karar verme sorunlarının çözümünde kullanılabilir.

Çok kriterli karar verme problemleri sayısal içerikli metodlar ve sayısal olmayan metodlardan oluşmak üzere iki gruptan oluşmaktadır. Numerik olmayan çok ölçütlü karar verme metodları, karar vericilerin sezgi ve tecrübelerine istinaden vermiş olduğu kararları kapsamaktadır. Numerik çok ölçütlü karar verme metodları ise sorunlardaki değişkenlerin numerik olarak temsil edilen noktalarda kullanılmaktadır.

## **2.5. Karar Vermede İstatiksel Odaklı Modeller**

İstatistiksel modeller, tedarikçi seçimi kapsamında oldukça kısıtlı bir yer almaktadır. İstatistiksel boyutta tedarikçi seçiminde işletmelerden veri toplamak zorlu bir süreç olmaktadır. Çoklu sayıda tedarikçinin yer aldığı problemlerde tedarikçiler adına ön analiz yapılarak gruplandırma işlemi ile istatistiksel modelleme çalışması yapılmaktadır. Tedarikçi seçimiyle ilgili olarak klasik belirsizliklerin değerlendirilmesi için istatistiksel modellerden yararlanılmaktadır. Talep miktarı, teslimat ve teslimat süresi gibi belirsizlikler bu konuda dikkate alınmaktadır [42].

## **2.6. Karar Vermede Matematiksel Programlama Modelleri**

Matematiksel programlama modelleri karar vericilerin tarafsız yaklaşımlarından oluşmaktadır. Etkisiz durumları yok etmek amacıyla tercih edilmektedir. Matematiksel modeller, amaç fonksiyonu ve kısıtların değişkenlerle ifade edilmesi ile elde edilmektedir. Amacı; sorunlara çözüm aramaktır. Hedef programlama yöntemleri

tedarikçi seçimlerinde üstün tutulmaktadır. Bu metodlar tek amaçlı ve çok amaçlı modeller olmak üzere iki temel kategoride ele alınmaktadır [43].

## **2.7. Karar Vermede Maliyet Odaklı Modeller**

Maliyete dayalı modellerde, tedarikçilerin seçimi ve kıyaslamalarda tedarik sürecindeki maliyetler esas alınmaktadır. Kalite, teslimat gecikmesi, üretim süresi vb. gibi maliyet artışları satınalma modeline dahil edilmektedir. Doğrusal ağırlıklandırma modelleri gibi görünmektedir. Doğrusal ağırlıklandırma modellerinde tedarikçilerin sahip olacağı puanı belirli ölçütlere istinaden hesaplanırken, maliyet esaslı yaklaşımlarda ise önceden tespit edilen maliyet giderlerine istinaden hesaplanır ve nihai karar verilmektedir [44].

## **2.8. Çok Kriterli Karar Modelleri**

Çok kriterli karar verme, karar verme sürecinde amacın her seçenek için eşzamanlı olarak değerlendirildiği karar verme süreci olarak tanımlanmaktadır. Bu süreçte en büyük güçlük, bir seçeneğin bir ölçüt bakımından optimum yararı yakalaması bir diğer ölçüt bakımından ise eş (aynı) seviyede yararı yakalayamamasıdır. Bütün ölçütlerin maksimum fayda sağlandığı seçeneğin belirlenmesine dayalı bir bakış açısını ifade etmektedir [45]. Çok Kriterli Karar Verme (ÇKKV), çok sayıda kriterin etki ettiği karar verme sürecini ele almaktadır. Çok kriterli karar verme; çok amaçlı karar verme, çok nitelikte karar vermeden oluşan iki gruba ayrılmaktadır. İki grup genel olarak aynı manada ele alınmaktadır. Karar uzayının sürekli veya kesikli olması bu iki grupta belirleyici unsur olmaktadır. Seçenek sayısının sonsuz olduğu problemler çok amaçlı karar verme problemi niteliği kazanmaktadır. Bu duruma matematiksel programlama örnek olarak gösterilebilir. Çok kriterli karar verme metodları birden çok ve birbirinden farklı yapıda olmasına rağmen birtakım yönleri ortak olmaktadır. Alternatifler, kriterler, kıyaslanamayan ölçü birimleri, kriter ağırlıkları, karar matrisi çok kriterli karar verme metodlarının ortak yönlerini oluşturmaktadır [46].

Çok kriterli karar verme metodlarında kriterler ağırlıklandırılmaktadır. Kriterlere ağırlıklandırma işlemi yapılarak farklı kararlar ortaya konulmaktadır. Çok kriterli karar verme metodlarında kriterlere göre ağırlık atamalarının yapılması gerekmektedir. Karar verme probleminde bütün kriterlerin birebir aynı ölçü

birimleriyle değerlendirilmesi çok nadir bir olay olmaktadır. Aynı olmayan ölçü birim değerleri için kriterlerin kıyaslanması aşamasına normalizasyon işlemi olarak adlandırılmaktadır [47].

Literatürde kriter ağırlıklandırma metodları subjektif, objektif olarak ele alınmaktadır. Subjektif metodlara Delphi örnek olarak gösterilmektedir. Objektif yöntemler ise Entropi Ağırlıklandırma Yöntemi, Kriterler arası Korelasyon Yoluyla Kriterlerin Önem Tespiti yöntemi ya da çok hedefli programlama tekniği model olarak anlatılabilir. Subjektif metodlarda değerlendirme ölçütleri karar vericilerin seçimlerine göre ağırlıklandırılırken; objektif metodlarda reel verilere göre ağırlıklandırma işlemi yapılmaktadır. Bütün metodların ortak özelliği hem karar vericilerin yargıları hem de sayısal bilgiler eşzamanlı olarak kullanılarak ağırlıklandırma işlemi yapılmasına dayalıdır. Çok kriterli karar verme problemleri matris biçiminde ifade edilmektedir. Bu matris içerisinde alternatifler, karar kriterleri, karar kriterlerinin ağırlıkları, alternatifin başarısını ifade eden matrisin elemanı olarak bulunmaktadır [48]. Çok kriterli karar verme yöntemleri optimum seçimi belirlemek ve alternatifleri gruplandırmaya dayalıdır [49].

Literatürde çok kriterli karar vermede uygulanan çok sayıda metod söz konusudur. Bir çok metodun kendi yapısına göre farklı özellikleri mevcuttur. Çok kriterli karar vermede faydalanan metodlar deterministik, stokastik, bulanık metodlar adıyla gruplandırılmaktadır. Gruplandırma işlemi verinin tipine, karar vericisinin sayısına göre, tek karar vericili teknikler ve çok karar vericili teknikler olarak yapılmaktadır [50].

Çok kriterli karar vermede kullanılan başlıca yöntemler; Ağırlıklı Çarpım Modelleri, Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), Electre, Topsis, Promethee olarak düzenlenebilmektedir.

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), Saaty vasıtası ile geliştirilmiş çok kriterli karar verme tekniğidir. AHP metodunun adımları problemin tanımlanması, hiyerarşik düzenin yapılandırılması, kriterler için ikili kıyaslama matrislerinin oluşturulması, kriterlerin önem derecelerinin tespit edilmesi, tutarlılık ölçümünün yapılması, kriterlerin her birine göre alternatiflerin önem derecelerinin belirlenmesi, alternatiflerin yüzde önem derecelerinin belirlenmesidir [51].

VIKOR yöntemi, anlaşılmış şartlar altında AHP ya da başka metodlarla elde edilen kriter ağırlıklarından faydalanarak seçeneklerin optimum sıralamasını elde eden çok kriterli karar verme tekniğidir. Bu metod, karar vericiyi en optimum sonuca götürmektedir. Bu metod Opricovic ve Tzeng tarafından geliştirilmiştir. Bu metod son yıllarda kalitesel çalışmalarda, tedarikçi performans değerlendirilmesinde kullanılmaktadır [52].

Moora yöntemi, Brausers tarafından şekillendirilerek günümüze kadar gelmiştir. Çok amaçlı optimizasyon tekniği olan Moora çok eski teknik olması ile birlikte çok çeşitli yerlerde uygulanmaktadır [53].

Günümüzde sistemlerin çok karmaşık bir yapıya sahip olmasından dolayı çok kriterli karar verme metodlarının çok fazla sayıda olduğu görülmektedir. Bu çalışmada kullanılan EDAS, VIKOR ve RoHS yöntemleri ayrıntılı olarak ele alınmıştır.

## **2.9. RoHS Kavramı ve Analizi**

RoHS kavramı; Restriction Of Hazardous Substances Directive (RoHS) kelimelerinin baş harflerinden oluşmaktadır. Bu bağlamda RoHS kavramı, kurşun, kadmiyum, civa gibi bileşenlerin kısıtlanmasına dayalıdır. RoHS , elektronik kartlarda veya malzemelerde bazı maddelerin kısıtlanmasını, içermemesini kapsamaktadır. RoHS kavramının buradaki temel hedefi; çevreye ve insan sağlığına daha az zarar vermektir. Çevre dostu yani geri dönüştürülebilir ürünlerin üretilmesini esas almaktadır. RoHS 2008 yılında “Elektrikli ve Elektronik Eşyalarda Bazı Zararlı Maddelerin Kullanımının Sınırlandırılmasına Dair Yönetmelik olan EEE Yönetmeliği” olarak kabul görmüştür. RoHS, özellikle RoHS2 ile 21 Temmuz 2011 yılında farklı bir anlama sahip olmuştur. RoHS2, birtakım yeni görevleri içerisinde barındırmaktadır:

- 1 Dökümantasyonların teknik bilgiler içermesi,
- 2 Dökümantasyonların CE sertifikalarını barındırması,
- 3 Ürünün ismi, ürünün markası, ürünün seri numarası ve iletişim bilgisine sahip olması,
- 4 AB uygunluk beyanını içermesi gereklidir [54].

AB datalarına istinaden elektrikli ve elektronik malzeme atıkları bütün atıkların %4 ünü veya yıllık 6.5 milyon tona karşılık gelmektedir. Bu durum doğanın kirlenmesine

yol açmaktadır. RoHS içeriğinde maksimum cıva oranı %0,1 piller, anahtarlar, sensörler,röleler, floresan,lambalarda kullanılmaktadır. Krom oranı %0,1 kaplama işlemlerinde kullanılmaktadır. Polibromürlü bifenil %0,1, Polibromürlü difenil eterin %0,1 alev almayı önleyici malzeme, kurşun %0,1 lehim, akü ve pillerde kullanılmaktadır. Kadmiyum %0,01 oranında elektroliz içerikli kaplamalarda sensörler, kıvılcım çıkaran kontaklarda kullanılmaktadır. Elektrik ve Elektronik Eşya (EEE) yönetmeliği, büyük ve küçük ev aletleri, telekomünikasyonları, bilgi teknolojilerini, oyuncak, otomatik satış makinelerini içermektedir.EEE, piyasadaki ürünlere aplike edilerek kişisel amaçlar için geliştirilen ürünler bu kapsamın dışına girmektedir. Yeni EEE'lerde, aynı yapıda olan bir malzeme içerisinde kurşun, cıva, polibromürlü bifenil, polibromürlü difenil eter maddelerinin ağırlık olarak %0,1 oranından kadmiyum maddesinin ise ağırlık olarak %0,01 oranından çok içermemesini hedeflemektedir.

Bu yönetmeliklerin belgeleri, ürünün piyasaya sürümünden itibaren 5 yıl süre zarfında korunması ile yükümlüdür [55].

## **2.10. EDAS**

EDAS, Keshavarz Ghorabae ve diğ. (2015) vasıtası ile geliştirilmiştir. Karşılığı "Evaluation based on Distance from Average Solution" (EDAS) olan ve Türkçe karşılığı "Ortalama Çözüm Uzaklığına Dayalı Değerlendirme" biçiminde ifade edilen tekniktir. Çalışmalarında bu metodun, The Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution (TOPSIS), VIse Kriterijumsa Optimiz acija I Kompromisno Resenje (VIKOR), ve Complex Proportional Assessment ( COPRAS) gibi diğer çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri ile kıyaslamışlar ve metodun hükümlülüğünü denemişlerdir [56].

Ghorabae ve arkadaşları envanterlerin ilk kez sınıflandırılması için 2015 yılında ÇKKV metodlarından biri olan EDAS yöntemini geliştirmiştir [57].

Juodagalvene ve diğerleri (2017) güvenlik, enerji birikimi gibi kriterler esas alınarak 7 adet tek katlı konut arasından konut plan seçiminde EDAS yöntemini kullanmışlardır [58].

Ulutaş (2017) EDAS yöntemini tekstil atölyesinde dikiş makinası seçimi amacıyla dikiş hızı, dikiş uzunluğu, fiyat, enerji kullanım ölçütlerini dikkate alarak en optimum dikiş makinasını kullanmıştır [59].

Ulutaş (2018) lojistik firmalarının performanslarını ele alarak gerçekleştirdiği çalışmada Entropi metodunu uygulamıştır [60].

Karabasevic ve diğerleri(2018) çalışmalarında mülakata hazırlık, IT alanındaki eğitim,iş deneyimi, yabancılik gibi ölçütleri dikkate alarak yerli bir firmada işçi istihdam ettirebilmek için EDAS metodu aracılığı ile belirlemişlerdir[61].

Özbek ve Engür (2018) bilgi zenginliği, algısal açıklık, dikkat odakları, güncellik, içerik, kullanım kolaylığı gibi ölçütleri dikkate alarak lojistik firmalarının web sitelerinin değerlendirilmesi en optimum sonuç ortaya koymaktadırlar [62].

## **2.10.1. EDAS uygulama basamakları**

### **2.10.1.1. Problem tanımı**

Problem tarifinde, i alternatif sayısı, j ölçüt sayısı ile sembolize edilmiştir. Kriter sayısının doğru tespit edilmesi ve ölçütlerin etraflıca tariflerinin yapılması, karar verme matrisinin bağıntılı yapılabilmesi sonucun tutarlı olması yönünden oldukça önem taşımaktadır [63].

### **2.10.1.2. Karar verme matrisinin oluşturulması**

İkinci adımda karar verme matrisi oluşturulmaktadır. Bu matris aşağıdaki gibi sembolize edilmektedir. Bu matriste ( Denklem 2.1 )  $x_{ij}$ ; i. alternatifin j. ölçüte göre performansını ifade etmektedir.

$$X = [x_{ij}] = [x_{11} \cdots x_{1n} : \vdots : x_{m1} \cdots x_{mn}] \quad (2.1)$$

Puanlama sistemi 1 den 9'a kadar yapılmaktadır.

### **2.10.1.3. Ölçüte göre ortalama çözüm hesaplaması**

Üçüncü adımda bütün ölçütlere göre ortalama çözüm belirlenmektedir. Bu adım için aşağıdaki (Denklem 2.2) eşitliklerden faydalanılmaktadır.

$$AV_j = \frac{\sum_i^m x_{ij}}{m} \quad AV = [AV_j]_{1 \times n} \quad (2.2)$$



#### 2.10.1.4. Ölçütler için pozitif uzaklık matrisi (PDA), negatif uzaklık matrisi (NDA) hesaplamaları

Dördüncü adımda, ölçütlerin her biri için ortalamadan pozitif uzaklık matrisi (PDA) ve ortalamadan negatif uzaklık matrisi (NDA) hesaplamaları yapılmaktadır. Hesaplama sürecinde aşağıdaki (Denklem 2.3) eşitliklerden yararlanılmaktadır.

$$PDA_{ij} = \frac{\max(0, (X_{ij} - A_j))}{A_j} \quad (2.3)$$

$$NDA_{ij} = \frac{\max(0, (AV_j - X_{ij}))}{AV_j} \quad (2.4)$$

$$PDA_{ij} = \frac{\max(0, (AV_j - X_{ij}))}{AV_j} \quad (2.5)$$

$$NDA_{ij} = \frac{\max(0, (X_{ij} - AV_j))}{AV_j} \quad (2.6)$$

#### 2.10.1.5. Ağırlıklandırılmış PDA, NDA matrisi hesaplamaları

Beşinci adımda seçeneklerin her biri için ağırlıklandırılmış toplam PDA ve NDA değerleri hesaplanmaktadır.  $V_j$ ,  $j$ . ölçütün ağırlığını aşağıdaki (Denklem 2.7 ve Denklem 2.8) eşitliklerde ifade edilmektedir.

$$SP_i = \sum_{j=1}^n v_j PDA_{ij} \quad (2.7)$$

$$SN_i = \sum_{j=1}^n v_j NDA_{ij} \quad (2.8)$$

#### 2.10.1.6. Ölçütler için SP, SN değerleri normalizasyon hesaplamaları

Altıncı adımda, seçeneklerin her biri için aşağıdaki eşitlikler (Denklem 2.9 ve Denklem 2.10) yardımı ile SP ve SN değerlerinin normalizasyonu yapılmaktadır.

$$NSP_i = \frac{SP_i}{\max(SP_i)} \quad (2.9)$$

$$NSN_i = 1 - \frac{SN_i}{\max(SN_i)} \quad (2.10)$$

#### 2.10.1.7. AS puan değerinin hesaplanması ve sıralama

Yedinci adımda seçeneklerin hepsi için aşağıdaki eşitliklerden (Denklem 2.11) yararlanılarak değerlendirme puanı (AS) hesaplanmaktadır.

$$AS_i = (NSP_i + NSN_i) / 2 \quad (2.11)$$

$AS_i$  değeri,  $0 \leq AS_i \leq 1$  durumunu tamamlamalıdır.

Seçenekler, yapılan ölçümlendirme sonucunda elde edilen puana(AS puanı) göre en yüksekten en aşağıya doğru olacak şekilde sıralanmaktadır. En baştaki seçenek en optimum seçenek olmaktadır.

### **2.10.2. EDAS yönteminin üstünlükleri**

EDAS, reel sayılara göre insanların belirli lütleri değerlendirmelerini daha net bir şekilde ortaya koymaktadır.

EDAS, karar vericilere esas hedef erişme noktasında değerlendirme yaparken net çözümlerin ortaya konulmasını sağlamaktadır. EDAS yönteminin katkıları aşağıda sıralanmıştır.

- 1 Karışık gözükten karar verme problemlerinin rahat bir şekilde çözümlenmesini amaçlar.
- 2 Karar vericinin tutarlılık derecesini ölçmemize destek sağlayarak tutarsız sonuçların doğmasını engeller.
- 3 Karar verme sürecini sistematikleştirir ve net kararların ortaya konmasını sağlar.
- 4 Grup kararı alımlarında oldukça etkin rol oynar.
- 5 Karar vericiye problemi tanımlama yeteneği sağlar.

### **2.11. Vıkor**

Opricovic tarafından önerilen Vıse Kriterijumsa Optimizacija I Kompromisno Resenje (VIKOR) tekniği çok kriterli karar vermede kullanılan yöntemlerden biridir. Bu yöntem alternatiflerden en uygun olanın seçilmesine odaklanmaktadır. Bu yöntemde, hedef seçiminde optimum sonucu yakalayabilmek esastır. VIKOR metodu ile kriterlerin ağırlıklarının kesin olduğu varsayılmaktadır. Bu tür problemlerde karar verici belirsiz bilgiyi önemsemektedir [64].

Çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan VIKOR, çok kriterli karar sistemlerinin optimizasyonunu ve maksimum grup faydasını sağlamayı temel hedef almaktadır. Bu yöntem, alternatiflerin her bir değerini kullanarak en uygun sıralamayı yakalayan çok kriterli karar verme yöntemidir. VIKOR tekniği optimum çözüme yaklaşmayı hedeflemektedir [64]. Birçok alanda oldukça sıkça kullanılmaktadır.

VIKOR yöntemi, en çok robot seçiminde, su kaynakları planlamasında, malzeme seçiminde ve risk değerlendirmede oldukça sık kullanılmaktadır [65].

VIKOR tekniği sayesinde ülkelerin başarılarının ölçülmesi ve sıralaması yapılmaktadır. Özden (2012) çalışmasında AB'ye üye aday ülkeleri mukayese ederek ve Maastricht kriterlerinde kullanılan ekonomik göstergeleri de ele alarak çalışmasını gerçekleştirmiştir. Yapılan araştırmanın neticesinde, AB üyesi Yunanistan'ın Maastricht ekonomik ölçütlerini karşılaması bakımından, aday durumundaki diğer ülkelerden geride kalarak en alt sıralarda yer aldığı tespit edilmiştir. Ekonomik ölçütler açısından ülkemiz, Portekiz, İrlanda gibi diğer ülkelere nazaran daha yüksek mertebelerde yer almaktadır [66].

Kaya vd. (2011) VIKOR yöntemi ile AB ve diğer ülkelerin 2003, 2005 ve 2007 yıllarına dair yaşam nitelikleri göstergeleri ile birlikte 2003 yılına ait 49, 2007 yılına ait 36 yaşam nitelikleri göstergelerinden faydalanarak ülkeleri yaşam niteliklerine göre kıyaslama ve ölçümlendirme çalışması yapmışlardır [67].

Shen ,Yan ve Tzeng (2014), VIKOR yöntemini kullanarak işletmelerin performanslarını borsadaki verilerle kıyaslayarak analiz değerlendirmişlerdir [68].

Rezaie Ramiyani, vd (2014) İran çimento işletmelerinin performansını VIKOR metodu ile değerlendirmişlerdir [69].

Dinçer ve Hacıoğlu (2013), müşteri tatmini temel alarak bankacılık sektöründe performans değerlendirmesini VIKOR metodu ile incelemişlerdir [70].

Esbouei vd.(2014) Tahran borsasındaki 143 İran asıllı firmaların performanslarını VIKOR metodu ile analiz etmişlerdir [71].

İç vd.(2015) Türkiye ekonomisinde yer alan 24 sektöre uzanan kurumsal işletmelerin sıralanması ile alakalı olarak finansal performans ölçme sistemini önermişlerdir [72].

Ercan ve Önder (2016) beş adet sigorta şirketinin 2010-2015 arası dönemlerindeki mali çalışma performansını VIKOR metodu ile analiz etmişlerdir [73].

### 2.11.1. VIKOR uygulama adımları

#### 2.11.1.1. Problem tanımı

Problem tanımında, i alternatif sayısı, j ölçüt sayısı ile sembolize edilmiştir. Kriter sayısının doğru tespit edilmesi ve her bir ölçütün detaylı tanımlarının yapılması, karar verme matrisinin sağlıklı yapılması sonucun tutarlı olması yönünden oldukça önem taşımaktadır.

#### 2.11.1.2. Karar verme matrisinin oluşturulması

İkinci adımda karar verme matrisi oluşturulmaktadır. Bu matris aşağıdaki eşitlikten (Denklem 2.12) yararlanılarak sembolize edilmektedir. Bu matriste  $x_{ij}$ ; i. alternatifin j. ölçüte nazaran başarısını ifade etmektedir.

$$X = X_{ij} = [X_{11} \cdots X_{1n} \quad \vdots \quad X_{m1} \cdots X_{mn}] \quad (2.12)$$

#### 2.11.1.3. Kriterler için $f_i$ , $f_j$ değerlerinin belirlenmesi

Üçüncü adımda ölçütlerin her biri için optimum ( $f_i$ ) ve en kötü ( $f_j$ ) değerlerin tespit edilmesi işlemi yapılmaktadır. Ölçütlerin tamamının faydayı ifade etmesi göz önüne alınarak alternatiflerin aldığı optimum ( $f^*$ ) ve en kötü ( $f^-$ ) değerleri sırasıyla;

$$f_i = \max x_{ij} \quad f_j = \min x_{ij} \quad j=1,2,\dots,n \quad \text{şeklinde ifade edilmektedir.}$$

#### 2.11.1.4. R Matris değerinin hesaplanması

Dördüncü adımda karar matrisini oluşturan değerleri birimlerden koparmak için ve ka durumu yaratabilmek adına normalize edilmektedir. Alternatif m ve n ölçütten oluşan karar problemine ait karar matrisi, normalizasyon işlemi yardımı ile  $m \times n$  boyutlarında R normalizasyon matrisine tahvil edilmektedir. R normalizasyon matrisi aşağıdaki gibi ifade edilmektedir. R matrisinin değerlerini belirlemek için aşağıdaki eşitlikten (Denklem 2.13) ve (Denklem 2.14) yararlanılarak hesaplama işlemleri yapılmaktadır.

$$r_{ij} = \frac{f_i - x_{ij}}{f_i - f_j} \quad (2.13)$$

$$R = [r_{11} \cdots r_{1n} \quad \vdots \quad r_{m1} \cdots r_{mn}] \quad (2.14)$$

### 2.11.1.5. V Ağırlıklandırılmış Normalize Karar Matrisi

Beşinci adımda normalize karar matrisinde; sütunlarda ifade edilen ölçütlerin tek tek ağırlıkları ile çarpılması neticesinde V ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi oluşturulur. Ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi unsurlarının aşağıdaki eşitlikten (Denklem 2.15) ve (Denklem 2.16) yararlanılarak hesaplama işlemleri yapılmaktadır.

$$V_{ij} = r_{ij} \times w_j \quad (2.15)$$

$$v = [v_{11} \dots v_{1n} \dots v_{m1} \dots v_{mn}] \quad (2.16)$$

### 2.11.1.6. Si, Ri, Qi değerlerinin hesaplanması

Altıncı adım ağırlıklandırılmış normalize karar matrisinde Si, Ri ve Qi değerleri j=1,2,...,J için hesaplanmaktadır. Si ve Ri değerleri aşağıdaki eşitlikten yararlanılarak (Denklem 2.17 ve Denklem 2.18), i. alternatif için ortalama ve en kötü grup puanlarının ifade edilmesini sağlamaktadır. Wi görece önemleri gösteren kriter ağırlıklarını temsil etmektedir. Ağırlıklar kümülatif'e eşit olmalıdır.

$$S_i = \sum_{j=1}^n \frac{w_j(f_i - x_{ij})}{(f_i - f_j)} \quad (2.17)$$

$$R_i = \max \left( \frac{w_j(f_i - x_{ij})}{(f_i - f_{ij})} \right) \quad (2.18)$$

Qi değerleri aşağıdaki formülüzasyondan hesap edilerek elde edilmektedir.

$$Q_i = \frac{V \cdot (S_i - S^*)}{(S - S^*)} + \frac{(1 - v) \cdot (R_i - R^*)}{(R - R^*)} \quad (2.19)$$

$S^* = \min S_i$  ,  $S - = \max S_i$  ,  $R^* = \min R_i$  ,  $R - = \max R_i$  olarak temsil edilmektedir.

### 2.11.1.7. Alternatifin sıralanması

Son adımda, S, R ve Q değerleri en az değerden en yüksek değere doğru sıralanarak seçenekler arasındaki sıralama elde edilmektedir. Neticede çözümler bir araya getirilerek, üç sıralama listesi oluşturmaktadır. İki durum eğer şartları sağlıyorsa, optimum Q (minimum) değerlerine göre sıralayan seçeneğe optimum çözüm önerimi yapılmaktadır.

C1 kabul edilebilir fayda: Optimum ve ona yakın alternatif içinden göze çarpan bir farklılığı temsil eden şarttır.

$$DQ = \frac{1}{J-1} \quad J \text{ kriter sayısını ifade etmektedir.} \quad (2.20)$$

$$Q(a'') - Q(a') \geq DQ \quad (2.21)$$

Burada “a” değeri, Q değerine nazaran sıralamada ikinci sırada olan seçenektir. “a” ise değeri, Q değerine nazaran sıralamada en baştaki alternatif olmaktadır.

C2 değeri karar vermede kabul edilebilir kararlılık: a' alternatifi, S ve/veya R değerlerine nazaran sıralanan en optimum seçenektir. Yani üzerinde anlaşılan sonuç karar verme sürecinde kararlıdır. Bu iki durumdan biri eğer, koşulun şartlarını yerine getiremezse anlaşmacı çözüm kümesi aşağıdaki gibi önerilmektedir:

- 1 Şayet C2 durumu şartları elde etmiyorsa a' ve a'' seçenekleri
- 2 Şayet C1 durumu şartları elde etmiyorsa a', a'', ..., a(M) seçenekleri ve değeri maksimum M için
- 3  $Q(a(M)) - Q(a') < DQ$  belirlenmektedir.

VIKOR metodu vasıtası ile; karar vericilerin sahip oldukları ayrı düşünceler entegre ederek çözüme ulaştırılmaktadır.

Karar verici optima en yakın çözümü kabullenmeye açık olmalıdır. Fayda ile her ölçüt fonksiyonu arasında doğrusal bir ilişki mevcut olmaktadır. Seçenekler tespit edilen her ölçüt adına değerlendirilmeye tabi tutulmaktadır. Karar vericinin seçenekleri elde edilen ağırlıklar yardımı ile ifade edilmektedir. VIKOR metodu öncelikle sistem tasarımı başında karar vericinin deneyim sahibi olmadığı noktada son derece etkin bir yöntem olmaktadır. Karışık gözükten karar verme problemlerinin doğru bir yolla çözüme ulaşmasını hedeflemektedir. Karar vericinin tutarlılık derecesine ulaşmasını sağlayarak birbirini tutmayan sonuçların doğmasına engel olmaktadır.

Karar verme sürecini sistematikleştirir ve net kararların ortaya konmasını sağlamaktadır.

Grup kararı alımlarında oldukça etkin rol oynamaktır. Çok kriterli karar verme yaklaşımlarından bir tanesi olan VIKOR, karar vericinin sistem tasarlanırken en başta seçimlerini net olarak ortaya koymaması durumunda, çok kriterli karar verme tekniğinin verimli araçlarından biri olmaktadır. Sonuç olarak elde edilen çözüm, çoğunluk adına maksimum grup faydasını ve aynı düşüncede olmayanlar için

minimum pişmanlığı elde edeceğinden karar verici tarafından kabul ifadesini alacaktır.  
Bu noktada diğer yöntemlerden farkını ortaya koymaktadır.





### 3. UYGULAMA

#### 3.1. Giriş

Uygulamanın gerçekleştirildiği elektrik firması, RoHS analizi ile yeşil tedarikçi seçimini gerçekleştirmektedir. Uygulamada, dört ayrı tedarikçiden cıvata numuneleri elde edilerek yeşil tedarikçi seçimi gerçekleştirilmiştir. Tedarikçilerden elde edilen cıvata numunelerine RoSH analizi testi uygulanmaktadır. RoSH analizi ile insan sağlığına zararlı etkenler azaltılmaktadır. RoSH analizi ile doğaya ciddi anlamda zarar veren atıkların azaltılmasının yanında yeşil çevreci yaklaşım da sağlanmaktadır. Elektrik ve elektronik ürünlerin üretiminde kurşun, cıva, kadmiyum gibi tehlikeli elementlerin kullanımı, RoSH analizi ile kısıtlanmaktadır. Uygulamada, çok kriterli karar verme tekniklerinden olan EDAS ve VIKOR metodu yardımı ile yeşil tedarikçi seçimi gerçekleştirilmiştir. Uygulamanın yapıldığı firmalar gerçek firmalardır. Ancak firmaların gerçek bilgilerinin gizli tutulması gerektiği için firma isimleri F1,F2,F3,F4 olarak tanımlanmıştır. Numunelerden elde edilen gerçek veriler RoSH analizi uygulamalarına katkı sağlamaktadır. Çalışmada kullanılan Uygunluk kalitesi kriterinde numunenin standart ölçüleri sağlaması alt kriter olarak belirlenmiştir. Yeşil ürün tasarımında çevre dostu ambalaj uygunluğu alt kriter olarak belirlenmiştir. Yeşil satınalma kriterinde ise; fiyat, kalite, termin süresi alt kriter olarak belirlenmiştir. RoSH analizi değerlerine uygunluk, yeşil üretim kriterinin alt kriterini oluşturmaktadır. Uzman görüşleri, bu alt kriterlerin değerlendirilmesi sonucunda meydana gelmektedir. RoSH analizi değerleri dış kaynak kullanımı ile elde edilerek uzman görüşleri aynı tedarikçilerle aynı sonuçlar elde edilmektedir. RoSH analizinde her bir kriterin toplam değeri alınarak net değer elde edilmektedir. Elde edilen değerlerin minimumu tedarikçi sıralamasının optimumunu oluşturmaktadır.

İşletmeye ait bilgilerin paylaşımının gizli tutulması nedeniyle firma isimleri F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub>, F<sub>4</sub> olarak adlandırılmıştır. RoHS analizine göre cıvatalar için değerlendirme kriterleri ve sınır değerleri aşağıdaki mevcut olmaktadır.

$$- \text{Cıva(Hg)} \leq \%0,1$$

- Kadmiyum(Cd)  $\leq$  %0,01
- Kurşun(Pb)  $\leq$  %0,1
- Krom(Cr)  $\leq$  %0,1

F1 firması için RoHS analizi değerleri:

- Civa(hg)=%0,927
- Kadmiyum=%0,0654
- Kurşun=%0,074528
- Krom=%0,86644

**Tablo 3.1.** F1 Firması RoHS Analizi Değeri

Firma	Civa(%)	Kadmiyum(%)	Kurşun(%)	Krom(%)
Firma1	0,927	0,0654	0,0745	0,8664

F1 firması RoHS analiz değerleri Tablo 3.1. içerisinde yer almaktadır.

F2 firması için RoHS analizi değerleri:

- Civa(hg)=%0,6965
- Kadmiyum=%0,04123
- Kurşun=%0,0765
- Krom=%0,643578

**Tablo 3.2.** F2 Firması RoHS Analizi Değeri

Firma	Civa(%)	Kadmiyum(%)	Kurşun(%)	Krom(%)
Firma2	0,6965	0,0412	0,0765	c

F2 firması RoHS analiz değerleri Tablo 3.2 içerisinde yer almaktadır.

F3 firması için RoHS analizi değerleri:

- Civa(hg)=%0,9420

- Kadmiyum=%0,084715
- Kurşun=%0,69876
- Krom=%0,947523

**Tablo 3.3.** F3 Firması RoHS Analizi Değeri

Firma	Civa(%)	Kadmiyum(%)	Kurşun(%)	Krom(%)
Firma3	0,9420	0,0847	0,6988	0,9475

F3 firması RoHS analiz değerleri Tablo 3.3 içerisinde yer almaktadır.

F4 firması için RoHS analizi değerleri:

- Civa(hg)=%0,04368
- Kadmiyum=%0,006489
- Kurşun=%0,0081
- Krom=%0,00324983

**Tablo 3.4.** F4 Firması RoHS Analizi Değeri

Firma	Civa(%)	Kadmiyum(%)	Kurşun(%)	Krom(%)
Firma4	0,0437	0,0065	0,0081	0,0033

F4 firması RoHS analiz değerleri Tablo 3.4 içerisinde yer almaktadır.

RoSH analizi değer hesaplamaları:

$$\text{Firma1} = 0,927 + 0,0654 + 0,0745 + 0,8664 = 1,933$$

$$\text{Firma2} = 0,6965 + 0,0412 + 0,0765 + 0,0765 = 1,4578$$

$$\text{Firma3} = 0,0437 + 0,0065 + 0,0081 + 0,0033 = 2,673$$

$$\text{Firma 4} = 0,0437 + 0,0065 + 0,0081 + 0,0033 = 0,0616$$

Bu değerlere göre tedarikçi sıralaması gerçekleştirilmekte ve en optimum sonuca göre en uygun tedarikçi seçimi RoHS analizine göre yapılmaktadır.

İşletmedeki yapılan uygulamaya göre sıralama Firma4> Firma2 > Firma1 > Firma3 olarak belirlenmiştir.

### 3.2. EDAS Yöntemi ile Yeşil Tedarikçi Değerlendirilmesi

EDAS ve VIKOR yöntemi ile uygulamanın gerçekleştirildiği işletmede üç uzman görüşü ele alınarak karar matrisi oluşturulmuştur. Karar kriterleri literatürden alınarak; uygunluk kalitesi, yeşil ürün tasarımı, yeşil satınalma, yeşil üretim olarak belirlenmiştir.

Aşağıda Tablo 3.5., 3.6. ve 3.7.'de karar vericilere ait puanlama matrisleri görülmektedir.

**Tablo 3.5.** Karar Verici1 Puanlama Matrisi

Firmalar	Uygunluk Kalitesi	Yeşil Ürün Tasarımı	Yeşil Satınalma	Yeşil Üretim
Firma1	1	5	8	7
Firma2	9	3	4	6
Firma3	5	9	6	1
Firma4	8	4	3	7

**Tablo 3.6.** Karar Verici2 Puanlama Matrisi

Firmalar	Uygunluk Kalitesi	Yeşil Ürün Tasarımı	Yeşil Satınalma	Yeşil Üretim
Firma1	1	2	8	5
Firma2	4	8	4	7
Firma3	3	9	6	1
Firma4	5	4	3	9

**Tablo 3.7. Karar Verici3 Puanlama Matrisi**

Firmalar	Uygunluk Kalitesi	Yeşil Ürün Tasarımı	Yeşil Satınalma	Yeşil Üretim
Firma1	1	5	7	7
Firma2	3	3	4	3
Firma3	2	9	3	2
Firma4	6	5	2	8

Bu puanlamayı yapan karar vericilerin biri çevre mühendisi ikisi ise endüstri mühendisidir. Puanlamalar gerçekleştirilmeden önce karar vericilere puanlama yöntemi ile bilgilendirme yapılmıştır.

Üç uzman görüşünün puan skalalarının geometrik ortalaması alınarak başlangıç karar matrisi oluşturulmuştur.

Başlangıç tablosu değerlerinin oluşturulması için yapılan hesaplamalar:

F1-Uygunluk Kalitesi

- $GO = \sqrt[3]{(1*1*1)}=1$
- F1-Yeşil Ürün Tasarımı
- $GO = \sqrt[3]{(5*2*5)}=3,684$
- F1-Yeşil Satınalma
- $GO = \sqrt[3]{(8*8*7)}=7,652$
- F1-Yeşil Üretim
- $GO = \sqrt[3]{(7*5*7)}=6,257$

F2-Uygunluk Kalitesi

- $GO = \sqrt[3]{(9*4*3)}=4,762$
- F2-Yeşil Ürün Tasarımı
- $GO = \sqrt[3]{(3*8*3)}=4,160$

- F2-Yeşil Satınalma
- $GO = \sqrt[3]{(4*4*4)} = 4$
- F2-Yeşil Üretim
- $GO = \sqrt[3]{(6*7*3)} = 5,013$

#### F3-Uygunluk Kalitesi

- $GO = \sqrt[3]{(5*3*2)} = 3,107$
- F3-Yeşil Ürün Tasarımı
- $GO = \sqrt[3]{(9*9*9)} = 9$
- F3-Yeşil Satınalma
- $GO = \sqrt[3]{(6*6*3)} = 4,762$
- F3-Yeşil Üretim
- $GO = \sqrt[3]{(1*1*2)} = 1,260$

#### F4-Uygunluk Kalitesi

- $GO = \sqrt[3]{(8*5*6)} = 6,214$
- F4-Yeşil Ürün Tasarımı
- $GO = \sqrt[3]{(4*4*5)} = 4,309$
- F4-Yeşil Satınalma
- $GO = \sqrt[3]{(3*3*2)} = 2,621$
- F4-Yeşil Üretim
- $GO = \sqrt[3]{(7*9*8)} = 7,958$

Karar vericilerin görüşlerinin geometrik ortalamaları hesaplanmış ve kombine edilerek karar matrisi oluşturulmuştur. Bu matris değerleri Denklem 2.1 içerisinde yer alan eşitliklerden yararlanılarak hesaplanmıştır. Bu matris değerleri aşağıda Tablo 3.8. de görülmektedir.

**Tablo 3.8.** Kombine Edilmiş Karar Matrisi

Firmalar	Uygunluk Kalitesi	Yeşil Ürün Tasarımı	Yeşil Satınalma	Yeşil Üretim
Firma1	1	3,684	7,652	6,257
Firma2	4,762	4,160	4	5,013
Firma3	3,107	9	4,762	1,260
Firma4	6,214	4,309	2,621	7,958

Sonraki aşamada tüm ölçütlere göre ortalama çözüm hesaplama işlemi uygulanmaktadır. Bu değerler, Denklem 2.2 yardımı ile hesaplanmıştır.

AV Uygunluk Kalitesi

$$= (1+4,762+3,107+6,214)/4$$

$$= 3,771$$

AV Yeşil Ürün Tasarımı

$$= [(3,684+4,161+9+4,309)]/4$$

$$= 5,288$$

AV Yeşil Satınalma

$$= [(7,652+4+4,762+2,621)]/4$$

$$= 4,759$$

AV Yeşil Üretim

$$= [(6,257+5,013+1,260+7,958)]/4$$

$$= 5,122$$

Ölçütlerin her biri adına ortalamadan pozitif uzaklık matrisi (PDA) ve ortalamadan negatif uzaklık matrisi (NDA) oluşturulur. Ortalamadan pozitif uzaklık matrisi Tablo 3.9. ortalamadan negatif uzaklık matris değerleri de Tablo 3.10. içerisinde görülmektedir. Aşağıda görülen hesaplamalar bu tabloların oluşturulmasında kullanılmıştır.

“Uygunluk Kalitesi “ kriteri için PDA değerlerini hesaplama:

$$F1 = \max(0, (1-3,771) / 3,771) = 0$$

$$F2 = \max(0, (4,762-3,771) / 3,771) = 0,263$$

$$F3 = \max(0, (3,107 -3,771) / 3,771) = 0$$

$$F4 = \max(0, (6,214 -3,771) / 3,771) = 0,648$$

“Yeşil Ürün Tasarımı“ kriteri için PDA değerlerini hesaplama:

$$F1 = \max(0, (3,684-5,288) / 5,288) = 0$$

$$F2 = \max(0, (4,160- 5,288) / 5,288) = 0$$

$$F3 = \max(0, (9 -5,288) / 5,288) = 0,702$$

$$F4 = \max(0, (4,309-5,288) / 5,288) = 0$$

“Yeşil Satınalma “ kriteri için PDA değerlerini hesaplama:

$$F1 = \max(0, (7,652-2,812) / 0,608) = 4,759$$

$$F2 = \max(0, (4- 2,812) / 4,759) = 0$$

$$F3 = \max(0, (4,762-2,812) / 4,759) = 0,0007$$

$$F4 = \max(0, (2,621-2,812) / 2,812) = 0$$

“Yeşil Üretim” kriteri için PDA değerlerini hesaplama:

$$F1 = \max(0, (6,257-5,122) / 5,122) = 0,221$$

$$F2 = \max(0, (5,013 - 5,122) / 5,122) = 0$$

$$F3 = \max(0, (1,260-5,122) / 5,122) = 0$$

$$F4 = \max(0, (7,958-5,122) / 5,122) = 0,554$$

Hesaplanan PDA değerleri Tablo 3.9. içerisinde yer almaktadır. Bu değerler Denklem 2.3’de yer alan eşitlik yardımı ile hesaplanmaktadır.



**Tablo 3.9.** Ortalamadan Pozitif Uzaklık Matrisi

Firmalar	Uygunluk Kalitesi	Yeşil Ürün Tasarımı	Yeşil Satınalma	Yeşil Üretim
Firma1	0	0	0,608	0,222
Firma2	0,263	0	0	0
Firma3	0	0,702	0,0007	0
Firma4	0,648	0	0	0,554

NDA tablosundaki değerlerin hesaplanması aşağıdaki gibi olmaktadır.

“Uygunluk Kalitesi” kriteri için NDA değerlerini hesaplama:

$$F1 = \max(0, (3,771-1) / 3,771) = 0,734$$

$$F2 = \max(0, (3,771-4,762) / 3,771) = 0$$

$$F3 = \max(0, (3,771-3,107) / 3,771) = 0,176$$

$$F4 = \max(0, (3,771) / 3,771) = 0$$

“Yeşil Ürün Tasarımı” kriteri için NDA değerlerini hesaplama:

$$F1 = \max(0, (5,288-3,684) / 5,288) = 0,303$$

$$F2 = \max(0, (5,288-4,160) / 5,288) = 0,213$$

$$F3 = \max(0, (5,288-9) / 5,288) = 0$$

$$F4 = \max(0, (5,288-4,309) / 5,288) = 0,185$$

“Yeşil Satınalma” kriteri için NDA değerlerini hesaplama:

$$F1 = \max(0, (4,759-7,651) / 4,759) = 0$$

$$F2 = \max(0, (4,759-4) / 4,759) = 0,159$$

$$F3 = \max(0, (4,759-4,762) / 4,759) = 0$$

$$F4 = \max(0, (4,759-2,621) / 4,759) = 0,449$$

“Yeşil Üretim” kriteri için NDA değerlerini hesaplama:

$$F1 = \max(0, (5,122-6,257) / 5,122) = 0$$

$$F2 = \max(0, (5,122-5,013) / 5,122) = 0,021$$

$$F3 = \max(0, (5,122 - 1,260) / 5,122) = 0,754$$

$$F4 = \max(0, (5,122 - 7,958) / 5,122) = 0$$

Hesaplanan NDA değerleri Tablo 3.10. içerisinde yer almaktadır. Bu değerler, Denklem 2.4' de yer alan eşitlik yardımı ile hesaplanmıştır.

**Tablo 3.10.** Ortalamadan Negatif Uzaklık Matrisi

Firmalar	Uygunluk Kalitesi	Yeşil Ürün Tasarımı	Yeşil Satınalma	Yeşil Üretim
Firma1	0,734	0,303	0	0
Firma2	0	0,213	0,159	0,021
Firma3	0,176	0	0	0,754
Firma4	0	0,185	0,449	0

Alternatiflerin her biri adına ağırlıklandırılmış kümül PDA ve NDA değerleri hesaplanmış ve ağırlıklar üç uzman görüşüne göre belirlenmiştir [74]. Kriterlerin her biri için ağırlık değeri eşit ve 0,25 olarak alınmıştır. Ağırlıklandırılmış PDA matrisi, PDA değerlerinin ağırlık değeri (0,25) ile çarpılması neticesi ile elde edilmektedir. Matris değerleri Tablo 3.11.' de yer almaktadır.

**Tablo 3.11.** Ağırlıklandırılmış PDA Matrisi

Firmalar	Uygunluk Kalitesi	Yeşil Ürün Tasarımı	Yeşil Satınalma	Yeşil Üretim
Firma1	0	0	0,152	0,055
Firma2	0,066	0	0	0
Firma3	0	0,175	0	0
Firma4	0,162	0	0	0,138

Ağırlıklandırılmış NDA matrisi, NDA değerlerinin ağırlık değeri (0,25) ile çarpılması neticesi ile elde edilmektedir. Tablo 3.12. içerisinde matris değerleri yer almaktadır.

**Tablo 3.12.** Ağırlıklandırılmış NDA Matrisi

Firmalar	Uygunluk Kalitesi	Yeşil Tasarımı	Ürün Yeşil Satınalma	Yeşil Üretim
Firma1	0,184	0,076	0	0
Firma2	0	0,053	0,040	0,005
Firma3	0,044	0	0	0,189
Firma4	0	0,046	0,112	0

**Tablo 3.13.** SPI ve SNI Matrisi

SPI	SNI
0,207	0,260
0,066	0,099
0,176	0,233
0,300	0,159

SPI ve SNI matris değerleri Tablo 3.13 içerisinde yer almaktadır. Bu değerler Denklem 2.7 ve Denklem 2.8 yardımı ile hesaplanmaktadır.

$$NSPF1 = 0,207 / 0,300 = 0,690$$

$$NSPF2 = 0,066 / 0,300 = 0,219$$

$$NSPF3 = 0,176 / 0,300 = 0,585$$

$$NSPF4 = 0,300 / 0,300 = 1$$

$$NSNF1 = 1 - (0,260 / 0,260) = 0$$

$$NSNF2 = 1 - (0,099 / 0,260) = 0,620$$

$$NSNF3 = 1 - (0,233 / 0,260) = 0,104$$

$$NSNF4 = 1 - (0,159 / 0,260) = 0,389$$

Normalize edilmiş SPI ve SNI değerleri Tablo 3.14.' de yer almaktadır. Bu değerler Denklem 2.9 ve Denklem 2.10 içerisinde yer alan eşitlikler yardımı ile hesaplanmaktadır.

**Tablo 3.14.** NSP ve NSN Matrisi

NSP	NSN
0,690	0
0,219	0,620
0,585	0,104
1	0,389

Tüm seçenekler için değerlendirme puanı (AS) hesaplanır. Bu hesaplanan değerler Tablo 3.15.'de yer almaktadır. Bu değerler, Denklem 2.11'de yer alan eşitlikler yardımı ile hesaplanmaktadır.

$$AS_i = 1 / 2 (NSP_i + NSN_i)$$

AS<sub>i</sub> değeri,  $0 \leq AS_i \leq 1$  koşulunu sağlamalıdır.

**Tablo 3.15.** AS<sub>i</sub> Matrisi

AS <sub>i</sub>
0,345
0,420
0,344
0,694

Seçeneklerin sıralaması, değerlendirme puanı dikkate alınarak (AS puanı) en düşük puandan en yüksek puana doğru olacak şekilde yapılmaktadır. Sıralama tablosu Tablo 3.16 içerisinde yer almaktadır. İlk sıradaki seçenek optimum seçenek olarak kabul edilir.

**Tablo 3.16.** AS<sub>i</sub> ve Sıralama Matrisi

AS <sub>i</sub>	SIFIRLAMA
0,345	Firma1
0,420	Firma2
0,344	Firma3
0,694	Firma4

EDAS için yapılan uygulama sonucunda elde edilen sıralama Firma4 > Firma2 > Firma1 > Firma3 olarak belirlenmiştir.

### 3.3. VIKOR Yöntemi ile Yeşil Tedarikçi Değerlendirilmesi

Bu kısımda VIKOR yönteminin adımları ele alınarak değerlendirilme yapılmıştır. Öncelikle karar matrisi normalize işlemine tabi tutularak; normalizasyon matrisi elde edilerek matrisin elemanları aşağıdaki gibi hesaplanmıştır. Bu değerler Denklem 2.13'da yer alan eşitlikler yardımıyla hesaplanmaktadır.

Uygunluk Kalitesi kriteri için rij değerlerinin hesaplanması

$$F_1 = (6,214-1)/(6,214-1) = 1$$

$$F_2 = (6,214-4,762)/(6,214-1) = 0,279$$

$$F_3 = (6,214-3,107)/(6,214-1) = 0,596$$

$$F_4 = (6,214-6,214)/(6,214-1) = 0$$

Yeşil Ürün Tasarımı kriteri için rij değerlerinin hesaplanması

$$F_1 = (9-3,684)/(9-3,684) = 1$$

$$F_2 = (9-4,160)/(9-3,684) = 0,910$$

$$F_3 = (9-9)/(9-3,684) = 0$$

$$F_4 = (9-4,309)/(9-3,684) = 0,882$$

Yeşil Satınalma kriteri için rij değerlerinin hesaplanması

$$F_1 = (7,651-7,651)/(7,652-2,621) = 0$$

$$F_2 = (7,652-4)/(7,652-2,621) = 0,726$$

$$F_3 = (7,652-4,762)/(7,652-2,621) = 0,574$$

$$F_4 = (7,652-2,621)/(7,652-2,621) = 1$$

Yeşil Üretim kriteri için rij değerlerinin hesaplanması

$$F_1 = (7,958-6,257)/(7,958-1,260) = 0,254$$

$$F_2 = (7,958-5,0133)/(7,958-1,260) = 0,440$$

$$F_3 = (7,958-1,260)/(7,958-1,260) = 1$$

$$F_4 = (7,958-7,958)/(7,958-1,260) = 0$$

Uzman görüşleri dikkate alınarak %25 olarak ağırlıklandırma değeri belirlenmiştir.

$V_{ij} = r_{ij} \times w$  formülasyonu ile ağırlıklandırılmış karar matrisi elde edilmektedir.

Uygunluk Kalitesi kriteri için  $V_{ij}$  değerlerinin hesaplanması

$$F_1 = [(6,214-1)/(6,214-1)] * 0,25 = 0,25$$

$$F_2 = [(6,214-4,762)/(6,214-1)] * 0,25 = 0,07$$

$$F_3 = [(6,214-3,107)/(6,214-1)] * 0,25 = 0,149$$

$$F_4 = [(6,214-6,214)/(6,214-1)] * 0,25 = 0$$

Yeşil Ürün Tasarımı kriteri için  $V_{ij}$  değerlerinin hesaplanması

$$F_1 = [(9-3,684)/(9-3,684)] * 0,25 = 0,25$$

$$F_2 = [(9-4,160)/(9-3,684)] * 0,25 = 0,228$$

$$F_3 = [(9-9)/(9-3,684)] * 0,25 = 0$$

$$F_4 = [(9-4,309)/(9-3,684)] * 0,25 = 0,221$$

Yeşil Satınalma kriteri için  $V_{ij}$  değerlerinin hesaplanması

$$F_1 = [(7,652-7,652)/(7,652-2,621)] * 0,25 = 0$$

$$F_2 = [(7,652-4)/(7,652-2,621)] * 0,25 = 0,181$$

$$F_3 = [(7,652-4,762)/(7,652-2,621)] * 0,25 = 0,144$$

$$F_4 = [(7,652-2,621)/(7,652-2,621)] * 0,25 = 0,25$$

Yeşil Üretim kriteri için  $V_{ij}$  değerlerinin hesaplanması

$$F_1 = [(7,958-6,257) / (7,958-1,260)] * 0,25 = 0,063$$

$$F_2 = [(7,958-5,013)/(7,958-1,260)] * 0,25 = 0,110$$

$$F_3 = [(7,958-1,260)/(7,958-1,260)] * 0,25 = 0,25$$

$$F_4 = [(7,958-7,958)/(7,958-1,260)] * 0,25 = 0$$

Kriterlerin sahip olduğu ağırlıkları ile çarpımı neticesinde Vağırlıklandırılmış normalize karar matrisi Tablo3.17. içerisinde yer almaktadır. Bu değerler Denklem 2.15'de yer alan eşitlikler yardımı ile hesaplanmaktadır.

**Tablo 3.17.** Ağırlıklandırılmış Karar Matrisi

Firmalar	Uygunluk Kalitesi	Yeşil Tasarımı	Ürün	Yeşil Satılma	Yeşil Üretim
Firma1	0,25	0,25		0	0,063
Firma2	0,07	0,228		0,181	0,110
Firma3	0,149	0		0,144	0,25
Firma4	0	0,221		0,25	0

Si değerlerini hesaplayalım.

F1 için hesaplayalım.

$$F1 = 0,25 + 0,25 + 0 + 0,063 = 0,563$$

$$F2 = 0,589$$

$$F3 = 0,543$$

$$F4 = 0,471$$

Ri değerleri hesaplanmaktadır.

$$F1 için satırında yer alan max değer = 0,25$$

$$F2 için = 0,228$$

$$F3 için = 0,25$$

$$F4 için = 0,25$$

Si değeri, seçeneklerin her biri ve ölçütler için elde edilen değerlerin satır kümülünü ifade etmektedir. Ri değeri her bir alternatif için yer alan kriter değerlerinden maksimum satır değerini ifade etmektedir. Bu değerler Tablo3.18.' de yer almaktadır. Bu değerler Denklem 2.17 ve Denklem 2.18 zarfında bulunan eşitlikler yardımı ile hesaplanmaktadır.

**Tablo 3.18.** Si ve Ri Değerleri Tablosu

Si	Ri
0,563	0,25
0,589	0,228
0,543	0,25
0,471	0,25

$$S_{min} = 0,471$$

$$S_{max} = 0,589$$

$$R_{min} = 0,228$$

$$R_{max} = 0,25$$

=  $[q*(S_i - S_{max}) / (S_{min} - S_{max})] + [(1-q)*(R_i - R_{max}) / (R_{min} - R_{max})]$  formülünden Q değerleri hesaplamaları yapılmaktadır.

Yukarıda yer alan formülizasyona göre her kritere göre Q değerleri hesaplanmaktadır. Tablo3.19.'da Q değerleri yer almaktadır. Bu değerler Denklem 2.19'da yer alan eşitlikten yararlanılarak hesaplanmaktadır.

**Tablo 3.19. Q Değerleri Tablosu**

	Q=0	Q=0,25	Q=0,5	Q=0,75	Q=1
Firma1	0	0,05	0,11	0,16	0,21
Firma2	1	0,75	0,5	0,25	0
Firma3	0	0,098	0,195	0,292	0,390
Firma4	0	0,25	0,5	0,75	1

Optimum değeri sağlayan Q değeri 0,75 olmaktadır.  $DQ = 0,33$  değeri Denklem 2.20 yardımı ile hesaplanmıştır.. R değerlerini küçükten büyüğe doğru sıralayarak ve  $Q(a'') - Q(a') \geq DQ$  değerlerini elde ederek Tablo3.20 deki değerler bulunmuştur.

**Tablo 3.20. Sıralama Tablosu**

	Q(0,75)	R
Firma1	1	2
Firma2	2	1
Firma3	3	2
Firma4	4	2

Tüm koşulları sağlaması ile beraber sıralama; Firma4 > Firma2 > Firma1 > Firma3 olmaktadır.



#### 4. SONUÇ VE DEĞERLENDİRME

Yeşil tedarikçi seçimi ile, üretimde verimliliğin artması, hammadde maliyetlerinin düşürülmesi, gereksiz stokların önüne geçilmesi, işletmelerin proses süreçlerini iyileştirmesi, müşteri beklentilerine hızlı bir şekilde cevap verilebilmesi ve kalitenin üst seviyelere gelmesi sağlanmıştır. Yeşil tedarikçi seçimi satınalma sürecinin önemli konularından birisini oluşturmaktadır. Yeşil tedarikçi seçimi ile ilgili olarak gerçekleştirilen çalışmalarda çok kriterli karar verme metodları ağırlıklı olarak üstün tutulmaktadır. Yapılan çalışmada yeşil tedarikçi seçimi birbirine benzemeyen iki adet çok kriterli karar verme metodu (VIKOR, EDAS) ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın gerçekleştirileceği elektrik işletmesinde yer alan uzman karar vericiler, tedarikçi seçim ve değerlendirme aşamasında kullanılacak olan kriterleri belirlemişlerdir. Yeşil tedarikçi seçimi sorunlarında çok fazla kriterlerin olması çok kriterli karar verme yöntemlerinin tercih edilmesini sağlamaktadır. Böylelikle birden çok kriter arasından optimum seçenek seçilmektedir. Bu yöntemler, rasyonel karar verme konusunda oldukça önemlidir. Günümüzde karar vericilerin taleplerinin hızla artması ve bu taleplere çok hızlı bir şekilde cevap verilebilmesi çok kriterli karar verme yöntemleri ile sağlanmaktadır. Ayrıca birbiri ile çelişen kriterlerin olması ve kriterlerin sayısal bir değerle ifade edilip edilememesi konularında ortak bir dilsel çıkarımlar sunması, bu metodların avantajlarından birisini oluşturmaktadır. Çok kriterli karar verme metodlarının günümüzde çok hızlı bir şekilde değişime uğramaktadır. Bu tekniklerin hızlı bir şekilde değişimi, zaman alıcı ve maliyetli olmaktadır. RoHS analizi, çevre ve insan sağlığını koruma amacı ile elektrik ve elektronik eşyalarda kurşun, kadmiyum ve krom gibi zararlı maddelerin sınırlandırılması işlemidir. İşletmeler, RoHS analizi ile satınalma sürecinin en kritik noktası olan yeşil tedarikçi seçimini tamamlaması neticesinde ürün atıklarını en aza indirgeyerek, çevre dostu ürün üretilmesini sağlayabilmektedirler. Bu çalışmada, VIKOR, RoHS, EDAS teknikleri neticesinde elde edilen sonuçlar ile yeşil tedarikçi sıralaması ortaya konmuştur. Bu üç tekniklerin kullanılması neticesinde birbirleri ile eş(aynı) tedarikçi sıralaması ortaya konmuştur. EDAS tekniği, diğer tekniklere nazaran belirsiz bir süreci çözüme ulaştırma netliği bakımından daha uygun bir metot olduğu tespit edilmiştir. Çünkü; VIKOR metodunda

deneme ve yanılma payı çok yüksek olmaktadır. Bu çalışma RoHS analizi ile, çok kriterli karar verme tekniklerinin entegre edilmesini ve yeşil tedarikçi tercihinin yapılmasında yeni bir model önerilmesini sağlayarak, literatüre katkı sağlamaktadır.

RoHS analizi ile yeşil tedarikçi sıralaması Firma4>Firma2>Firma1>Firma3 ;EDAS yöntemi ile tedarikçi sıralaması Firma4>Firma2> Firma1>Firma3 ;VIKOR yöntemi ile Firma4>Firma2>Firma1>Firma3 olmuştur. EDAS ve VIKOR yöntemi bu çalışmanın, gerçekleştirildiği işletmede, hali hazırda RoHSanalizi ile uygun yeşil tedarikçi seçimi yapılmaktadır.

**Tablo 4.1. Sonuç Tablosu**

Rosh Analizi	Edas	Vikor
Firma4	Firma4	Firma4
Firma2	Firma2	Firma2
Firma1	Firma1	Firma1
Firma3	Firma3	Firma3

Tablo 4.1. de işletmede uygulanan hali hazırda RoHS analizi ile EDAS ve VIKOR yöntemi aynı sonucu vermiştir.

## KAYNAKLAR

- [1] Bozdağ, C. K. (2003). Fuzzy group decision making for selection among computer integrated manufacturing systems, *Computers in Industry*, Volume 51, p. 13- 29.
- [2] Muralidharan, C. A. (2001). Vendor rating in purchasing scenario: A confidence interval approach, *International Journal of Operations & Production Management*. s. Volume 21, 1305-1325.
- [3] Arıkan, M., Gökbek, B. "Çok ölçütlü karar verme yaklaşımlarına dayalı tedarikçi seçimi: elektronik sektöründe bir uygulama". *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi* 30 (2014 ), 346-354
- [4] Chen, K.L., Chen, K.S. & Li, R.K. 2005. Suppliers capability and price analysis chart. *International Journal of Production Economics*, 98, pp. 315–327.
- [5] Weber, C.A., Current, J.D. & Desai, A. 2000. An optimization approach to determining the number of vendors to employ. *Supply Chain Management: An International Journal*, 5(2), pp. 90- 98
- [6] Timmerman, E. 1986. An approach to vendor performance evaluation. *Journal of Purchasing and Materials Management*, 26(4), pp. 2–8.
- [7] Saghafian, S. & Hejazi, S.R. 2005. Multi–criteria group decision making using a modified fuzzy TOPSIS procedure. *International Conference on Computational Intelligence for Modelling, Control and Automation, and International Conference on Intelligent Agents, Web Technologies and Internet Commerce*, IEEE.
- [8] Narasimhan, R. 1983. An Analytical approach to supplier selection. *Journal of Purchasing and Materials Management*, 19(4), pp. 27-32.
- [9] Yildiz, A., & Yayla, A. Y. (2015). Multi-criteria decision-making methods for supplier selection: A literature review. *South African Journal of Industrial Engineering*, 26(2), 158-177.
- [10] Mathew, M., & Sahu, S. 2018. "Comparison of new multi-criteria decision making methods for material handling equipment selection", *Management Science Letters*, 8(3), s.139-150.

- [11] Xia, W., & Wu, Z. (2007). Supplier selection with multiple criteria in volume discount environments. *Omega*, 394-504
- [12] Opricovic, S. 2011. "Fuzzy VIKOR with An Application To Water Resources Planning", *Expert Systems with Applications*, 38(10), 12983- 12990.
- [13] Altınöz, C. (2001). Supplier Selection in Textiles: A Fuzzy Approach. Graduate Faculty of North Carolina State University, Doctor of Philosophy, 163.
- [14] Baykoç, Ö., & Öz, E. 2004. Tedarikçi Seçimi Problemine Karar Teorisi Destekli Uzman. *Gazi Üniversitesi Mim. Muh. Fak. Dergisi*, 19C, s. 275-286.
- [15] Min, H. ve W. P. Galle (2001). Green Purchasing Practices Of Us Firms, *International Journal Of Operations & Production Management*, 21: 1222 – 1238
- [16] Sarkis, J. (2003). A strategic decision framework for green supply chain management. *Journal of Cleaner Production*, 11(4), 397–409.
- [17] SPN. (2007). Guide to the Business Case & Benefits of Sustainability Purchasing.
- [18] Soyer, A., Türkay, A.B., (2020). Yeşil Satın Alma ve Yeşil Tedarikçi Seçimi: Beyaz Eşya Sektöründe Bir Uygulama, *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 8(4), 1202-1222.
- [19] Sahu, A. K., Datta, S., ve Mahapatra, S. S. (2016). "Evaluation and selection of resilient suppliers in fuzzy environment: exploration of fuzzy-VIKOR", *Benchmarking: An International Journal*, 23(3), 651-673
- [20] Zhu, Q., Sarkis, J. ve Lai, K.-h. (2007). "Initiatives and outcomes of green supply chain management implementation by Chinese manufacturers", *Journal of environmental management*, 85(1), 179-189.
- [21] Dan-li, D., Zhen, F., Hong-yan, Z., (2011). "Research on the Price Negotiation Mechanism of Green Supply Chain of Manufacturing Industry from the Angle of Customer Behavior .*International Conference on Management Science* 13-15.
- [22] Denizhan, B., Yılmaz Yalçın, A., Berber, Ş. (2017). "Analitik Hiyerarşi Proses ve Bulanık Analitik Hiyerarşi Proses Yöntemleri Kullanılarak Yeşil Tedarikçi Seçimi Uygulaması, *Nevşehir Bilim ve Teknoloji dergisi*, Cilt 6(1) 63-78.
- [23] Kuo, M. S., ve Liang, G. S. (2011). "Combining VIKOR with GRA Techniques to Evaluate Service Quality of Airports Under Fuzzy Environment", *Expert Systems with Applications*, 38(3), 1304-1312.

- [24] Zimmer, K., Fröhling, M., ve Schultmann, F. (2016). “Sustainable Supplier Management—A Review of Models Supporting Sustainable Supplier Selection, Monitoring and Development”, *International Journal of Production Research*, 54(5), 1412-1442
- [25] Mousakhani, S., Nazari-Shirkouhi, S., veBozorgi-Amiri, A. (2017). “A Novel Interval Type-2 Fuzzy Evaluation Model Based Group Decision Analysis for Green Supplier Selection Problems: A Case Study Of Battery Industry”, *Journal of cleaner production*, 168, 205-218.
- [26] Lo, H. W., Liou, J. J., Wang, H. S., veTsai, Y. S. (2018). “An Integrated Model For Solving Problems in Green Supplier Selection and Order Allocation”, *Journal of Cleaner Production*, 190, 339-352
- [27] Jiang, P., Hu, Y. C., Yen, G. F., veTsao, S. J. (2018). “Green Supplier Selection for Sustainable Development of The Automotive Industry Using Grey Decision-Making”, *Sustainable Development*, 26(6), 890-903.
- [28] Wang, T. C., veTsai, S. Y. (2018). “Solar Panel Supplier Selection for The Photovoltaic System Design by Using Fuzzy Multi-Criteria Decision Making (MCDM) Approaches”, *Energies*, 11(8), 1989.
- [29] Wang Chen, H. M., Chou, S. Y., Luu, Q. D., veYu, T. H. K. (2016). “A Fuzzy MCDM Approach for Green Supplier Selection From The Economic and Environmental Aspects”, *Mathematical Problems in Engineering*, 2016
- [30] Veleva, V., Hart, M., Greiner, T., & Crumbley, C. (2001). Indicators of sustainable production. *Journal of Cleaner Production*, 9(5), 447-452
- [31] Noci, G. 1997. Designing ‘green’ vendor rating systems for the assessment of a supplier’s environmental performance. *European Journal of Purchasing & Supply Management*, 3(2), 103–114.
- [32] Handfield, R., Walton, S. V, Sroufe, R., & Melnyk, S. A. 2002. Applying environmental criteria to supplier assessment: A study in the application of the Analytical Hierarchy Process. *European Journal of Operational Research*, 141(1), 70–87.
- [33] Lu, L. Y. Y., Wu, C. H., & Kuo, T.-C. 2007. Environmental principles applicable to green supplier evaluation by using multiobjective decision analysis. *International Journal of Production Research*, 45(18–19), 4317–4331.
- [34] Hashemi, S. H., Karimi, A., & Tavana, M. 2015. An integrated green supplier selection approach with analytic network process and improved Grey relational analysis. *International Journal of Production Economics*, 159, 178–191.

- [35] Zhou, R., Ma, X., Li, S., & Li, J. 2012. The green supplier selection method for chemical industry with analytic network process and radial basis function neural network. *Advances in Information Sciences and Service Sciences*, 4(4), 147–158.
- [36] Soyer, A., Türkay, A.B., (2020). , Yeşil Satın Alma ve Yeşil Tedarikçi Seçimi: Beyaz Eşya Sektöründe Bir Uygulama, *Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 8(4), 1202-1222.
- [37] Mendoza, G. A. ve H. Martins (2006). Multi-criteria decision analysis in natural resource management: A critical review of methods and new modelling paradigms. *Forest Ecology and Management*, 230, 1–22.
- [38] Luenberger, David G.1984. *Linear and Nonlinear Programming*, Second Edition, Addison-Wesley Publishing Company, London, 6-35.
- [39] Özgüven, Cemal 2003. *Doğrusal Programlama ve Uzantıları*, Detay Yayıncılık, Ankara, 90-98.
- [40] Bronson, Richard. 1982. *Theory and Problems of Operations Research*, Schaum's Outline Series, McGraw-Hill, -nc., New York, 360-365.
- [41] Taha, Hamdy A. 1992. *Operations Research An Introduction*, Fifth Edition, Macmillan Publishing Company, New York, 15-98.
- [42] Bayrakçıl, A. 2007. *Tedarik Zinciri Yönetiminde Analitik Hiyerarşi Süreci Yöntemi ve Tam Sayılı Programlama ile Tedarikçi Seçimi: Hipotetik Bir Uygulama*. Sivas: Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü,56-87.
- [43] Haouori, M., Aissoui, N., & Hassini, E. 2007. Supplier selection and order lot sizing modeling: A review, *Operations Research and Outsourcing*, 50-97.
- [44] Altınöz, C. 2001. *Supplier Selection in Textiles: A Fuzzy Approach*. Graduate Faculty of North Carolina State University, Doctor of Philosophy, 163.
- [45] Tezcan, Ö., O. Aytekin, H. Kuşan ve İ. Özdemir (2012). İnşaat Proje Yatırımlarının Değerlendirilmesinde Analitik Hiyerarşi Yönteminin Kullanılması. *e-Journal of New World Sciences Academy*, 7 (1), 229-238.
- [46] Mendoza, G. A. ve H. Martins (2006). Multi-criteria decision analysis in natural resource management: A critical review of methods and new modelling paradigms. *Forest Ecology and Management*, 230, 1–22
- [47] Herwijnen, M. (2014). *Weighted Summation (WSum)*. [http://www.ivm.vu.nl/en/Images/MCA2\\_tcm53-161528.pdf](http://www.ivm.vu.nl/en/Images/MCA2_tcm53-161528.pdf) (10.02.2014).

- [48] Pohekar, S. D. ve M. Ramachandran 2004. Application of multi-criteria decision making to sustainable energy planning - A review. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*, 8, 365–381.
- [49] Habenicht W., B. Scheubrein ve R. Scheubrein (2014). Multiple-Criteria Decision Making. <http://www.eolss.net/sample-chapters/c02/E6-05-06-05.pdf> (13.02.2014).
- [50] Tzeng, G. H., Lin, C. W., Opricovic, S. 2005. "Multi- Criteria Analysis of Alternative-Fuel Buses for Public Transportation," *Energy Policy*, 1373-1383.
- [51] Saaty, T. L. 1980. *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill, New York, 200-250.
- [52] Opricovic, S., Tzeng, G. H. (2004). Compromise solution by MCDM methods: A comparative analysis of VIKOR and TOPSIS. *European Journal of Operational Research*, 156(2), 445-455.
- [53] Brauers, W. K. M., Zavadskas, E. K. 2006. "The MOORA Method and its Application to Privatization in a Transition Economy," *Control and Cybernetics, Systems Research Institute of the Polish Academy of Sciences*, vol. 35 (2), p. 445–469
- [54] Recast of the RoHS Directive, EU, [http://ec.europa.eu/environment/waste/rohs\\_eee](http://ec.europa.eu/environment/waste/rohs_eee), (ET: 14.04.2022) 13:11.
- [55] [https://www.emo.org.tr/ekler/8c0b0b794587c82\\_ek.pdf](https://www.emo.org.tr/ekler/8c0b0b794587c82_ek.pdf).dergi=577 08.04.2022 16:10
- [56] Keshavarz Ghorabae, M., Zavadskas, E. K., Olfat, L., & Turskis, Z. (2015). "Multi-criteria inventory classification using a new method of evaluation based on distance from average solution (EDAS)", *Informatica*, 26(3), s. 435-451.
- [57] Keshavarz Ghorabae, M., Zavadskas, E. K., Olfat, L., & Turskis, Z. (2015). "Multi-criteria inventory classification using a new method of evaluation based on distance from average solution (EDAS)", *Informatica*, 26(3), s. 435-451.
- [58] Juodagalvienė, B., Turskis, Z., Šaparauskas, J., & Endriukaiytė, A. (2017). "Integrated multi-criteria evaluation of house's plan shape based on the EDAS and SWARA methods", *Engineering Structures and Technologies*, 9(3), s. 117-125
- [59] Ulutaş, A (2017). "Edas Yöntemi Kullanılarak Bir Tekstil Atölyesi İçin Dikiş Makinesi Seçimi", *İşletme Araştırmaları Dergisi*, 9(2), s. 169-83

- [60] Ulutaş, A. (2018). ENTROPİ Tabanlı EDAS Yöntemi ile Lojistik Firmalarının Performans Analizi. *Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi*, (23), 53-66.
- [61] Karabasevic, D., Zavadskas, E.K., Stanujkic, D., Popovic, G., Brzakovic, M. (2018), "An Approach to Personnel Selection in the IT Industry Based on the EDAS Method", *Transformations in Business & Economics*, 44, s. 54-65.
- [62] Özbek, A ve Engür, M (2017). "Lojistik Web Sitelerinin ARAS Yöntemi ile Değerlendirilmesi", *The International New Issues In Social Sciences*, 5, s.105-118
- [63] Saaty, T. L. 1980. *The Analytic Hierarchy Process*, McGraw-Hill, New York, 80-90
- [64] Opricovic, S., Tzeng, G. H. 2004. "Compromise Solution by MCDM Methods: A Comparative Analysis of VIKOR and TOPSIS," *European Journal of Operational Research*, vol. 156, p. 445-455.
- [65] Opricovic, S. 2011. "Fuzzy VIKOR with an Application to Water Resources Planning," *Expert Systems with Applications*, vol. 38, issue 10, p. 12983-12990.
- [66] Özden, Ü. H. (2012) "AB'ye Üye Ülkelerin ve Türkiye'nin Ekonomik Performanslarına Göre Vikor Yöntemi ile Sıralanması", *İstanbul Ticaret Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*. 11 (21), s.455-468.
- [67] Kaya, P., Çetin, E. İ. ve Kuruüzüm, A. (2011). "Çok kriterli Karar Verme ile Avrupa Birliği ve Aday Ülkelerin Yaşam Kalitesinin Analizi", *İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Ekonometri ve İstatistik Dergisi*, 13, 80-94.
- [68] Shen, K. Y., Yan, M.R., ve Tzeng, G. H. (2014)." Combining VIKOR-DANP Model for Glamor Stock Selection and Stock Performance Improvement. *Knowledge-Based Systems*, (58), 86-97.
- [69] Rezai, K., Ramiyani, S. S., Nazari-Shirkouhi, S., ve Badızadeh, A. (2014) "Evaluating Performance of Iranian Cement Firms Using an Integrated fuzzy AHP-VIKOR Method" *Applied Mathematical Modelling*, 38(21-22), 5033-5046.
- [70] Ebrahimi, E., Fathi, M. ve İrani, H. (2016). "A New Hybrid Method Based on Fuzzy Shannon's Entropy and Fuzzy Copras for CRM Performance Evaluation", *Iranian Journal of Management Studies*, 9(2), 33-358.



- [71] Esbouei, S.K., Ghadikolaei, A.S. ve Antucheviciene, J. (2014). "Using Fanz and Fuzzy Vikor for Ranking Manufacturing Companies Based on Their Financial Performance, Economic Computation and Economic Cybernetics Studies and Research
- [72] İç, Y. T., Tekin, M., Pamukoğlu, F.Z. ve Yıldırım, S. E. (2015)." Kurumsal Firmalar için Bir Finansal Performans Karşılaştırma Modelinin Geliştirilmesi", Gazi Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakülte dergisi,30(1),71-85.
- [73] Ercan, E. ve Önder, E. (2016). "Ranking Insurance Companies in Turkey Based on Their Financial Performance Indicators Using Vikor Method", International Journal of Academic Research in Accounting, Finance and Management Sciences,6(2),104-113.
- [74] Ertuğrul, I., Öztaş, T., (2015). "The Application of Sewing Machine Selection with the Multi-Objective Optimization on the Basis of Ratio Analysis Method (MOORA) in Apparel Sector", Journal of Textile & Apparel/Tekstil ve Konfeksiyon, Vol. 25, No. 1, 80-85.



## ÖZGEÇMİŞ

Ad-Soyad : Özlem KARATAŞ

### ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2013, Sakarya Üniversitesi Endüstri Mühendisliği Bölümü
- **Yükseklisans** : 2021, Sakarya Üniversitesi, Fenbilimleri Enstitüsü Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı,

### MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2014-2019 yılları arasında Emin Teknik A.Ş. Satınalma Uzmanı.
- 2019-2020 yılında Sigma Elektrik A.Ş. Satınalma Uzmanı.
- 2020-Halen Legrand Elektrik A.Ş Satınalma Uzmanı

### TEZDEN TÜRETİLEN ESERLER:

KARATAŞ, Özlem,ÖZÇELİK ÖVER Doç.Dr. Tijen 2022. Elektrik Sektöründe EDAS Ve VIKOR Yöntemi İle Yeşil Tedarikçi Seçimi (Basımda)

### DİĞER ESERLER: