

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DÜZENLİ DEPOLAMA ALANI BELİRLEMEDE  
KARAR DESTEK SİSTEMİ  
KULLANIMI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Müh. Yekta BALCA  
507041046**

**Anabilim Dalı : İŞLETME MÜHENDİSLİĞİ  
Programı : İŞLETME MÜHENDİSLİĞİ**

**HAZİRAN 2007**

**DÜZENLİ DEPOLAMA ALANI BELİRLEMEDE  
KARAR DESTEK SİSTEMİ  
KULLANIMI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
Müh. Yekta BALCA  
(507041046)**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 07.05.2007  
Tezin Savunulduğu Tarih : 12.06.2007**

**Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Ferhan ÇEBİ  
Diğer Jüri Üyeleri Prof. Dr. Sıtkı GÖZLÜ  
Yrd.Doç.Dr. Osman Atilla ARIKAN**

**HAZİRAN 2007**

## **ÖNSÖZ**

Günümüzde katı atıkların sağlıklı ve ekonomik bir şekilde uzaklaştırılması konusu, geçmiş yıllara nazaran çok daha önemli bir boyut kazanmıştır. Hızlı nüfus artışı ile beraber tüketimdeki artış, katı atıkları önemli bir çevre sorunu haline getirmiştir. Bu sorununun çözülebilmesi için katı atıkların düzenli bir şekilde bertaraf edilmeleri gerekmektedir.

Bu çalışmada, katı atıkların bertaraf yöntemlerinden düzenli depolama sahası için en uygun yerin belirlenmesine yönelik bir karar destek sistemi geliştirilmiştir. Oluşturulan modelle, depolama alanlarının yer seçimi sürecinde rol oynayan temel kriterleri netleştirmek, karar verme sürecini desteklemek ve karar vermeyi şeffaf bir hale getirmek amaçlanmıştır.

Çalışmada desteğini, ilgisini esirgemeyen her türlü yardımı sağlayan başta değerli hocam Yrd. Doç. Dr. Ferhan Çebi'ye, fikir ve önerilerinden dolayı Yrd. Doç. Dr. Osman Atilla Arıkan hocama, ayrıca Çevre müh. Elif Öztürk ve Yük. Jeoloji müh. Zeynan Keleş hanımefendilere teşekkürü bir borç bilirim.

**Mayıs, 2007**

**Yekta BALCA**

## İÇİNDEKİLER

<b>KISALTMALAR</b>	<b>vi</b>
<b>TABLO LİSTESİ</b>	<b>vii</b>
<b>ŞEKİL LİSTESİ</b>	<b>viii</b>
<b>SEMBOL LİSTESİ</b>	<b>ix</b>
<b>ÖZET</b>	<b>x</b>
<b>SUMMARY</b>	<b>xi</b>
<b>1. GİRİŞ</b>	<b>1</b>
<b>2. KATI ATIK YÖNETİMİ</b>	<b>3</b>
2.1. Katı Atık	3
2.2. Katı Atık Kaynakları	4
2.2.1. Evsel Katı Atıklar	5
2.2.2. Cadde ve Pazar Yeri Atıkları	5
2.2.3. Hastane Atıkları ve Hayvan Kadavraları	6
2.2.4. Mezbaha Katı Atıkları	6
2.2.5. Park, Bahçe ve Yeşil Alan Katı Atıkları	6
2.2.6. Büro, Dükkan Kökenli Katı Atıklar	6
2.2.7. Arıtma Çamurları	7
2.2.8. Sanayi Kökenli Katı Atıklar	7
2.3. Katı Atık Yönetiminin Özellikleri	7
2.4. Katı Atık Yönetiminin Amaçları	9
2.5. Ülkemizde Katı Atık Yönetimi	10
2.6. Bertaraf Yöntemleri	10
<b>3. GERİ KAZANIM</b>	<b>12</b>
3.1. Tanım	12
3.2. Ön Koşulları	12
3.2.1. Toplama	12
3.2.2. Ayırma Yöntemleri	14
3.2.3. Ayırma Tesisleri	15
3.3. Geri Kazanımın Yararları	16
3.4. Katı Atık Değerlendirme Uygulamaları	17
3.4.1. Kağıt Ambalajlar	17
3.4.2. Plastik Ambalajlar	18
3.4.3. Cam Ambalajlar	19
3.4.4. Alüminyum Ambalajlar	20

3.4.5. Demir-Çelik Geri Kazanımı	22
3.4.6. Tekstil Geri Kazanımı	23
<b>4. YASAL ÇERÇEVE</b>	<b>24</b>
4.1. Ulusal Atık Mevzuatı	24
4.1.1. Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği	26
4.1.2. Ambalaj ve Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği	27
4.1.3. Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği	27
4.1.4. Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği	28
4.1.5. Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Yönetmeliği	28
4.2. Belediyelerin Yasal Yükümlülükleri	29
4.3. AB Atık Mevzuatı	30
4.3.1. Düzenli Depolama Direktifi	30
4.3.2. Ambalaj ve Ambalaj Atıkları Direktifi	31
<b>5. DÜZENLİ DEPOLAMA</b>	<b>32</b>
5.1. Düzenli Depolama Yer Seçimi	33
5.2. Seçimde Kullanılan Kriterler	37
5.3. Yer Seçimi için Alternatif Değerlendirme Metotları	38
5.3.1. Ad hoc Metodu	38
5.3.2. Kontrol Listesi Metodu	39
5.3.3. Ekonomi Metodu	40
5.3.4. Kartografi Metodu	40
5.3.5. İkili Karşılaştırma Metodu	41
5.3.6. Bulanık Mantık Metodu	41
5.3.7. Matris Metodu	41
5.3.8. Coğrafi Bilgi Sistemleri(GIS)	41
<b>6. ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ(AHP)</b>	<b>43</b>
6.1. Karar Verme Süreci ve AHP	44
6.2. Seçimde Kullanılan Kriterler	44
6.3. Hiyerarşi Yapısının Tasarımı	45
6.4. AHP'de Ölçek ve Kullanımı	47
6.5. İkili Karşılaştırmaların Yapılması	48
6.6. Görelî Önem Vektörünün Hesaplanması	48
6.7. Tutarlılığın Kontrol Edilmesi	49
6.8. Birleşik Görelî Önemler Vektörünün Hesaplanması	49
6.9. AHP'nin Uygulama Alanları	49
6.10.AHP'nin Katkı ve Kısıtları	50

<b>7. BULANIK AHP YÖNTEMİ</b>	<b>52</b>
7.1. Bulanık Küme Kavramı	52
7.2. Bulanık Sayılar	53
7.3. Bulanık AHP	54
7.3.1. Genişletilmiş Bulanık AHP Yöntemi	56
<b>8. YER SEÇİMİNE YÖNELİK UYGULAMA</b>	<b>59</b>
8.1. Araştırmanın Amaç ve Önemi	59
8.2. Araştırmanın Tasarımı	59
8.3. Uygulama Süreci	61
8.3.1. Ön Değerlendirme	61
8.3.2. Hiyerarşik Yapı	62
8.3.3. Bulanık AHP ile Değerlendirme	67
<b>9. SONUÇLAR VE TARTIŞMA</b>	<b>79</b>
<b>KAYNAKLAR</b>	<b>81</b>
<b>EKLER</b>	<b>86</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ</b>	<b>94</b>

## KISALTMALAR

<b>SÇ</b>	: Sosyal Çevre Etkisi
<b>KO</b>	: Konum
<b>UL</b>	: Ulaşım
<b>AY</b>	: Arazi Yapısı
<b>TOY</b>	: Topografik Yapı
<b>TEY</b>	: Tektonik Yapı
<b>JEY</b>	: Jeoteknik Yapı
<b>YSH</b>	: Yeraltusu Hidrolojisi
<b>YHT</b>	: Yöre Halkı Tepkisi
<b>YAY</b>	: Yaşam Alanına Yakınlık
<b>YHN</b>	: Yöre Halkının Nüfusu
<b>TRY</b>	: Trafik Yoğunluğu
<b>AYY</b>	: Alternatif Yol Yapımı
<b>YYD</b>	: Yol Alt Yapı Durumu
<b>AUY</b>	: Ana Ulaşım Yollarına Yakınlık
<b>HRY</b>	: Hakim Rüzgar Yönü
<b>YKY</b>	: Yüzey Su kaynağına Yakınlık
<b>OAE</b>	: Ormanlık alan Etkisi
<b>KAE</b>	: Kullanılabilir Alan Etkisi
<b>YY</b>	: Yeraltısuyunun Yüzeye Yakınlığı
<b>KA</b>	: Yeraltısuyunun Kalitesi
<b>ZG</b>	: Zemin Geçirgenliği
<b>ZD</b>	: Zemin Dayanımı
<b>KKA</b>	: Kentsel Katı Atık

## TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
<b>Tablo 2.1</b>	Katı Atıkların Sınıflandırılması..... 5
<b>Tablo 3.1</b>	Çevre Kirliliğinde Yarattığı Azalma Oranları..... 16
<b>Tablo 3.2</b>	Türkiye’de Yıllara göre Kağıt Geri Dönüşüm Oranları..... 18
<b>Tablo 3.3</b>	Avrupa Ülkelerinde Pazar Payı ve Geri Kazanma Oranları..... 21
<b>Tablo 4.1</b>	Ambalaj Atıkları Yönetmeliği Geri Kazanım Hedefleri..... 27
<b>Tablo 5.1</b>	Düzenli Depolama Tesisi Olan İller..... 32
<b>Tablo 6.1</b>	AHP Değerlendirme Ölçeği..... 47
<b>Tablo 7.1</b>	Bulanık AHP Metotlarının Karşılaştırılması..... 55
<b>Tablo 8.1</b>	Stratejik Niteliklere Göre İkili Karşılaştırma Matrisi..... 67
<b>Tablo 8.2</b>	Konuma Göre Alt Niteliklerin Değerlendirilmesi..... 67
<b>Tablo 8.3</b>	Ulaşım Göre Alt Niteliklerin Değerlendirilmesi..... 68
<b>Tablo 8.4</b>	Sosyal Çevre Etkisine Göre Alt Niteliklerin Değerlendirilmesi..... 68
<b>Tablo 8.5</b>	Arazi Yapısına Göre Alt Niteliklerin Değerlendirilmesi..... 69
<b>Tablo 8.6</b>	Yeraltı Hidrolojisine Göre Alt Niteliklerin Değerlendirilmesi..... 69
<b>Tablo 8.7</b>	Jeoteknik Yapıya Göre Alt Niteliklerin Değerlendirilmesi..... 69
<b>Tablo 8.8</b>	YHT alt kriterine göre alternatiflerin bulanık matrisi..... 70
<b>Tablo 8.9</b>	YAY alt kriterine göre alternatiflerin bulanık matrisi..... 70
<b>Tablo 8.10</b>	YHN alt kriterine göre alternatiflerin bulanık matrisi..... 71
<b>Tablo 8.11</b>	HRY alt kriterine göre alternatiflerin bulanık matrisi..... 71
<b>Tablo 8.12</b>	YKY alt kriterine göre alternatiflerin bulanık matrisi..... 71
<b>Tablo 8.13</b>	OAE alt kriterine göre alternatiflerin bulanık matrisi..... 72
<b>Tablo 8.14</b>	KAE alt kriterine göre alternatiflerin bulanık matrisi..... 72
<b>Tablo 8.15</b>	TRY alt kriterine göre alternatiflerin bulanık matrisi..... 73
<b>Tablo 8.16</b>	YYD alt kriterine göre alternatiflerin bulanık matrisi..... 73
<b>Tablo 8.17</b>	AYY kriterine göre alternatiflerin bulanık matrisi..... 74
<b>Tablo 8.18</b>	AUY kriterine göre alternatiflerin bulanık matrisi..... 74
<b>Tablo 8.19</b>	TOY kriterine göre alternatiflerin bulanık matrisi..... 75
<b>Tablo 8.20</b>	Tektonik Yapı kriterine göre alternatiflerin bulanık matrisi..... 75
<b>Tablo 8.21</b>	ZG alt kriterine göre alternatiflerin bulanık matrisi..... 76
<b>Tablo 8.22</b>	Zemin Dayanımı kriterine göre alternatiflerin bulanık matrisi..... 76
<b>Tablo 8.23</b>	Yüzeye Yakınlık kriterine göre alternatiflerin bulanık matrisi..... 76
<b>Tablo 8.24</b>	Yeraltı Kalitesi kriterine göre alternatiflerin bulanık matrisi..... 77
<b>Tablo 8.25</b>	Görelî Ağırlıklarının Kombinasyonu..... 77
<b>Tablo 8.26</b>	Stratejik Niteliklere Göre Kararın Son Değerlendirmesi..... 78

## ŞEKİL LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 2.1 Entegre Katı Atık Yönetimi.....	8
Şekil 4.1 Türkiye'deki mevcut katı atık mevzuatı.....	25
Şekil 4.1 AB Uyum sürecinde uyumlaştırılan katı atık mevzuatı.....	26
Şekil 6.1 Basit Bir AHP Modeli.....	45
Şekil 6.2 Hiyerarşi Tasarımı.....	46
Şekil 7.1 Üçgen ve Yamuk Fonksiyonuna Sahip Bulanık Sayılar.....	54
Şekil 7.2 $M_1$ ve $M_2$ 'nin Kesişimi.....	58
Şekil 8.1 Çözüm Süreci.....	60
Şekil 8.2 Hiyerarşik Yapı.....	65

## SEMBOL LİSTESİ

$a_{ij}$	: A matrisinin elemanları
$A$	: Bulanık sayı
$\lambda$	: Bulanık Kümelerde Kesim Seviyesi
$\lambda_{max}$	: En Büyük Öz Değer
$\mu_A(x)$	: Üyelik fonksiyonu
$M_{g_i}^i$	: Genişletilmiş Analiz Değeri
$W$	: Göreli Önem Vektörü
$\otimes$	: Bulanık Çarpma İşlemi
$\oplus$	: Bulanık Toplama İşlemi

## ÖZET

Düzenli depolama yöntemi, katı atıklarını bertarafında en bilinen ve en yaygın metot olarak kullanılmaktadır. Fakat Türkiye genelinde fazla yaygın olmamakla beraber çok az şehirde düzenli depolama tesisi bulunmaktadır. Diğer taraftan katı atıklar ise her geçen gün büyüyen bir kirlilik unsuru olmaktadır ve net bir şekilde söyleyebiliriz ki şehirlerin en büyük sorunlarından biri katı atıkların yönetimi olmaktadır.

Katı atık yönetimi bir sistem olarak ele alınmalı ve mevcut şartlar gözönünde tutularak en uygun kombinasyon tercih edilmelidir. Katı atıkların geri kazanımına ve geri dönüşümüne yönelik yoğun çaba harcanmasına rağmen, düzenli depolama katı atık yönetim planlarının entegre bir parçası olarak her zaman varolacaktır.

Avrupa Birliğine uyum sürecinde olan ülkemizin ulusal atık mevzuatında da bu doğrultuda değişimler yaşanmaktadır ve düzenli depo alanlarının kullanılmasına verilen önem ve zorunlulukta artmaktadır.

Alternatif düzenli depolama alanları ekolojik değerleri bakımından birbirlerinden farklılık göstermektedir ve bu da alanların ekolojide ve çevresinde yaratacağı olumsuz etkilerin birbirlerinden farklı olmasını sağlamaktadır. Bu nedenle düzenli depolama alanlarının yerlerinin belirlenmesinde, yasal zorunlulukların yanında çevresel, sosyal etkilerinin ve de ekonomik yönünün ele alınarak bir arada değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu yüzden de en uygun bertaraf yerini belirleyebilmek için kapsamlı bir değerlendirme süreci gerekmektedir.

Bu çalışmada, "Düzenli Depolama Yer Seçimi" probleminin çözümü için Bulanık AHP yöntemlerinden Chang'in genişletilmiş AHP yöntemi kullanılmaktadır.

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), bir sistemi etkileyen faktörlerin hiyerarşik gösterimini kullanarak karar problemini çözmek için faktörlerin ikili gruplar halinde karşılaştırılmasıyla alternatifleri sıralamaktadır. Böylece alternatiflerin ve faktörlerin sistem üzerindeki etkisi belirlenmektedir.

Araştırma konusu en uygun yerin seçiminde hem gerçek hem de subjektif veriler bulunmaktadır. Bunun nedeni seçim parametreleri değerleri tam olarak belirlenememekte veya veri toplanması pahalı ve epey bir gayret gerektirmektedir; örneğin alan eğimi, yeraltı su seviyesi gibi. Bulanık AHP yöntemini kullanarak öncelik vektörünün belirsiz ikili karşılaştırma ortamında oluşturulması özelliğinden faydalanılarak karar verilmiştir.

## **SUMMARY**

Landfill has been used as the most common method for the disposal of solid waste generated by communities and the most famous method in the world but in Turkey, in fact solid wastes are the most important pollutants growing everyday. So, one of the most problems in cities is solid waste management.

Disposal of solid wastes should be considered as a system and the correct formula should be chosen according to the conditions in hand. Despite the intensive effort that are directed to the recycling and recovery of solid wastes, landfills will remain an integral part of most solid waste management.

During the adaptation process of EU, national solid waste strategies have been amended to achieve obligation concerning landfill, so it increases obligation and consideration of using landfill.

All potential landfill sites will differ in ecological value and these landfill sites can also have an adverse effect on the ecology and its surroundings, so this location must comply with the requirements of governmental regulations and at the same time must pay attention to environmental, social and economical effects. That's why sitting a sanitary landfill requires an evaluation process in order to identify the best available disposal location.

In this study, Chang's extent analysis method on Fuzzy AHP is used for the solution of "Landfill Site Selection" problem.

Analytic Hierarchy Process (AHP) uses a hierarchical representation of factors influencing a system and makes pairwise comparisons among the factors in order to rank alternatives to solve a decision problem. It, in effect, attempts to analyze the impacts of alternatives or factors on the system.

The selection of the eligible site involves both factual and subjective information. Because most of the selection parameters cannot be given precisely, data collection is costly and involves a great deal of effort such as land slope, depth to ground water. Fuzzy AHP, problem of generating such a priority vector in the uncertain pair-to-pair comparison environment.

## 1. GİRİŞ

Katı atık yönetimi, katı atıkların fen ve sanat kaidelerine ve de mühendislik kurallarına uygun şekilde toplanmasını, geçici olarak depolanmasını, taşınmasını, geri kazanılmasını, kompostlaştırılmasını, yakılmasını, düzenli depolanmasını ve benzeri işlemlere tabi tutulmasını kapsamaktadır[1].

Atık yönetimi alanında son yirmi yıl içerisinde atık hiyerarşisi kavramı gündeme gelmekte ve gelişmektedir. Bu kavram atık yönetimi uygulamalarında seçme ve karar verme konusunda tercih edilen öncelik sırasını ortaya koymaktadır. Bu bağlamda, atık yönetiminde öngörülen öncelik sırası aşağıdaki gibi olmaktadır:

1. Atık önleme/azaltma– kaynak kullanımının en aza indirgenmesi, çıkarılan atığın miktarının ve/veya atıktaki tehlikeli maddelerin azaltılması;
2. Yeniden kullanım– Aynı veya farklı amaçlar için ürünlerin, yan ürün veya atık maddelerin yeniden kullanılması;
3. Geri dönüşüm– Aynı veya farklı bir malzemenin üretiminde hammadde olarak kullanılmak üzere atıkların yeniden bir işleme tabi tutulması;
4. İyileştirme– Gübre, enerji tasarrufu ve diğer teknolojilerde yararlanmak üzere atıkların kullanılması;
5. Bertaraf etme– Daha uygun bir çözümün olmadığı hallerde, atığın gömülerek veya enerji tasarrufu olmadan yakılarak imha edilmesi.

Bu öncelik sıralamasında, önleme/azaltma ilk, imha etme ise son tercih edilen yöntemlerdir. Alan ihtiyacı, alanın sonradan rehabilitasyon ihtiyacı, malzeme kaynaklarında azalma ve atık depolama kaynaklı emisyonlar bağlamında depolanmaya gönderilecek atıkların en aza indirgenmesi atık yönetimi prensiplerinin temelini teşkil etmektedir. Çevresel etkileri bakımından da atık yönetimi yaklaşımları göz önünde bulundurulmalıdır[2].

Katı atık depolama tesislerini projelendirirken yapılması gereken ise, tesisin asgari risklere maruz kalacak şekilde planlanmasıdır. Yasalarda ve yönetmeliklerde bu tür tesisler için belirli bir risk belirtilmektedir. Böylece riskin düşük tutulabileceği gibi

bir sonuç beklenmelidir. Genel anlamda, mühendisler en uygun çevresel risk değerlendirmesine göre hareket etmeli ve yapılan yaptırımlarla istenilen sınırlar içinde kalınarak sorunlara karşı doğabilecek risklerin telafi edilmesini mümkün kılmalıdırlar [3].

Bu çalışmanın ikinci bölümünde genel olarak katı atık yönetiminden, özelliklerinden, amacından, ülkemizdeki işleyiş sürecinden, katı atık çeşitlerinden ve bertaraf yöntemlerinden açıklamalarda bulunmaktadır.

Üçüncü bölümde, geri kazanım ve geri kazanımın gerçekleştirilmesi için gerekli olan ön koşullardan bahsedilmesinin yanı sıra ülke genelinde gerçekleştirilen katı atık değerlendirme uygulamalarının faydaları ve sonuçları ele alınmaktadır.

Dördüncü bölümde, katı atık yönetimi ile ilgili yasal çerçevelerin ana hatları gözden geçirilerek AB ile Ulusal atık mevzuatın önemli hedefleri ele alınmaktadır.

Beşinci bölümde, katı atık depolama alanının değerlendirilmesinde kullanılan kriterler belirlenmekte olup analizde kullanılan yöntemler hakkında da kısa bilgiler verilmektedir.

Altıncı bölümde, çok amaçlı karar verme yöntemlerinden olan Analitik Hiyerarşi Prosesin teorik yapısı açıklanmaktadır.

Yedinci bölümde, bulanık mantık ve bulanık kümelerin teorisi hakkında verilerek, analiz için kullanılan Bulanık AHP yöntemi ve bu yöntemin safhaları açıklanmaktadır.

Sekizinci bölümde, uygulamanın çözüm süreci için ön değerlendirme gerçekleştirilmektedir. Daha sonrasında kriterler gözden geçirilerek hiyerarşik yapı oluşturulup değerlendirme sonucuna ulaşılmaktadır.

## **2. KATI ATIK YÖNETİMİ**

Katı atık yönetimi, katı atıkların fen ve sanat kaidelerine ve de mühendislik kurallarına uygun şekilde toplanmasını, geçici olarak depolanmasını, taşınmasını, geri kazanılmasını, kompostlaştırılmasını, yakılmasını, düzenli depolanmasını ve benzeri işlemlere tabi tutulmasını kapsamaktadır. Bilimsel esaslara ve mühendislik prensiplerine göre işleme tabi tutulmayan katı atıklar çevrede pek çok kirlenme problemine sebebiyet vermektedir. Katı atık yönetiminin bir başka amacı bunlardan hammadde kaynağı olarak yararlanmayı öğretmek ve özendirme [1].

### **2.1. Katı Atık**

Sahibinin istemediği ancak ekonomik değeri olan ve toplumun menfaati gereği toplanıp bilimsel esaslara, mühendis prensiplerine göre bertaraf edilmesi gereken katı şeylere “Katı Atık” denir. Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliğine göre katı atık “üreticisi tarafından atılmak istenen ve toplumun huzuru ile çevrenin korunması bakımından düzenli şekilde bertaraf edilmesi gereken katı maddeler ve arıtma çamurudur” şeklinde tanımlanmaktadır. Katı atık kapsamı içerisinde yer alan iri katı atıklar ve evsel katı atıklar sırasıyla buzdolabı, çamaşır makinesi, koltuk gibi evsel nitelikli eşyalardan oluşan ve kullanılmayacak durumda olan çoğunlukla iri hacimli atıklar ile konutlardan atılan, tehlikeli ve zararlı katı atık kavramına girmeyen bahçe, park ve piknik alanları gibi yerlerden gelen katı atıkları ifade etmektedir[4].

Başka bir deyişle katı atıklar, insanoğlunun üretim ve tüketim mekanizmasına bağlı olarak ticaret, sanayi, sosyal hizmetler ve buna benzer faaliyetlerle, konutlar içindeki çeşitli faaliyetleri sırasında oluşan ve tekrar kullanılmayacak olanların uygun şekilde uzaklaştırılması istenen katı maddelerdir[5].

## 2.2 Katı Atıkların Kaynakları

Katı atıkların sektör bazında kaynakları incelendiğinde; inşaat, madencilik, sanayi ve evsel çöpler olmak üzere dört ana sektör ön plana çıkmaktadır. İnşaat ve yıkım atıkları %34'lük payla en büyük sektördür arkasından %27'lik payla ikinci büyük sektör madenciliktir. Üçüncü sıradaki sanayi atıklarını ise oranı %17'dir. Bu atıkların bileşiminde organik maddeler, yağlar, metaller, mineraller, ahşap, kağıt ve plastikler bulunur. Sanayi atıkları bazen zararlı kimyasallar da içerebilirler. Avrupa'da bütün katı atıklar içinde %16 oranla dördüncü sırada olan evsel çöplerin %57'si düzenli depolama alanlarına gönderilmektedir. Ancak, evsel çöplerden kompostlaştırılan ve geri kazanılan miktarlar sürekli artış göstermektedir. 5.sırada olan enerji sektörü, %4 oranında atık üretmektedir. Hidroelektrik ve doğal gaz termik santrallerinde katı atık oluşmazken, kömürlü termik santrallerde muazzam miktarlarda kül ve uçucu kül meydana gelir. Bunların depolanması için çok büyük alanlar gerekmektedir. OECD verilerine göre akü, pil, cıva, kullanılmış yağlar ve boyalar gibi bazı tehlikeli atıkların miktarında artış görülmekte olup bunların toplam katı atıklar içindeki oranı %1 düzeyindedir[6].

Katı atıklar kaynaklarına göre aşağıdaki şekilde 3 grupta da toplayabiliriz[5].

Evsel veya Kentsel Katı Atıklar:

- Evsel Katı Atıklar
- Cadde ve Pazar Yeri Atıkları
- Hastane Atıkları
- Mezbaha Atıkları
- Park, Bahçe ve Yeşil Alan Atıkları
- Arıtma Çamurları

İşyeri Katı Atıkları:

- Büro, Dükkan Kökenli Katı Atıklar
- Sanayi Kökenli Katı Atıklar
- Hafriyat, Enkaz ve Molozlar

Özel Katı Atıklar

- Tehlikeli ve Zararlı Atıklar
- Zehirli Atıklar

Tablo 2.1’de genel olarak katı atıkların kaynak ve oluştuğu yerlere göre sınıflandırılması verilmektedir.

**Tablo 2.1:** Katı atıkların sınıflandırılması (Tchobanoglous ve diğ.,1993)

Kaynak	Katı atıkların oluşumuna neden olan araçlar, faaliyetler ve atıkların oluştuğu yerler.	Katı Atık Türleri
Evsel	Meskun bölgelerde, özel konutlardan az, orta ve çok katlı apartmanlardan vb. atıklar.	Çöpler, yemek artıkları, kül ve diğer özel atıklar.
Ticari	Dükkanlardan, marketlerden lokanta ve otellerden, iş merkezlerinden, bürolardan, sanayi sitelerinden, matbaalardan, hastane ve kliniklerden vb.	Çöpler, yemek artıkları, küller yıkım ve onarım atıkları, diğer özel atıklar
Kentsel	Yukarıda sıralanan maddeleri kapsar.	Yukarıda sıralanan maddeleri kapsar.
Endüstriyel	İnşaat sektörü, hafriyat ve onarım işleri,fabrikalar, hafif ve ağır sanayi sektörü, rafineriler, kimyasal fabrikalar, ağaç sanayi, madencilik, enerji sektörü vb.	Çöpler, yıkım ve onarım atıkları, bazı özel atıklar, bazı tehlikeli ve zehirli atıklar
Açık Alanlar	Cadde, sokak süprüntüleri, park, bahçe ve oyun alanlarında oluşan atıklar, deniz kıyılarında, plajlarda, özel çevre koruma alanlarında, karayollarında görülen atıklar, vb.	Çöpler, bitki atıkları, özel atıklar
Arıtma Tesisi	Su, pis su ve endüstriyel arıtım işlemleri,	Arıtma tesisi atıkları, genelde yarı katı haldeki zararsız çamurlar.
Tarımsal	Çiftlikler, tahıl üretim çalışmaları, meyve bahçeleri, üzüm bağları, mandıralar.	Tarımsal atıklar ve bitki atıkları özel besin atıkları bazı zararlı atıklar.

### 2.2.1. Evsel Katı Atıklar

İnsanların yaşam alanları olan konutlarda oluşan ve düzenli olarak buralardan uzaklaştırılması gereken katı atıklar bu tanıma girer. Bu katı atıklar, yemek ve mutfak kaynaklı katı atıklar, kağıt, plastik, ambalaj atıkları, kül, cam, porselen, tekstil ve mobilya gibi birleşime sahiptirler.

Yukarıda sayılan bu gibi katı atıklardan normal toplama araçları ile toplanamayan irilikttekiler “İri Hacimli Katı Atıklar” olarak tanımlanırlar.

### 2.2.2. Cadde ve Pazar Yeri Katı Atıkları

Söz konusu atıklar caddelerde oluşan partiküller, ağaç ve bitkilerin yaprak ve dalları, bacalardan çıkan partiküller ve sokağa insanlar tarafından direkt olarak atılan katı

(ambalaj, izmarit vb. gibi) atıklardır. Bu tip katı atıklar süpürülerek, yağmur suyu deşarj sistemiyle ve caddelerdeki çöp kutuları boşaltılarak toplanırlar.

Kentin belli semtlerinde haftanın belirli günlerinde kurulan pazar yerlerinden kaynaklanan genelde sebze ve meyve gibi katı atıklarla ambalaj ve ahşap atıkları da bu gruba dahildir.

### **2.2.3. Hastane Atıkları ve Hayvan Kadavraları**

Hastane, klinik ve sağlık ocaklarında üç grup katı atık oluşmaktadır.

- a) Ameliyat ve doğum atıkları, sargı, pansuman atıkları, patolojik ve bakteriyolojik klinik preparat ve atıkları, bulaşıcı hastalık kliniklerinin her türlü atıkları.
- b) Hasta bakım, rehabilitasyon ve yemekhane bölümleri ile doktor ve hemşire büro, lojman ve yatakhaneleri katı atıkları.
- c) Her türlü evcil ve yabani hayvanların itlaf, hastalık vb. nedenlerle meydana çıkan leşleri.

### **2.2.4. Mezbaha Katı Atıkları**

Mezbahada kesilen hayvanların; kemik, boynuz, tırnak, bağırsak vb. parçaları katı olarak çıkmaktadır. Bu kısımlarının dışında, atıksuya karışan bağırsak,işkembe içi ve katı atıklar kirliliği çok yükseltmektedir. Şehrin kanalizasyonuna ancak ön arıtmadan sonra verilmelidir. Böylece kirlilik yükü azaltılıp, taşınan katı maddeler tutulmalıdır. Bu arıtma sistemi esnasında oluşan arıtma çamurlarının da katı atık olarak ayrıca giderilmeleri gerekir. Bunlar kompostlaştırmaya elverişlidirler.

### **2.2.5. Park, Bahçe ve Yeşil Alan Katı Atıklar**

Bu tip atıklar park, bahçe ve yeşil alanlardaki bitki, çiçek ve ağaçların bakımları sırasında kesilen ve sökülen, toplanan bitki ve yapraklardan oluşur. Söz konusu atıklar mevsimlere göre değişen yoğunluklara sahiptirler. Organik kökenli olduklarından kompostlaştırılabilir veya yakılarak bertaraf edilebilir.

### **2.2.6. Büro, Dükkan Kökenli Katı Atıklar**

Bu tip atıklar; her türlü atölye, imalathane, satış mağazası, gıda pazarı, otel, lokanta, yemekhane, kantin, benzinci, küçük sanayici, esnaf, banka, büro gibi işyerlerinde oluşurlar. Genellikle evsel katı atık özelliğindedirler. Kaynağına göre; mutfak atığı,

kağıt veya ambalaj yoğunluğu gösterebilir. Bileşim oranları büyük farklılık gösterebilmektedir. Bunlar genellikle evsel katı atıklarla beraber toplanıp uzaklaştırılırlar.

### **2.2.7. Arıtma Çamurları**

İçme suyu ve atıksu arıtma tesislerinde sudan uzaklaştırılan katı maddeler, tortular "Arıtma Çamuru" olarak adlandırılır. İçme suyu arıtımından gelen çamurların mineral özellikleri olduğundan, su muhteviyatları %70-75'e kadar azaltıldıktan sonra depolama alanına doğrudan boşaltılabilirler, Atıksu arıtma tesisinin ön çökeltmeden ayrılan çamur ile biyolojik arıtmadan sonra son çökeltme havuzundan ayrılan fazla çamurlar ise atıksu arıtma çamuru olarak tanımlanır. Atıksu çamurları %60-80 oranında organik kısımdan oluşmaktadır.

### **2.2.8. Sanayi Kökenli Katı Atıklar**

Sanayi tesislerinde oluşan katı atıkları üç grupta değerlendirebiliriz.

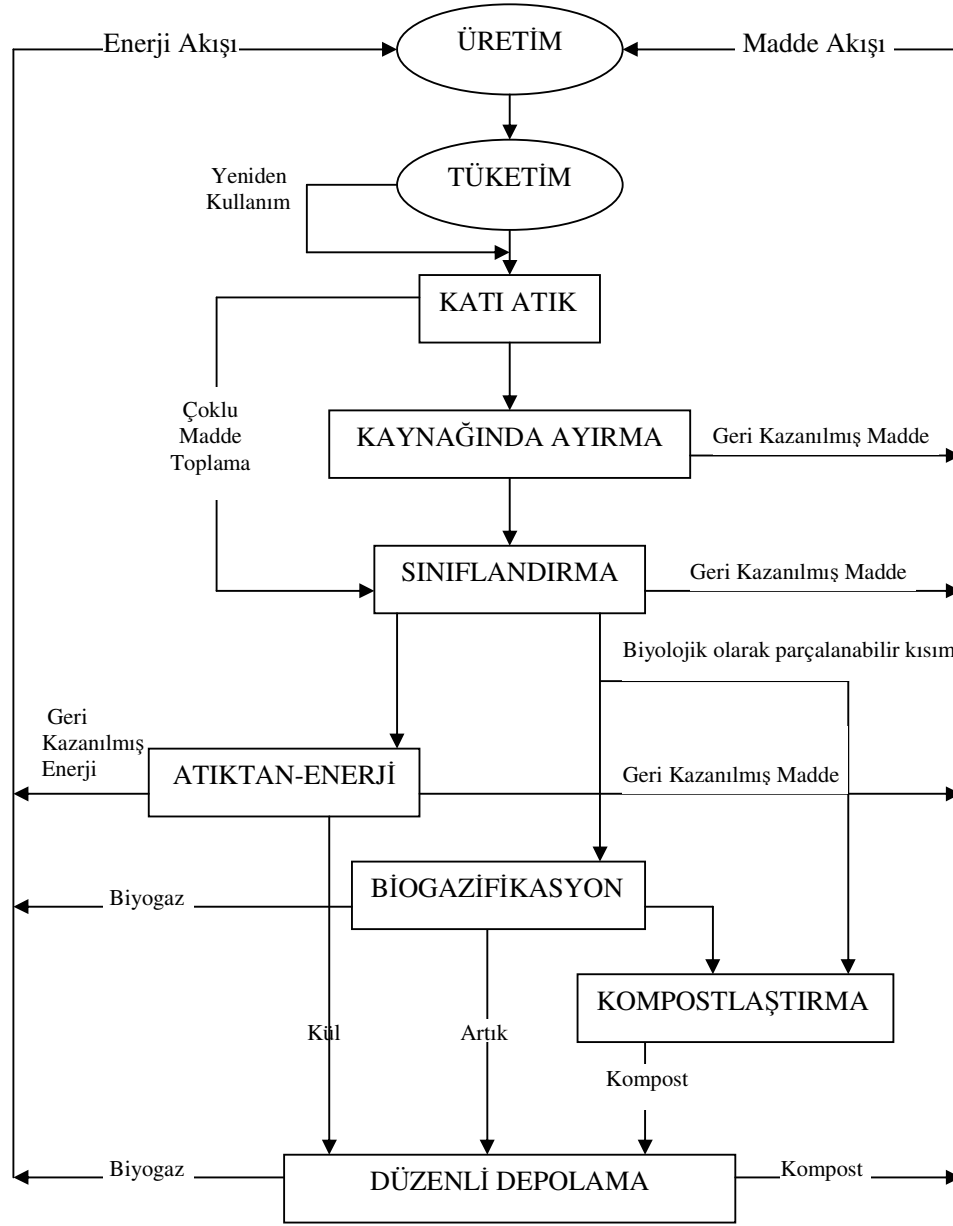
- a)Evsel nitelikli, büro, kantin ve süprüntü atıkları,
- b)Satın alma ve satış bölümlerinden gelen iri hacimli ambalaj ve paketleme atıkları,
- c)Üretimden gelen, üretime yönelik atıklar. Bunlar hammadde atıkları, ara ürünler, kimyasal maddeler, döküm kumları, uçucu kül ve cürüflardır.

Son gruptakiler genelde özel katı atık grubuna girmektedir[5].

## **2.3. Katı Atık Yönetiminin Özellikleri**

Katı atık yönetimi, sistem içerisinde oluşan atıkların çevreye ve ekonomiye olan etkilerinin en aza indirilerek bertaraf edilmesidir. Verimli bir katı atık yönetimi entegre bir sistem yapısı özelliği taşıması gerekmektedir. Şekil2.1.'de de katı atık yönetiminin entegre yapısı sunulmaktadır.

Oluşturulacak sistem, yerleşim merkezinde oluşan katı atığın bileşimindeki bütün maddeleri ve üretim kaynaklarını ihtiva edecek şekilde planlanmalıdır. Bunun için öncelikle mevcut durumun tespiti (nüfus, katı atık miktar ve karakteristikleri ve uzaklaştırma şekli) ve geleceğe dönük tahminlerin (nüfus, katı atık miktar ve özelliklerinde olabilecek değişimler ve gelişmeler) yapılması gereklidir[7].



**Şekil 2.1.** Entegre Katı Atık Yönetimi (Alpan, 1998)

Katı atık yönetimi çerçevesinde biriktirme ve toplama alternatiflerinin sistemli bir şekilde tespit edilmesi, uygun büyüklükte ve özellikle araç seçimi yapılmalıdır. Katı atık üretim ve bertaraf tesisleri arasındaki mesafenin uzaklığına bağlı olarak transfer istasyonlarının gerekliliği araştırılmalı ve uygun şekilde projelendirilmelidir. Toplanan katı atıkların toplandıktan sonra ayırma, işleme ve dönüştürme işlemlerinden geçirildikten sonra nihai bertarafının yapılması gereklidir. Ayrıca katı atık, sisteminden ekonomik değer oluşturabilmeli, (geri kazanılabilir malzemeler,

kompost, biogaz vb.) bunun için, şehirlerde bölgesel planlamalar yapılmalıdır. Bütün bunların yanında katı atık yönetim sistemi, çevresel, mekansal ve atık özelliklerinde zamana bağlı olarak meydana gelebilecek çeşitli değişikliklere belirli oranda uyum sağlayabilecek esneklikte olmalıdır[7].

#### **2.4. Katı Atık Yönetiminin Amaçları**

- Halk sağlığının iyileştirilmesi ve korunması,
- Kaynakların yeniden kazanımının artırılması ve atık miktarının azaltılması,
- Çevre kalitesinin korunması,
- Kentte yaşayan insanlara uluslararası standartta bir hizmet sunulması,
- Zaman içinde değişecek kentsel ihtiyaçları karşılayacak şekilde katı atık sistemlerinin devamlı planlanmasının sağlanması ve bunu yapabilecek kurumsal yapının inşa edilmesi,
- Mevcut sistemin işletme giderleri için finansman kaynağı ve gelişmiş sistemler için yeni yatırım kaynaklarının sağlanması.

Ülkemizde, katı atık miktar ve niteliğine ilişkin verilerin eksik ve hatalı oluşu, katı atıkların yönetiminde, özellikle de geri kazanım ve bertaraf konularında, yanlış tercihlere yol açabilmektedir. Sosyoekonomik gelişmişlik düzeyiyle doğru orantılı olarak üretim ve tüketimin artışı ile birlikte katı atıkların miktarları yükselmekte, içeriği değişmekte ve çevreye verdikleri zarar da bu oranda artmaktadır[8].

Katı atık oluşumunda uygulanan toplama ve uzaklaştırma sistemlerinin de atık üretiminde önemli etkisi mevcuttur. Nihai bertarafa giden atık içerisinde bulunan maddeler o bölgede uygulanan atık toplama ve yönetim sistemi ile ilgilidir. Katı atık yönetiminde “toplama-taşıma-geri kazanım-bertaraf” aşamaları, birbirine bağımlı, birbirini etkileyen ve tamamlayan halkalarda oluşan bir bütün olarak düşünülmektedir

Katı atık bertaraf işletmelerinden kar beklenmez. Bir katı atık yönetim sisteminin ekonomik olması, bir yandan biriktirme-toplama-taşıma-geri kazanım-bertaraf zincirindeki işlemlerin maliyetlerinin en aza indirilmesi; diğer yandan da çöp hizmetleri karşılığı elde edilecek gelire, hizmet ve işlem maliyetlerinin karşılanması

anlamına gelmektedir. Başarılı bir katı atık yönetimi kaynakta, yani evlerde ve iş yerlerinde çöplerin mümkün olduğunca az üretilmesiyle başlamaktadır[7].

## **2.5. Ülkemizde Katı Atık Yönetimi**

Ülkemizde katı atık yönetimi temizlik hizmetleri adı altında ve genellikle temizlik işleri birimi tarafından yürütülmektedir. Temizlik hizmetlerinin genel sağlık sorununun parçası olarak sınıflandırılması, bu görevin Sağlık Bakanlığı tarafından izlenmesi, denetlenmesi sonucunu doğurmuştur. 1930'da temeli atılan bu yaklaşım kamu sağlığı odaklıdır. 1960'lı yılların ikinci yarısından itibaren “toplum odaklı” olan bu geleneksel yaklaşımdan “çevre odaklı” olan yaklaşıma doğru bir değişme oluşmuştur. 1980'li yıllarda “çevre odaklı” bu yaklaşım Çevre Müsteşarlığı ve 1991 yılında Çevre Bakanlığı kurulması ile birlikte, devlet politikalarının temeli haline gelmiştir. Ancak çöp hizmetlerine yaklaşım, aynı tarihlerde değişerek çevre odaklı bakış açısının yerini, bu yaklaşımdan doğan “ürün odaklı” yeni bir yaklaşım almıştır. Bu yaklaşım sonucu geleneksel temizlik hizmetleri yönetimi, bir tür endüstrileşmiş hizmet sektörü olarak yeniden tanımlanarak “katı atık yönetimi” olarak anılmaya başlanmıştır. Merkezi yönetimdeki sorumlusu Sağlık Bakanlığı'ndan Çevre Bakanlığına kaymıştır.

Ürün odaklı yaklaşım ile hizmet alanının öncelikliği değişerek toplumsal amaçlardan iktisadi-ticari amaçlara doğru kaymıştır. Böylelikle katı atık yönetimi sürecinin her halkası ayrı bir ihale ve alım-satım konusu olarak yeniden tanımlanarak özel sektöre devredilecek bir iş parçası haline gelmiştir. Belediyeler hizmetin tümünden sorumlu kuruluşlar olarak hizmeti gören değil hizmeti ihale eden ihaleci kuruluşlar kimliğine dönmüşlerdir[9].

## **2.6. Bertaraf Yöntemleri**

Atık Yakma Tesisleri; Bu tesisler atığın kontrollü bir şekilde yakılarak daha az hacim kaplayan ve daha zararsız bir forma dönüştürülmesi işlemini kapsar. Evsel, endüstriyel, tehlikeli ve tıbbi atıkların bertarafı için kullanılabilir. Yakma tesisleri bölgesel olarak hava kirliliği, toprak kirliliği, gürültü ve görüntü kirliliği yaratarak çevresel yaşam şartlarına ve halk sağlığına etki edebilmektedir.

Kompost Tesisleri; Kompostlama prosesi aerobik bir procestir ve organik atıklar, tahta ve kağıt atıkları için en uygun bertaraf yöntemidir. Kompostlama, biyolojik olarak parçalanabilen atıkların kontrol edilebilir koşullar altında aerobik olarak ayrıştırılması ve daha sonra proteinlerin ve karbonhidratların bitkiler tarafından kullanılacak şekilde tutulması ile humus gibi toprak benzeri ürünlere dönüştürülmesidir.

Düzenli Depolama; Düzenli katı atık depolama alanları ise atıkların depolanması için kullanılan kalıcı sahalar da dahil olmak üzere atıkların seçilen bir depolama alanı üzerine düzgün bir şekilde yığılması ya da gömülmesi (ör: terk edilmiş maden ocaklarına) için kullanılan sahalarıdır.

Diğer atık bertaraf yöntemleri ile karşılaştırıldığında düzenli depolama nihai bir bertaraf yöntemi olarak görüldüğü ve daha ekonomik bir alternatif olduğu için genellikle tercih edilmektedir. Düzenli depolama projeleri hem evsel, hem de tehlikeli ve tıbbi atıkların bertarafı için kullanılan etkin bir yöntemdir. Bu atıklar düzenli depolanırken ayrıştırılmalı ve her atık türü aynı tesiste olsa da farklı bölmelerde (lotlarda) depolanmalıdır[2].

### 3. GERİ KAZANIM

#### 3.1. Tanım

Tekrar kullanım (reuse), geri dönüşüm (recycle) ve geri kazanım (recovery) kapsamları, giderek genişleyen iç içe geçmiş bir kavramlar dizisidir.

a)(Ek tanım: 02/11/1994 - 22099 sayılı R.G. Yön.) Atıkların toplama ve temizleme dışında hiçbir işleme tabi tutulmadan aynı şekli ile ekonomik ömrü dolana kadar defalarca kullanılmasına tekrar kullanım denir. Örnek olarak cam şişelerin içerisindeki maddenin tüketilmesinden sonra temizlenmesi ve aynı amaç için kullanılmasıdır.

b)(Değişik tanım: 25/04/2002 - 24736 S. R.G. Yön./1. md.) Atıkların bir üretim prosedürüne tabi tutularak, orijinal amaçlı ya da enerji geri kazanımı hariç olmak üzere, organik geri dönüşüm dahil diğer amaçlar için yeniden işlenmesine geri dönüşüm denir. Örnek olarak kırık cam şişelerin eritilerek hammadde haline getirilmesi, kırık camın zımpara kağıdı üretiminde kullanılması, atık plastiklerden tekrar plastik mamullerin elde edilmesi verilebilir.

c)(Ek tanım: 02/11/1994 - 22099 sayılı R. G. yön.) Geri kazanım, geri dönüşüm ve tekrar kullanımı kapsayan; atıkların özelliklerinden yararlanılarak içindeki bileşenlerin fiziksel, kimyasal veya biyokimyasal yöntemlerle başka ürünlere veya enerjiye çevrilmesidir. Örneğin yakma, kompostlaştırma gibi işlemler geri dönüşüm ve tekrar kullanım kapsamına girmemekle beraber, geri kazanım kapsamında değerlendirilmektedir.

Maddesel geri kazanma: Katı atık içindeki kağıt, plastik, cam gibi yeniden değerlendirilebilir nitelikteki maddelerin herhangi bir kimyasal ve biyolojik işleme tabi tutulmadan ekonomiye tekrar kazandırılması işlemini ifade etmektedir.

Enerji Geri Kazanımı: (Ek tanım: 25/04/2002 - 24736 S. R.G. Yön./1. md.) Yanabilir ambalaj atıklarının; ısının geri kazanımı amacıyla, doğrudan tek başına ya da diğer atıklarla birlikte yakılarak enerji üretilmesidir[10].

## 3.2. Ön Koşullar

### 3.2.1. Toplama

Geri kazanılabilir atıkların toplanmasında tüketiciye “getirtme” ve tüketiciden “alma” olarak iki temel yöntem bulunmaktadır. Değerlendirilebilir atıkların kaynakta ayrı olarak toplatılması ve bunların geri kazanılması konutlar, küçük işletmeler vb. tüketim yerlerine göre iki farklı şekilde gerçekleştirilebilir.

- Ayrı toplama sistemleri: Değerlendirilebilir atıkların evlerden merkezi bir organizasyon ile (belediye, özel toplama hizmetleri, hurdacılar) toplanmasıdır.
- Getir sistemleri: Tüketici, değerlendirilebilir atıkları merkezi toplama birimlerine (konteynırlar, geri dönüşüm alanları, transfer istasyonları vb.) getirir.

Değerlendirilebilir atıkların geri kazanılmasındaki lojistik yaklaşım da iki ana sisteme ayrılabilir. Bunlar entegre edilmiş ve ilave sistemler olarak adlandırılmaktadır.

- Entegre sistemlerde, geri kazanılabilir atıklarla değerlendirilemeyen atıklar beraber yada ortak bir yapı içerisinde toplanırlar.
- İlave sistemlerde ise değerlendirilebilir atıklar, değerlendirilemeyen atıklar için uygulanan toplama sisteminden lojistik olarak bağımsız şekilde toplanırlar veya tüketiciler tarafından ayrı noktalardaki toplama yerlerine getirilirler.

Birçok entegre sistem, atıkların kaynakta (genellikle konutlarda) ayrı toplanmasını hedeflemektedir. Atıkların evlerde ayrı toplanmadığı durumlarda ayırma işleminin daha sonra ayırma tesisinde ya da depolama sahasında yapılması mümkündür. Ancak burada hem kalite hem de olumsuz maliyet faktörleri ortaya çıkmaktadır.

Toplama sistemleri coğrafi, sosyal, ekonomik, iklimsel, mimari ve diğer altyapı koşullarına adapte edilmelidir. Türkiye’de bu koşullar aynı şehirde bile büyük farklılıklar gösterebilir. Bu sebeple değerlendirilebilir atığı ayrı toplamayı planlayan bir belediye, önce atık kaynak alanlarının altyapısını ve sosyal koşullarını tespit etmelidir. Bir şehrin veya aynı şehrin ilçelerinin koşullarına uygun olan değişik sistemleri uygulamak mantıklı olabilmektedir.

- Değerlendirilebilir atıklar için ayrı, diğer tüm atıklar için ayrı bir toplama kabının kullanılması (kompostlaştırma tesisinden ziyade ayırma tesisine boşaltıyorsa yani iki çöp kutusu sistemi).
- Değerlendirilebilir atıklar için bir çöp kutusu, biyolojik atık için bir çöp kutusu, değerlendirilemeyen atıklar için ise ayrıca bir çöp kutusu kullanılması (hem kompostlaştırma tesisine hem de ayırma tesisine sahip olması durumunda üç çöp kutusu sistemi).

Belediyelerin ihtiyaçlarına ve yapısına göre değiştirilebilmektedir[1].

Bireysel sorumluluk ne denli az, yalın, kolay anlaşılır ve uygulanabilir olursa, katılımı da o oranda artacaktır. Diğer taraftan, bu asgari sorumluluğun bile tüketicilere sürekli telkin edilmesi gereksinimi vardır. Toplama sistemlerinde kullanılan dört unsur aşağıda sıralanmıştır:

- Depozitolu satış,
- Gönüllü katılım için özendirme,
- Ödüllendirme,
- Satın alma.

Depozito uygulaması ile satın alımın özelliği, birim fiyatın birincide üretici ya da idari makamlarca “uygun görülmesi”, ikincide ise piyasa koşullarınca serbest olarak belirlenmesidir. Ödüllendirme ise, belirli zamanlarda seçilen katılımcıların ödüllendirilmesi ile ilginin ve katılımın yüksek tutulmasına yöneliktir. Burada da ödülün miktarı ve sıklığı toplayıcı tarafından saptanır[11].

### **3.2.2. Ayırma Yöntemi**

Geri kazanma amacıyla toplanan malzemelerin bu amaca hizmet edebilmeleri için, gerektirdiği şekil ve titizlikte ayrılmaları şarttır. Ayrıca, toplanan malzemenin içine karışmış durumda olan istenmeyen maddeler de bu aşamada elimine edilir. Ayırma işleminin, toplamanın hangi aşamasında yapıldığına bağlı olarak aşağıdaki gibi gruplandırılabilir:

Kaynakta Ayırma: Geri dönüştürülebilecek maddelerin özel kaplarda, daha kaynaktayken, tüketici tarafından ayrılarak biriktirilmesidir. Etkin bir geri kazanım için geri toplanan malzemelerin işlenmeye uygunluk vasıflarını taşıması gerekir. Geri

dönüştürülebilecek maddelerin tüketimin hemen sonrasında toplanmaları halinde daha kaliteli ve etkin bir geri kazanım söz konusu olmaktadır.

**Toplama Sırasında Ayırma:** Evlerden, genel çöpten ayrı olarak özel bir kaptan toplanan birden fazla çeşit malzeme, toplama araçlarının özel modellerine boşaltılırken, işçiler tarafından ayrılabilir. Toplama hızını düşüren bu yöntem, araçların özel olarak bu işe uygun dizayn edilmiş olmasını gerekli kılmaktadır. Bu yöntemin bir avantajı sınıflandırılmış olan malzemenin sıkıştırılarak taşıma giderlerinin minimize edilebilmesidir.

**Merkezde Ayırma:** Birlikte toplanan geri kazanılabilecek malzemelerin getirildikleri merkezde ayrılmasıdır. Kontrollü olması açısından güvenilir ve tercih edilen bir seçenektir. Bu ayırma el ile yapılabildiği gibi miktarların büyüklüğü ve işçi ücretlerinin yüksekliği ile orantılı olarak mekanize ve hatta kompüterize olabilir. Geri kazanılabilecek malzemelerin depolama alanlarının veya genel çöp değerlendirme tesislerinin girişinde ya da içinde, genel çöpten ayıklanıp sınıflandırılmaları da bu gruba girmektedir.

Çöpten toplama yöntemi ile %30 fire verilirken, ayrı toplama yöntemi ile bu oran %8'e inmektedir.

### **3.2.3. Ayırma Tesisi**

Evsel veya ticari kaynaklarda oluşan değerlendirilebilir ambalaj atıklarının düzenli ve temiz bir şekilde geri dönüşüm sanayine satılmasını temin edebilmek için ayırma tesislerine ihtiyaç vardır. Ayırma tesislerinde kaynağında organik çöpten ayrı toplanan geri kazanılabilir atıklar cinslerine göre 13 gruba ayrılır. Bunlar; beyaz kağıt, gazete kağıdı, karton, PET ( su ve meşrubat şişeleri vb.), PE (deterjan ve şampuan şişeleri gibi renkli plastikler), PS (yoğurt ve margarin kapları), poşet, PVC, Lamine karton, renkli cam, renksiz cam, teneke, alüminyumdur.

Ayırma tesisleri kapasite ve çalışma biçimlerine göre çeşitli türlere ayrılır, bunu manuel veya otomatik ayırma tesisleri olarak iki ana grupta toplayabiliriz. Ülkemizde işletim kolaylığı ve ilk yatırım maliyetinin düşüklüğü nedeniyle manuel ayırma tesisleri tercih edilmektedir[12].

### 3.3. Geri Kazanımın Yararları

Doğal Kaynakların Korunması: Dünya nüfusunun artması ve toplum taleplerinin karşılanması için yeni ürünlerin piyasaya çıkması ve de bu ürünlerin tüketilmesi sebebiyle doğal kaynaklarımız sürekli azalmaktadır. Bu nedenle doğal kaynakların tüketimini azaltmayı değerlendirilebilir nitelikli atıkların geri dönüştürülmesi sureti ile sağlamak zorundayız. Bir başka deyişle atıkların ikincil hammadde olarak kullanılması birincil hammaddelerin tüketiminin azalmasını sağlayacaktır.

Enerji Tasarrufu Sağlanması: Geri dönüşümlü malzeme üretiminde endüstriyel işlem sayısını azaltmak suretiyle enerji tasarrufu sağlanmaktadır. Örneğin; metal içecek kutularının dönüşümü işleminde bu metaller direkt olarak eritilerek yeni ürüne dönüştürüldüğünde bu metallerin üretimi için kullanılan maden cevherini saflaştırılma işlemlerine gerek olmadan üretimi gerçekleştirilebilmektedir.

Çevre Kirliliği: Katı atıkların geri kazanılmasıyla kaynak tasarrufu yanında direkt veya indirekt olarak çevre kirlenmesi azalmaktadır. Bazı atıkların üretiminde tekrar kullanılması halinde çevre kirlenmelerinde meydana gelen indirekt azalmalar görülmektedir[1]. Tablo3.1'de geri kazanımın çevre kirliliğine olan olumlu yöndeki etkisinin sayısal olarak ifadeleri sunulmaktadır.

**Tablo 3.1:** Çevre kirliliğinde yarattığı azalma oranları(Armağan ve diğ.,2006)

Parametre	Kağıt	Cam	Çelik	Alüminyum
Hava Kirlenmesi	74%	20%	85%	95%
Su Kirlenmesi	35%	---	76%	97%
Su Tüketimi	58%	50%	40%	----

Atık Miktarının Azaltılması: Geri dönüşümün uygulanması ile çöplere giden atık miktarında azalma sağlanarak bu atıkların taşınması ve depolanması işlemleri için daha az miktarda alan ve daha az enerji kullanılmış olur. Evsel atıklar için bu azalma ağırlık olarak fazla olmamakla birlikte hacimsel olarak bakıldığında oldukça önemli bir oran teşkil etmektedir. Geri dönüşümün katı atıklar üzerinde uygulanmasıyla düzenli depolama sahalarının kullanım ömrü uzayacaktır.

Ekonomiye Katkısı: Geri dönüşüm uzun vadede verimli bir ekonomik yatırımdır. Hammaddenin azalması ve doğal kaynakların hızla tükenmesi sonucunda ekonomik problemler ortaya çıkabilecek ve işte bu noktada geri dönüşüm ekonomi üzerinde

olumlu etki yapacaktır. Yeni iş imkanları sağlayacak ve gelecek kuşaklara doğal kaynaklardan yararlanma olanağı sağlayacaktır[1].

### **3.4. Katı Atık Değerlendirme Uygulamaları**

Değersizmiş gibi gözüken, hiç düşünmeden atılan bu atıklar, aslında ülke ekonomisi için önemli bir ekonomik değerdir. Atık olarak gördüğümüz cam, metal ve kağıtların ayrıştırılarak yeniden işlenmesi Türkiye'ye, milyonlarca dolar şeklinde geri dönmektedir. Türkiye'de yılda yaklaşık bir milyon ton atık geri kazanılmaktadır. Türkiye, bu atıkların geri kazanımı sayesinde her yıl ortalama 300 trilyon lira kazanç elde etmektedir. Bu oran bir çok Avrupa ülkesinden yüksek olmaktadır. Hatta Türkiye, pet şişe toplama ve değerlendirmede İsviçre'den sonra dünyada ikinci sırada yer almaktadır[1].

Geri kazanım konusunda öncü kuruluşlardan İSTAÇ, çöplerden oluşan metan gazının elektrik enerjisine; mutfak ve bahçe atıklarından oluşan organik atıkların kompost yani gübre üretimine dönüşmesi konusunda çalışmalar yapmaktadır. Günlük 700ton kapasiteli Kemerburgaz Kompos ve Geri Kazanım Tesisi'nde her gün 200ton kompost elde etmektedir. Kemerburgaz vahşi depolama alanı rehabilite edilmiş ve bu rehabilitasyon sonunda 15 yıl süreyle 100 bin nüfusa hitap edecek ve çöpten çıkan gazlardan günlük dört megavatlık elektrik üretilmesi planlanmaktadır [13].

1991'de kurulan Çevre Koruma ve Ambalaj Atıkları Değerlendirme Vakfı (ÇEVKO)'da kullanılmış ambalajların değerlendirilmesi, ekonomik ve kalıcı bir geri dönüşüm sisteminin yerleşmesi için faaliyet göstermektedir. ÇEVKO, 2006 yılı itibaren "Ambalaj ve Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği" uyarınca, Çevre ve Orman Bakanlığı'nın kararı ile, her çeşit ambalaj atığının geri kazanımı konusunda "Yetkilendirilmiş Kuruluş" unvanını aldı. ÇEVKO' ya katılan firma sayısının 240'ı aştığı ifade edilmektedir[14].

#### **3.4.1. Kağıt Ambalajlar**

Değerlendirilebilir nitelikli atıkların ağırlıklı olarak yarısından fazlasını kağıt ve karton oluşturmaktadır. Kağıdın hammaddesi olan selüloz son derece kıymetli bir madde olup kaynağı ormanlarımız ve özel yetiştirilen bitki türleridir. Bu nedenle, belki de en kıymetli atık cinsi kağıt ve kartondur. Kağıt ve karton atıkların sağlıklı

bir şekilde geri kazanımını sağlamak için, diğer tüm atıklarda olduğu gibi, bu atıklarında temiz şekilde toplanması ve cinslerine göre ayrılması şarttır.

Meşrubat ve içecek kartonları olarak adlandırdığımız ambalaj türü de geri dönüştürülebilmektedir. Bu tür içecek kartonlarının atıkları küçük parçalara ayrılır ve yüksek ısıda preslenerek dayanıklı levhalar haline getirilir. Geri dönüşüm işlemi sonucunda bu levhalardan masa, sandalye ve dolap gibi mobilyalar üretilebilir veya inşaat sanayinde yardımcı malzeme olarak kullanmak mümkündür [1]. Tablo 3.2'de Türkiye'deki 2000 ile 2004 yıllarındaki kağıt geri dönüşüm oranları verilmektedir.

**Tablo 3.2.** Türkiye'de yıllara göre kağıt geri dönüşüm oranları (Öztürk,2005)

Yıllar	2000	2001	2002	2003	2004
Dönüşüm %	%36	%44	%42	%43	%44

1 ton kullanılmış kağıdın geri kazanılması ve kağıt üretiminde tekrar kullanılmasıyla 17 adet yetişmiş çam ağacının kesilmesi, 36 ton sera gazı CO<sub>2</sub> atmosfere atılması, 4100 kWh elektrik enerjisinin israf edilmesi, 267 kg kirletici gazın atmosfere atılması, 1750 litre fuel-oilin israf edilmesi, 3-4 m<sup>3</sup> depolama alanı tasarruf edilmesi, 85 m<sup>2</sup> ormanlık alanın tahrip edilmesi, 38,8 ton suyun israf edilmesi önlenmiş olacaktır[15].

Atık kağıt ülkemiz için çok değerli bir hammadde kaynağı olup, toplama oranının da ihtiyaca paralel olarak ilk aşamada en azından %50 seviyelerine yükselmesi gerekmektedir. Üretilen kağıt-karton'un bir kısmının geri kazanılması mümkün olmadığı göz önüne alınırsa 2/3'lük geri dönüş oranı (%65) en yüksek verim olarak kabul edilmelidir. Genellikle %50-65 oranı oldukça iyi bir değerlendirme sayılmaktadır. Örnek vermek gerekirse, Avrupa Birliği ülkeleri içerisinde Almanya %72, Avusturya %69, Hollanda %64, İsviçre %63, İsveç'te ise %55 ortalama ile en yüksek geri dönüş oranına sahip ülkelerdir. Ancak, atık kağıt kalitesinin iyileştirilmesi ve kullanım alanlarının artırılması, ülke ekonomisi bakımından kaçınılmazdır[16].

### 3.4.2. Plastik Ambalajlar

Dünyada üretilen petrolün %4 kadarı plastik üretiminde kullanılmaktadır ve bu %4 petrolden elde edilen plastiğin % 20-25 kadarı ambalaj sektöründe kullanılmakta,

bunun da %50 kadarı dayanıklı ambalajları (plastik variller, bidonlar, çöp kutuları) oluşturmakta, geri kalanı da Türkiye'deki çöp kompozisyonundaki yerini almaktadır.

Plastiklerin; doğada parçalanmaları için geçen ömürleri genellikle ağaç ve kağıda göre yüksek, cam, demir, alüminyum, nikel gibi inorganik yapıda ki malzemelere göre de çok düşüktür. Plastikler tabiiatta ancak fiziksel olarak parçalanabilmekte ve ömürleri 100 yılın üzerinde olmaktadır. Ayrıca hem plastik tüketimindeki artış ve hem de bunların kullanılma sürelerinin kısa olması dolayısı ile atılan atık miktarında da artışlar olmaktadır.

Plastik ambalajların geri dönüşümü, merkezi katı atık ayırma sistemine gelen plastik atıkların türlerine ve kullanılacak dönüşüm yöntemine göre ayrılır. Plastik materyallerin geri dönüşümü için üç yöntem kullanılmaktadır. Bunlardan birinci; parçalanmış halde bulunan plastiklerin yeniden işlenmesidir ki bu şekilde elde edilmiş olan bir ambalaj materyali halen tüketicinin kullanımına sunulmamıştır. İkinci yöntem ise plastik malzemenin fiziksel olarak temizlenmesi ile geri kullanımıdır. Üçüncü yöntemde de polimerlerin kimyasal yapıları değiştirilmektedir. Bu yöntemle elde edilen plastik malzemelere örnek; pet şişelerdir.

Geri dönüşüm sayesinde ham maddelerin azalması ve doğal kaynakların tükenmesi önlenecek, böylelikle ülke ekonomisine katkı sağlanacaktır. Polietilen ve polipropilen türü plastik atıklar küçük ölçekli çok sayıda işletme tarafından geri kazanılıyor. Yılda yaklaşık 150-200 bin ton civarında atık plastik işlenerek geri dönüştürülmektedir. Atık PET şişeler ise tekrar elyaf olarak değerlendirilmektedir. Her yıl 10 bin tondan fazla PET şişe geri kazanılmaktadır.

### **3.4.3. Cam Ambalajlar**

Cam üretiminde kullanılan hammaddelerin kaynağından çıkarılması ve üretimi esnasında çevreye zarar verilmektedir. Geri kazanımla bu olumsuz etkiler azaltılabilmektedir.

Cam üretimi için gerekli olan enerji, ısı ile sağlanır. Cam üreticilerinin enerji tasarrufu sağlamak için kullandıkları yöntemlerden biri kullanılan şişelerin geri kazanılmasıdır. Kırılmış cam materyaller, diğer hammaddelerle birlikte eritilerek geri kazanılabilir. Ocağa ne kadar kullanılmış cam ilave edilirse, daha az ısı gerekir. Bunun nedeni geri kazanılan camın, kum, soda külü ve kireçten daha düşük

sıcaklıkta erimesidir. Eritme ocağında tamamen kullanılmış cam ürünler eritildiğinde, enerji tüketiminde % 25 azalma sağlanmaktadır[1].

Kalitesinde herhangi bir değişiklik olmaksızın %100 geri dönüştürülebilen ve sonsuz defa ikincil hammadde olarak tekrar üretime dahil edilebilen cam ambalaj atıklarının küçük bir bölümü, cadde ve sokaklarda yerleştirilmiş kumbaralar ile kaynağından ve toptancılardan satın alımla toplanır. Kalan büyük bölüm ise, atık depolama alanlarında ambalaj atıklarını ayırma faaliyetlerinde bulunan çöplük işletmecileri ve diğer hurdacı tedarikçilerden temin edilir. Böylece kumbaralar ve toplayıcılar olmak üzere iki ana kanalla geri dönüşüm tesislerine ulaşan cam ambalaj atıkları ikincil hammadde olarak kullanılır[17].

1970'den 2006 yılına kadar yaklaşık 1,5 milyon ton cam ambalaj atığı geri dönüştürülmüştür. Bu sayede yenilenemeyen doğal kaynaklardan yaklaşık 1,7 milyon ton hammadde ve 35 bin ton fosil yakıt tasarrufu sağlanmıştır.

2005 yılında %32 hedefine göre geri kazanılmakla yükümlü olunan 86.500 tonun üzerine çıkılmış ve 96.000 ton cam ambalaj atığı geri dönüştürülerek %35,7 oranına ulaşılmıştır. Geri dönüştürülen cam ambalaj atığı miktarı 2004 yılına göre %20 artış göstermiştir[18].

#### **3.4.4. Alüminyum Ambalajlar**

Boksit gibi doğal kaynaklardan alüminyum üretmek oldukça pahalı ve aşırı enerji gerektiren bir sistemdir. Bu yüzden alüminyum geri kazanımı önemlidir. Alüminyum dünyada en fazla kullanılan demir dışı metaldir. Kullanılmış alüminyumdan, alüminyum üretildiğinde %95 daha az enerji tüketilir, işçilik ve yatırım maliyeti en aza düşer.

Alüminyum üretiminde en önemli hammadde kullanılmış alüminyumdur. Alüminyum malzemeler %100 geri kazanılabilir. Kullanılmış alüminyum geri kazanılarak sadece katı madde miktarı azaltılmaz aynı zamanda boksit madeni doğal kaynağı ve enerji korunmuş olur. Tablo 3.3'de alüminyumun Avrupa ülkelerindeki pazar payı ve geri kazanma oranları verilmektedir[1].

**Tablo 3.3.** Avrupa ülkelerinde pazar payı ve geri kazanma oranları( Armağan ve diğ.,2006)

Ülkeler	Alüminyumun Marketteki Payı(%)	Geri Kazanma Oranı(%)
Almanya	14	70
İngiltere	78	28
İtalya	97	35
Yunanistan	100	34
Avusturya	70	50
İsveç	100	91
İrlanda	86	18
Fransa	35	14
İspanya	40	14
Benelux	21	10
İsviçre	100	85
İzlanda	100	80
Portekiz	68	17
Türkiye	77	40
D. Avrupa	40	İhmal
TOPLAM	55	35

Kullanılmış alüminyum geri kazanılması demek, daha az enerji ve hammadde tüketimi demektir. Kullanılmış alüminyumdan alüminyum üretilerek sera gazı emisyonu %95 ve atık su kirlenmesi %97 oranında azaltılabilir. On adet alüminyum içecek kutusu geri kazanıldığında, 100 kWh'lik bir lambanın 35 saatte veya bir TV'nin 30 saatte harcadığı elektrik enerjisi korunmuş olmaktadır.

İçecek kutuları, folyolar, levhalar, alüminyum pencere çerçeveleri ve bahçe mobilyaları, bazı mutfak kapları ve kablolar geri kazanılabilir maddelerdir. Alüminyum içecek kutuları su ile çalkalandıktan sonra ezilerek mavi renkli geri kazanma kutusuna veya torbasına konur. Ezilmeden konursa geri dönüşüm kabında büyük yer işgal eder. Taş, kağıt ve sigara gibi yabancı maddeler alüminyum kutu içine atılmamalıdır. Bu gibi maddeler geri kazanma işlemini ve maliyetini zorlaştırır ve artırır[1].

A.B.D.'de kullanılan alüminyumun %65'i yani 2/3'ü geri kazanılmaktadır. A.B.D.'de yılda bir milyar kg'dan fazla kullanılmış alüminyum çöpe atılmaktadır. Örneğin İstanbul'daki katı atık içinde %5.8 ve Bursa'dakinde ise %4 oranında metal bulunmaktadır.Yani her yıl İstanbul'da 180.000 ton çok değerli, geri kazanılabilir

metal malzemeler depolama alanında israf edilmektedir. Bu malzemeler geri kazanılsa ekonomiye katkısı en az 30 milyon dolar olacaktır[19].

### **3.4.5. Demir-Çelik Geri Kazanımı**

Hurdadan demir ve çelik üretimi, son derece enerji isteyen, yoğun ve masraflı bir işlemdir. Sürekli döküm süreci daha az enerji fakat çok fazla ilk yatırım sermayesi gerektirmektedir. Sürekli döküm hurdaya olan talebi gerektirmektedir. ABD'nin çelik üretiminin sadece %21'i sürekli döküm türündedir. Halbuki bu oran Doğu Avrupa'da %82, Japonya'da %60'dır. ABD'de evsel katı atıkları içinde demir kökenli atıkların oranı %6-10 arasındadır. ABD hurda demir ve çelikte net uluslar arası dünya ticaretinin %75'ini gerçekleştirmektedir. Bu değer Almanya'da %5 civarındadır. Türkiye'deki duruma baktığımızda üretilen demir ürünlerinin 2/3'ü hurda demirden 1/3'ü ise demir cevherinden elde edilmektedir. Yukarıda verilen örneklerle kıyaslama yaptığımızda gelişmiş ülkelerde, Japonya hariç, bu değerler tersine olup demir üretiminin büyük oranı ham maddeden, demir cevherinden elde edilmektedir. Bu nedenle ülkemizin demir üretimi demir hurdası ithaline bağlı olarak devam etmektedir [1].

Çelik levhaların kesilmesi esnasında oluşan kırpıntılar çelik üretiminde kullanılan en değerli maddelerdir. Her çelik üretme fırını, gerçekte bir çelik geri kazanma tesisidir. Çünkü çelik üretme fırınlarında çelik kırpıntıları beslemenin en önemli hammaddesidir.

1000 kg. kullanılmış çelik geri kazanılıp tekrar çelik üretiminde kullanıldığı zaman 1050 kg. demir cevheri, 454 kg. kok kömürü ve 55 kg. kireç taşı az kullanılır. Hammaddeden çelik üretimine göre 1/4 oranında daha az enerji tüketilir. Yani %75 oranında enerji tasarruf edilir. Bir kg. çelik geri kazanıldığında 2720 Kcal enerji kaynağı veya 120 wattlık elektrik enerjisi korunmuş olunur. Çelik kırpıntılardan %99.9 oranında çelik üretmek mümkündür. Kullanılmış çelikten çelik üretildiğinde su kirliliği ve hava kirliliği 1/4 oranında azalır.

Geri kazanılmış çelikten yeni araçlar, köprüler, buzdolapları, sobalar, çamaşır ve bulaşık makinesi, inşaat malzemeleri yapmak mümkündür. İnşaat ve yıkıntı atıklarından eski metalleri genelde yoğun olarak beton, odun ve metal olmayan kirleticiler içerir. Metal olmayan atıklar uygun şekilde bertaraf edildikten sonra çelik tesislerinde işlenerek tekrar inşaat malzemesi üretmek mümkündür.

Çelik üretiminde demir cevheri yerine çelik kırıntıları kullanılmasıyla enerji tasarrufu %70'in üzerinde sağlanır. Baca gazı kirliliği %30 ve atıksu kirliliği ise %60-70 azaltılmış olur. Balyalanmış çelik kırıntıların spesifik ağırlığı 1214-1285 kg/m<sup>3</sup>'dür[20].

### **3.4.6 Tekstil Geri Kazanımı**

Tekstil atıkları aynı cinsten ipliklerin üretiminde, özel yer halısı yapımında, yatak, mobilya ve giyim eşyalarının dolgularında kullanılmaktadır. Türkiye'de yün, pamuk ve sentetik elyafta yaygın bir geri kazanma vardır. Bunların kaynakları eski giysiler ile konfeksiyon endüstrisinden gelen makas artıklarıdır. Genelde dünyadaki yıllık yün üretimi tüketimi karşılayamamaktadır. Bu nedenle yünde geri kazanma tekstil sektöründe ilk ve en yaygın geri kazanma olmuştur. Tekstil atıkları, a)Merinos, b)diğer yapağı hayvan kılları, c)kıl lifleri d)suni elyaf ve suni elyaf harmanları e)pamuklular olmak üzere 5 sınıfa ayrılmaktadır.

Elde edilen tekstil atıkları muhtelif temizleme, tarak ve benzeri cihazlarla taranıp çekilerek ve bazı makinalarla yolunarak lifler elde edilir. Daha sonra üretilecek ipliğin cinsine göre tümüyle atıktan veya bakiye malzeme ile atık karışımından yapılmış malzemeler elde edilmekte, bunlardan önce iplik üretilmekte daha sonra boyama, dokuma ve diğer aşamalar gelmektedir. Geri kazanma konusunda diğer sektörlerde olduğu gibi tekstilde de hurda ihracatının teşvik edilmesi gerekmektedir[1].

#### **4. YASAL ÇERÇEVE**

Katı atık yönetimi alanında yürürlükte olan pek çok yönetmelik ve direktif bulunmaktadır. Yeni kurulacak olan bir sistemin Avrupa Birliği (AB) Direktifleri ve Ulusal Yönetmelikler ile uyum içerisinde olması gerekmektedir. Ulusal katı atık mevzuatının AB ile uyumlaştırılması çalışmaları devam etmekte olup henüz tam uyum sağlanmış değildir. Bu nedenle çalışma projelerinin hedefleri belirlenirken her iki mevzuatta da yer alan koşullar gözetilmektedir. AB ile Türk mevzuatının hedefler veya uygulama takvimi açısından birbiri ile çelişmesi durumunda daha sıkı olan standart uygulanmaktadır [1].

Bu bölümde katı atık yönetimi ile ilgili yasal çerçeve genel hatlarıyla belirlenmiş olup AB ile Ulusal atık mevzuatının önemli hedefleri gözden geçirilmiştir.

##### **4.1.Ulusal Atık Mevzuatı**

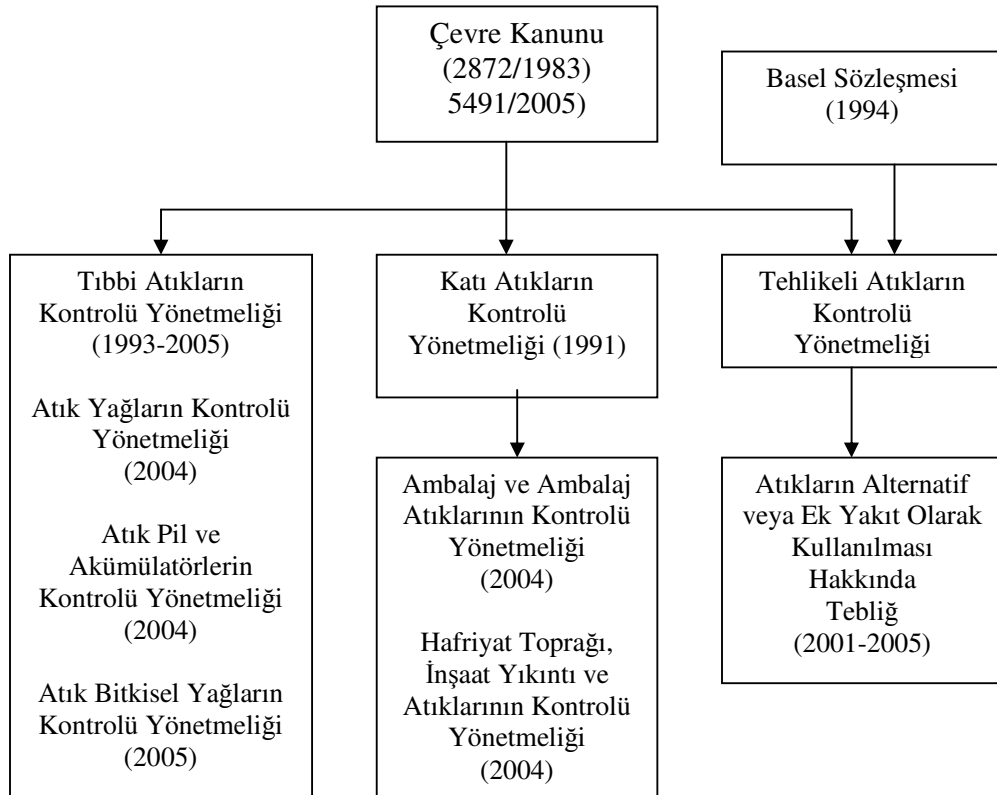
Çevre Kanunu olmak üzere tüm mevzuat ve uygulamalarda AB'nin genel çevre politikalarında yer alan hususlar ön planda tutulmaktadır. Bunlar;

- “Kirlilik Kontrolü” kavramı yerine “Kirliliğin Önlenmesi” kavramının ön planda tutulması,
- Kirliliğin kaynağında önlenmesi,
- Atıkların minimuma indirilmesi,
- En iyi teknik ve teknolojilerin kullanılması,
- Enerjinin verimli kullanılması,
- İzleme-denetim sisteminin etkin uygulanması,
- Kirleten öder prensibinin uygulanması.

AB direktifleri kapsamında günümüz ihtiyaçlarına cevap verebilecek bir duruma getirebilmek için; “Çevre Kanununda Değişiklik Yapılmasına Dair Kanun” (5491) 13.05.2006 tarihli Resmi Gazete yayımlanarak yürürlüğe girmiştir. Bu Kanunun amacı, bütün canlıların ortak varlığı olan çevrenin, sürdürülebilir çevre ve sürdürülebilir kalkınma ilkeleri doğrultusunda korunmasını sağlamaktır[21].

Atık yönetimi ile ilgili Ulusal mevzuat, katı atıklar, ambalaj atıkları, tehlikeli atıklar, tıbbi atıklar ile inşaat, yıkıntı ve hafriyat atıklarının kontrolü üzerine odaklanmıştır. Şekil 4.1.'de Türkiye'deki mevcut katı atık mevzuatı sunulmakta ve ayrıca Türkiye'de hali hazırda yürürlükte olan ilgili yönetmeliklerin listesi ise aşağıda verilmektedir:

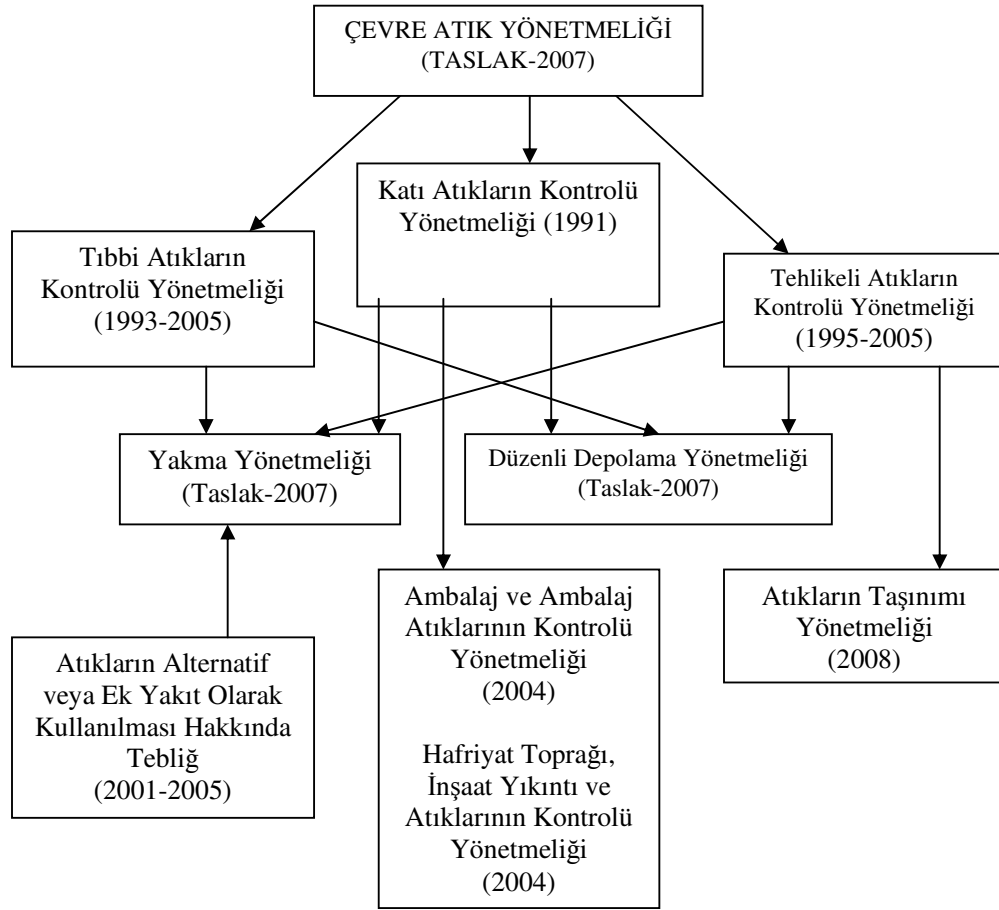
- Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (KAKY, 1991),
- Ambalaj ve Ambalaj Atıkları Yönetmeliği (AAKY, 2004),
- Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (TAKY, 1993),
- Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (TeAKY, 1995),
- Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği (İYAKY, 2004),
- Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği



**Şekil.4.1.** Türkiye'deki mevcut katı atık mevzuatı ( Sarıkaya, 2006)

Kentsel katı atıklar (KKA) için bir yönetim sistemi oluşturulmasında en belirleyici yönetmelikler Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği ile Ambalaj ve Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmelikleri olmaktadır.

Şekil 4.2.'de AB uyum süreci çerçevesinde mevzuatımızdaki yapılan ve yapılacak olan değişimler sunulmaktadır.



Şekil 4.2. AB Uyum sürecinde uyumlaştırılan katı atık mevzuatı( Sarıkaya,2006)

#### 4.1.1. Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği

1991 yılında T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Tarafından yürürlüğe sokulmuş olan Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, atık yönetimi konusunda idari ve teknik açıdan pek çok hüküm içermektedir. Dolayısıyla Türkiye’de katı atık yönetimine ilişkin bütün işlemlerde söz konusu yönetmelik hükümleri bağlayıcı niteliktedir. Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği’ne göre Belediyeler, çevre kirliliğini azaltmak, evsel ve evsel nitelikli endüstriyel katı atıkların çevreye zarar vermeden bertarafını sağlamak, evsel katı atıklar içerisindeki değerlendirilebilir maddeleri sınıflandırarak ayrı toplamak, dolayısıyla katı atık depo sahalarından azami istifade etmek ve ekonomiye katkıda bulunmakla yükümlüdürler[10].

#### 4.1.2. Ambalaj ve Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği

Yeni Ambalaj ve Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği, Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından 2004 yılında yürürlüğe konulmuştur. Yönetmeliğe göre sorumlu ekonomik işletmeler, üretmiş oldukları ambalaj atıklarının ağırlık itibari ile en az %60'ını geri kazanmakla yükümlüdürler[22]. Az atık üretilmesi, üretilen atıkların geri kazanılması ve çevreye en az zarar verecek şekilde bertaraf edilmesi ilkelerini getiren Katı Atık Kontrolü Yönetmeliği'nin amaçlarından biri de, özellikle doğada parçalanması uzun zaman alan ambalaj atıklarının kullanımının ve atık oranının kontrol altına alınması ve üretilen atıkların geri kazanılmasıdır[1]. Geri kazanım hedefleri, yönetmeliğin yürürlüğe girdiği tarihten bir yıl sonra başlayarak 2014 yılına kadar kademeli olarak sıkılaştırmaktadır. Ambalaj ve Ambalaj Atıkları Yönetmeliğinin hedefleri aşağıdaki tablo 4.1.'de sunulmaktadır.

**Tablo 4.1.** Geri kazanım hedefleri (AAKY, 2004)

Ambalaj Cinsi	Geri Kazanım Oranları									
	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Cam	32	35	37	40	43	45	48	52	56	60
Plastik	32	35	37	40	43	45	48	52	56	60
Metal	30	33	35	38	42	45	48	52	56	60
Kağıt/Karton	20	30	35	38	42	45	48	52	56	60

Tablodan görüldüğü üzere yönetmelik, 2014 yılında %60'lık ambalaj atıkları geri kazanım hedefine ulaşılmasını amaçlamaktadır. Bu aynı zamanda Ulusal mevzuatta geri kazanım için nihai değer %60'a sabitlendiği anlamına gelir.[22] Söz konusu hedefler mevcut durumda dahi yüksek oranda geri kazanılabilen kağıt, karton ve cam bileşenleri için daha kolay erişilebilir nitelikte olup metal ve plastik malzemenin geri kazanımında nispeten iddialıdır. Bu durum, Türkiye'de ambalaj atığı geri kazanım oranının halihazırda %30 mertebesinde olduğu düşüncesine dayanmaktadır[1].

#### 4.1.3. Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği

1993 yılında T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı Tarafından yürürlüğe sokulmuş olan Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (TAKY), tıbbi atık yönetimi konusunda idari ve teknik açıdan pek çok hüküm içermektedir.

Bu yönetmeliğin amacı, tıbbi atıkların üretiminden bertarafına kadar; çevreye ve insan sağlığına zarar verecek şekilde doğrudan veya dolaylı bir biçimde ortama

verilmesinin önlenmesine, çevreye ve insan sağlığına zarar vermeden kaynağında ayrı olarak toplanması, ünite içinde taşınması, geçici depolanması, taşınması ve bertaraf edilmesine yönelik prensip, politika ve programlar ile hukuki, idari ve teknik esasların belirlenerek uygulanmasına ilişkin usul ve esasları düzenlemektedir[23].

#### **4.1.4 Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği**

Tehlikeli Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği (TeAKY), Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından 1995 yılında yürürlüğe konulmuştur. Bu Yönetmeliğin amacı, tehlikeli atıkların, üretiminden nihai bertarafına kadar;

- İnsan sağlığına ve çevreye zarar verecek şekilde doğrudan veya dolaylı biçimde alıcı ortama verilmesinin önlenmesine,
- Üretimini ve taşınmasının kontrolünün sağlanmasına,
- İthalinin yasaklanmasına ve ihracatının kontrolüne,
- Yönetiminde gerekli teknik ve idari standartların sağlanmasına,
- Üretimini kaynağında en aza indirilmesine,
- Üretimini kaçınılmaz olduğu durumlarda, üretildiği yere en yakın mesafede bertaraf edilmesine,
- Yeterli bertaraf tesisi kurulması ve bu tesislerin çevresel bakımdan sağlıklı bir şekilde kontrolüne,
- Çevreyle uyumlu yönetiminin sağlanmasına,

yönelik prensip, politika ve programların belirlenmesi için hukuki ve teknik esasları düzenlemektedir[24]. Yönetmelikte, atık tanımı, atık üreticisinin sorumlulukları, atık toplama, taşıma, depolamada kayıt ve lisans, atık taşımada bilgi formunun düzenlenmesi konuları tanımlanmaktadır. Ancak, yeterli ayrıntıda uygulama kuralları bulunmamaktadır[1].

#### **4.1.5. Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği**

Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği (İYAKY), Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından 2004 yılında yürürlüğe konulmuştur. Bu Yönetmeliğin amacı; hafriyat toprağı ile inşaat ve yıkıntı atıklarının çevreye zarar vermeyecek şekilde öncelikle kaynaktan azaltılması, toplanması, geçici biriktirilmesi, taşınması, geri kazanılması, değerlendirilmesi ve bertaraf edilmesine ilişkin teknik ve idari hususlar ile uyulması gereken genel kuralları düzenlemektir.

Beşeri faaliyetler ve doğal afetler sonrasında meydana gelen hafriyat toprağı ile inşaat ve yıkıntı atıklarının, üretildikleri yerlerde ayrı toplanması, geçici olarak biriktirilmesi, taşınması, geri kazanılması, değerlendirilmesi ve bertaraf edilmesine ilişkin esasları kapsamaktadır[25].

#### **4.2. Belediyelerin Yasal Yükümlülükleri**

Belediye Kanunu'na (BK, 1983) göre Belediyeler, kendi sınırları içerisindeki temizlik, sağlık ve katı atık hizmetlerinin yerine getirilmesiyle yükümlüdür. Kanun benzer şekilde, katı atıkların toplanması, taşınması, ayrılması, geri dönüşümü, bertarafı ve depolanmasıyla ilgili tüm hizmetlerin bizzat yapılması veya yaptırılmasından Belediyeleri sorumlu tutar. Ambalaj ve Ambalaj Atıkları Yönetmeliği'ne(AAKY, 2004) göre Belediyeler, ambalaj atıklarının ikili toplanması için bir yönetim planı hazırlamak ve bu planı uygulamakla, toplama noktaları belirlemek ve geri kazanım tesisleri kurmakla, söz konusu tesislerinin lisans geçerliliklerini takip etmekle, toplama araçları temin etmekle, Çevre ve Orman Bakanlığı'na ambalaj atıkları ve ayrı toplama işlemleri konusunda bilgi vermekle ve esas olarak depolanacak toplam ambalaj atığı miktarını azaltmakla yükümlüdür.

Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'ne(KAKY, 1991) göre, hastane, klinik ve laboratuarlardan kaynaklanan tıbbi atıklar ile evsel atık içerisindeki geri kazanılabilir atıklar, atık pil ve akümülatörler, atık lastikler, elektrikli ve elektronik ekipman atıkları(EEEA) ve hacimli atıklar kentsel katı atıklardan ayrı toplanmalıdır. Dolayısıyla Belediyeler, söz konusu atıkların atık üreticileri tarafından kaynağında ayrı toplanmasını sağlamakla yükümlüdürler. Tıbbi atıkların ve evsel nitelikli tehlikeli atıkların bertarafı Belediyeler için sırasıyla Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (TAKY, 1993) ve Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (TeAKY,1995) tanımlanmıştır.

Belediyeler, hizmet alanlarında oluşan inşaat ve yıkım (İ&Y) atıklarının geri kazanımı ve bertarafı için bir plan hazırlamakla ve geri kazanım/depolama tesisleri için alan göstermekle yükümlüdür. Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği'ne (İYAKY, 2004) göre yapılacak olan bu tesisler için Belediyeler lisans verebilecekleri gibi bizzat kendileri de kurabilirler[26].

### **4.3. AB Atık Mevzuatı**

1990'ların başında Avrupa birliğinin önde gelen ülkelerinden Hollanda, Almanya ve İsveç artan atık miktarlarıyla ilgili kendi ulusal politikalarını geliştirmişlerdir. Daha sonra bu oluşturulan ulusal politikalar tüm AB üyelerini kapsamına alarak genişletilmiştir. AB mevzuatı katı atık yönetimi alanında pek çok direktif içermektedir. Söz konusu mevzuat içerisinde Düzenli Depolama Direktifi ile Ambalaj ve Ambalaj Atıkları Direktifi, bölgesel atık yönetim stratejisi oluşturulurken başvurulması gereken yürürlükteki iki temel direktiftir[27].

#### **4.3.1. Düzenli Depolama Direktifi**

AB Düzenli Depolama Direktifi'nin (LD, 1999) amacı, düzenli depolama sürecinde oluşan kirleticilerin havaya, toprağa, yüzeysel sulara, yeraltı sularına ve nihayetinde insan sağlığına olumsuz etkilerini önlemek veya azaltmak amacıyla düzenli depolama ihtiyacını en aza indirmektir. Direktif, düzenli depolama tesisleri için yerleşim, tasarım, izleme ve kapanma sonrası bakım ile ilgili somut şartlar getirmektedir. AB üyesi devletler için mevcut atık depolama alanlarının Temmuz 2009'a dek bu kurallara uyacak hale getirilmesi ya da kapatılması gerekmektedir.

Düzenli Depolama Direktifi'nin en önemli özelliği, depolanacak biyolojik olarak ayrışabilir atık miktarına oldukça iddialı kısıtlar getirmesidir. Kentsel katı atığın biyolojik olarak parçalanabilir atık (BPA) bileşeni, zaman içerisindeki sabit bir değer referans noktası alınarak kademeli olarak azaltılmalıdır. Direktifin, 1995 yılında oluşan Kentsel katı atığının %80'ini depolayan üye ülkeler için öngördüğü düzenli depolamaya kabul edilecek BPA kotaları aşağıdaki gibidir:

- 2010 yılı için 1995 yılındaki biyolojik olarak ayrışabilir atık miktarının %75'i
- 2013 yılı için 1995 yılındaki biyolojik olarak ayrışabilir atık miktarının %50'si
- 2020 yılı için 1995 yılındaki biyolojik olarak ayrışabilir atık miktarının %35'i

Bu hedefler özellikle yüksek nüfus artışı gözlenen ülkeler için iddialı hedeflerdir. AB üyesi ülkelerin aksine Türkiye yüksek nüfus artış hızına ve dolayısıyla yıllar içerisinde giderek artan atık oluşumuna sahip bir ülkedir. BPA'nın depolanması ile ilgili kota geçmiş zamandaki bir değere sabitlendiği için, özellikle %35'lik son hedef ulaşılması oldukça güç gözükmektedir[26].

### 4.3.2 Ambalaj ve Ambalaj Atıkları Direktifi

Ambalaj ve Ambalaj Atıkları Direktifi'nin (PWA, 1994) amacı Avrupa genelinde uluslararası ambalaj atıkları yönetimi esaslarını oluşturmaktır. Bu şekilde KKA'nın ekonomik olarak değerli olan kısmı geri kazanılacak ve imalat sektörüne ham madde olarak geri döndürülecektir. Ambalaj atıklarının geri kazanımı aynı zamanda depolamaya giden KKA miktarının azaltılmasını sağlar.

Ambalaj Atıkları Direktifi, ambalaj atıklarının geri dönüşümü ve geri kazanımı için 2008 yılı için aşağıda verilen nicel hedefleri belirlemektedir:

- Cam - 60%
- Kağıt ve karton - 60%
- Metal - 50%
- Plastik - 22,5%
- Ahşap - 15%
- Toplam geri dönüşüm -55-80%
- Toplam geri kazanım ->60%

AB üyesi ülkeler direktifin bu hedefleriyle uyum için dört yıllık bir geçiş süresine sahip olmaktadır. Bir başka deyişle söz konusu hedeflerin en geç 2012 yılı sonuna kadar sağlanması gerekmektedir[26].

## 5. DÜZENLİ DEPOLAMA

Düzenli katı atık depolama alanları, atıkların depolanması için kullanılan kalıcı sahalar da dahil olmak üzere atıkların seçilen bir depolama alanı üzerine düzgün bir şekilde yığılması ya da gömülmesi (ör: terk edilmiş maden ocaklarına) için kullanılan sahalardan oluşmaktadır. Diğer atık bertaraf yöntemleri ile karşılaştırıldığında düzenli depolama, nihai bir bertaraf yöntemi olarak görüldüğü ve daha ekonomik bir alternatif olduğu için genellikle tercih edilmektedir[2].

Ülkemizde düzenli depolama tesisine sahip olan illerin sayısı sınırlı olmakla birlikte, T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı tarafından en son Mayıs 2006 itibariyle bildirildiği üzere toplam 12 ilde toplam 19 düzenli depolama tesisi bulunmaktadır. Düzenli depolama tesisi mevcut olan iller aşağıdaki tabloda verilmektedir[28].

**Tablo 5.1.** Düzenli Depolama Tesisi Olan İller (MIMKO, 2006)

	İl	Tesis sayısı	Açıklama
1	İstanbul	2	Asya yakası, Avrupa yakası
2	İzmir	4	İzmir, Foça, Patara, Göcek
3	Antalya	2	Antalya, Manavgat
4	Bursa	1	-
5	İzmit	1	-
6	Gaziantep	1	-
7	Muğla	3	Marmaris, Datça, Ortaca
8	Aydın	1	Didim
9	Balıkesir	1	-
10	Denizli	1	-
11	Isparta	1	-
12	Samsun	1	-

## 5.1. Düzenli Depolama Yer Seçimi

Düzenli depolama yer seçimindeki teknik ve ekonomik kriterler, ulusal kanunlar ve yerel yönetimler tarafından belirlenmektedir. Düzenli depolama alan seçiminin içerdiği kriterler değişebilmektedir, ama genel olarak çerçevesi yeraltısuyunun korunması, yüzey suyunun korunması, yerin elde edilme maliyeti, direk etkilenenlerin varlığı, taşıma mesafesi, yol alt yapısı, tarihi ve/ya doğal çevrenin önemi olarak söylenebilmektedir. Ayrıca kriterlere verilen önemlerde siyasiler ve halk arasında çelişkiler doğabilmektedir[29].

Başarılı bir yer belirleme gerçekleştirmek için, birçok önemli çevresel ve politik engelleri aşmak gerekmektedir. Karar verenlerin ikna olması ve önerilen alanın kabulü için halkın onay vermesi başarılı bir yerleşim süreci öncesi için gerekli olmaktadır. Düzenli depolama alanı seçerken bir çok faktör göz önüne alınmaktadır. Düzenli depolama alanının değerlendirilmesi için gerekli olan faktörler; yüzeyin eğimi, toprağın özelliği, yer altı suyunun derinliği, yüzey suyuna yakınlık, nadir yada yok olma tehlikesi altındaki canlıların varlığı, yerleşik alanına uzaklık, kutsal ve arkeolojik alanlar, alan kullanımı, alt yapı durumu( mesela elektrik, gaz, su, kanalizasyon boruları aktarımı), yerin sismik hareketleri, alanın maliyeti, ana ulaşım yoluna mesafesi, alanın kapasitesi, havaalanı yoluna uzaklığı olarak belirlenmektedir[30]. Atık depolama yerlerinin tespitinde kirlenmesi muhtemel olan çevrenin; nüfus, fauna, flora, jeolojik ve hidrojeolojik özellikleri, doğal afet durumu, toprak, su, hava, iklimsel faktörler, mevcut arazi kullanımı, civardaki arazi kullanımı, gürültü, koku, trafik, mülkiyet durumu, arkeolojik miras, peyzaj özellikleri, görsel çevre etkisi, hassasiyet derecesi faktörleri alan seçiminde gözönünde bulundurulmalıdır[3].

Endüstriyel amaçlarla ayrılmış bölgelerin, ana ulaşım yolarına yakın yerlerin ve bu amaçla kullanıma uygun mevcut kamu arazilerinin yer seçiminde değerlendirmede öncelikle gözönünde bulundurulması gerekmektedir[31].

Düzenli depolama alanının yarattığı trafik( inşaat ve işletim aşamasında) sese, titreşime, yoğun emisyonu, toza, kire, ve görsel bozukluğa yol açabilmektedir. Yetersiz yollardaki taşıma araçları trafikte beklemelere, yollarda yıpranmaya ve çevresel şikayetlere neden olabilmektedir. Aşağıda maddeler halinde bir değerlendirme süreci sunulmaktadır;

- Varolan ulusal/bölgesel yollar ve demir yolu ağlarına yakınlık ve beklenen araç hareketlerinin rotası doğrultusunda ulusal/bölgesel alanlardaki yerleşime en uygun giriş şekli belirlenerek tercih edilmesi,
- Trafığe destek olabilecek yeni yolların yapılması veya yol alt altyapılarının düzenlenmesi,
- Şehir Geliştirme Planı Hedefleri ve Yerel Alan Planları gözden geçirilmesi[32].

Kamuoyu, kendi yerleşim alanlarında ve çevresinde bu tür tesisleri istememektedirler. Sosyoekonomik çevre üzerine etkiler özellikle bu tesislerin fiziksel ve biyolojik çevre üzerine yaratacağı etkilerin uzantısı olarak ortaya çıkmakta ve genelde insanların bu tip tesisleri algılayışı ile ilgili tepkiler doğurmaktadır. Bu nedenle bahse konu tesisler için gerçekleştirilecek projelerden kaynaklanacak sosyoekonomik etkiler yer seçimi aşamasında göz önünde bulundurulmalı ve gerekli halkın katılımı sağlanarak bu etkilerin minimizasyon yolları aranmalıdır[3]. Halk düzenli depolama alanlarına karşı olmaktadır ama genelde karşı oldukları şey doldurma alanların kendi evlerine yakın olmasıdır. Bu, trafiğe, sese, kokuya ve çöpe yeni bir sorun daha ekler ve buda kendi mülklerinin değerinin ve hayat kalitelerinin düşeceği inancı olmaktadır[33]. Düzenli depolama alanlarının yakınındaki mülk değerleri olumsuz etkilenmektedir. Düzenli depolama alanının olumsuz olan çevresel, halk sağlığına ve sosyo-ekonomik sorunlara dair etkileri sıkı düzenlemelere neden olmaktadır ve de düzenli depolama alanı yer seçimi yerel yönetimlerin en zorlu konularından biri olmaktadır[30].

“Koruma alanı” ve “Duyarlı alan” arasındaki fark bir bölge kanunla “korunuyorsa” ve herhangi bir şekilde yapılaşma ya da yatırımlar yasaklanmışsa, böyle bir durumda proje başvurusu yapıldığında, otomatik olarak olumsuz görüş verilir. Duyarlı alanlar ise sıkı şekilde kontrol edilen alanlardır; ancak bu alanlarda yatırım faaliyetleri kesin olarak yasaklanmamıştır. Planlanan projenin uygulanıp uygulanmaması aynı zamanda ilgili kurumların örneğin Çevre ve Orman Bakanlığı ya da Kültür ve Turizm Bakanlığının iznine/onayına bağlıdır.

Türk ÇED Yönetmeliğinin Ek-5’inde (bakınız Ek-A) koruma alanı ve duyarlı alan çeşitleri belirtilmektedir. Bu alanlar üç grupta sınıflandırılmaktadır:

- Ulusal mevzuat uyarınca korunması gerekli alanlar,

- Türkiye'nin taraf olduğu uluslararası sözleşmeler uyarınca korunması gerekli alanlar,
- Duyarlı olduğu bilinen alanlar ya da Onaylı Çevre Düzeni Planlarında korunacak alan olarak tesbit edilen alanlar (örneğin sulak alanlar, arazi kullanım kabiliyeti yüksek olan tarım alanları, orman alanları, biyogenetik rezervler, vb.)[3].

Sulak alanlar ve taşkın alanları kesinlikle kabul görmeyen alanlardır. Taşkın alanları, periyodik olarak su baskınlarına uğrayan alanlardır. Bunlar genellikle, dere, ırmak, göl ve okyanus civarındaki düşük kodlu alanlar olup, büyük miktarda kar erimesi yada sağanaklarla suya maruz kalmaktadır.

Sulak alanlar, geniş bir zaman aralığında oluşmuş çeşitli vahşi hayat ve balık habitatlarını içeren alanlardır. Sulak alanlar, dünyada en verimli ekosistemler arasında yer alan yüksek duyarlıklı yerlerdir. Sulak alanların bazı özellikleri aşağıda verilmiştir:

- Tüm kuş türlerinin üçte biri sulak alanlarda görülür. Bu yerler ayrıca su kuşlarının dinlenme ve yuva yapma alanlarıdır.
- Balıkçılar tarafından yakalanan tüm balık türlerinin önemli bir kısmının yaşam döngüsü sulak alanlara bağlıdır.
- Sulak alanlar erozyonu kontrol eder, su kalitesini iyileştirir, iklimi düzenler.

Tesislerinin inşası ve genişlemesi doğrudan sulak alanlardaki balık ve/veya vahşi hayat habitatlarına zarar verebilmektedir. Ayrıca sulak alanlarda yüksek miktarda stabil olmayan toprak içermesi deponi alanının toprak tabanı için zayıf alanlar oluşturmaktadır[31].

Arazi kullanım sorunu tüm dünyayı ve insanlığı ilgilendiren ciddi boyutlara ulaşmaktadır. Bu durum nüfus patlaması kadar toprağı değerlendirme bakış açısına da bağlıdır. Nüfusun hızla artması, hava, su ve toprağın kirlenmesi, erozyon, değerli tarım ve orman alanlarının amaçları dışında kullanılması, aşırı tahrip, kentleşme vb. sorunlar insanoğlunu yalnız toprağı değil, tüm doğaya bakış açısını değiştirmeye zorlamaktadır.

Türkiye için önemli olan tarım, orman, mera, doğal koruma ve rekreasyon alanları gibi doğal kaynakların değerinin bilinmesidir. Yanlış arazi kullanımlarını önlemek, toprakları daha verimli ve akılcı biçimde kullanmak ve her arazinin kullanım biçiminin kendisi için en uygun şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir. Arazinin kullanım kabiliyeti dışında kullanımı kesinlikle önlenmelidir[34].

Bir katı atık depolama tesisinin inşa edileceği alanın seçimi ile ilgili geoteknik problem, alanın mühendislik özelliklerinin tanımlanmasından ve analizinden oluşmaktadır. Zemin profillinin saptanması, yeraltı suyu koşullarının belirlenmesi, hakim zemin çeşidinin mühendislik ve mukavemet özelliklerinin bulunması için çalışmalar yapılmalıdır. Alanın katı atık depolama sahası olarak gösterebileceği potansiyel performans, özellikle yeraltı suyunda oluşabilecek etkilerin ve stabilitede meydana gelecek değişimlerin gözönüne alınması gerekmektedir [35].

Jeoloji, alanın uygunluğunu ve kirlenmeyi önleyebilme kapasitesini anlaşılabilmesi için yerleşimin yerel yapısının doğru anlaşılması gerekmektedir. Bunu topografi, zemin katmanının karakteri, tertibi ve yüzey toprağının hemen altındaki toprağın dağılımından, hidrojeolojik karakteristiklerinden ve dağılımından öğrenerek sağlanabilmektedir.

Topografi, yüzeyin fiziksel özelliklerini yada arazi bilgisini ifade etmektedir. Bu özellikler eş yükselti eğrileriyle haritada gösterilmektedir. Eş yükselti eğrileri haritası alana girişi yada yapımı zorlaştırıcı eğimli alanları bulmada kullanılır. Belirli bir bölgeye giren yada akan su bölümü eş yükselti eğrileriyle gösterilmektedir. Topografik veri, eğimin olası hatasının değerlendirilmesinde, yüzeyin stabilize olamamasındaki başarısızlığının ifadesinde kullanılmaktadır.

Hidrolojik incelemeler akiferin çeşidinin ve dağılımının değerlendirilmesini kapsamaktadır. Yeraltı suyunun dağılımını, akiferin derinliğini birlikte düşünülmesinde yarar vardır. Yeraltı suyunun kalitesi ve yeraltı su ve yüzey su kaynakları arasındaki etkileşiminin faydalı kullanımlar için korunması gerekliliğini araştırılmaktadır. Yeraltı su seviyesiyle ilgili veriler ve kalitesi burada toplanmalıdır[36].

İdeal bir katı atık depolama sahasının, atık kaynağına yakın, geleneksel taşıma olanaklarıyla nakledilebilir olması, topografik eğiminin az olması gerekmektedir. Sahayı taşıyan jeolojik iskeletin, taşıma gücünün yeterli ve hidrojeolojik özelliklerinin iyi olması gereklidir. Bu ideal ortamları aramak yerine azami uygunluk aranmalı, uygun bulunan özelliklerin yanında yetersiz özelliklerin iyileştirilmesi yoluna gidilmelidir[35].

## 5.2. Seçimde Kullanılan Kriterler

### 1.Zemin Kriterleri

- Permeabilite: Zeminin içinden geçebilen su akımı oranını gösteren özellik kirlenmenin ortama yayılışını etkiler; bu nedenle düşük permeabiliteli zeminler tercih edilmelidir.
- pH: Asitlik ve bazlık göstergesi olarak zeminin ağır metalleri çekmesi ve reaksiyona girmesindeki yatkınlığında belirleyicilik görevi üstlenir. Yüksek pH değerleri tercih edilmektedir.

### 2.Jeolojik Kriterler

- Anakaya: Karbonatlı kayaların çözülme eğilimleri yüksektir, kırıldı kayaların bu kusurlu bölgelerde kirlenmesi hızlanabilecektir.
- Süreklilik: Kirlilik yayılımını kontrol eder.
- Faylar: Kurulacak tesisin potansiyel stabilitesini doğrudan etkiler.

### 3.Yeraltısuyu Kriterleri

- Yeraltı suyu kalitesi (içebilir su standartlarına kıyasla suyun doğal kalitesi)
- Yeraltı suyu akış sistemi (Hız ve yönlenmeye bağlı olarak yeraltı suyunun hareketi)
- Yeraltı suyunun yükselebileceği maksimum su seviyesini yasal düzenlemeler en az 1.5m olarak belirlemiştir.

4.Örtü Malzemesi: Günlük depolanan atığın üzerini kapatmak için yayılan doğal zeminden örtü malzemesidir. İşlenmesi kolay ve geçirimsiz malzemeler tercih edilmektedir.

5.Şev Durumu: Arazinin yatay doğrultudan saptığı eğimlerin ortalama değeridir, tesisin kolay işletilmesini engeller.

### 6.Yüzey ve Yeraltı Suyu Hidrolojisi

- Bölgesel akım ağları ve göller sistemine yakınlığı (önemli toplama sistemlerine yakınlığı ve sistemin bölge için değerini belirtir.)
- Akifer Kuyulara Yakınlığı: Çok miktarda su taşıyan akiferin bulunduğu bölgelerden kaçınılmalıdır.
- Taşkın Havzalarına Yakınlığı: Taşkın altında kalmamış alanlar tercih edilmelidir.

## 8.Topografya

- Şevin tutunabilirliği ve yapılabirliği (Zemin parçacıklarının yüzeysel su ile hareketi ve taşınımı; lokal erozyon.)
- Taşınım ve Aşınma (Yağışın veya çöpsuyu sızıntısının alandan uzaklaştırılması ve alana diğere drenaj ağlarından gelen suyun oranını ve özelliğini anlatır.)

## 9.Biyolojik Kriterler

- Su hayatı (Ulusal bölgesel barınakların ve balık üreticilerinin yoğun olduğı bölgeler)
- Kara hayatı (Ulusal ve bölgesel barınakların olduğı, ekolojik dengenin sürdüğü, nadir sürülerin yaşadığı bölgeler)
- Kuşlar (Ulusal sığınaklar, büyük göç yolları, suyu tükenmekte olan türlerin yaşadığı bölgeler)

## 10.İnsan ve Çevre Kriterleri

- Nüfus yoğunluğu ve dağılımı
- Kamuoyu şartları
- Estetik (manzara, yeşillik olarak zengin bölgeler ve buralara yakınlık).[35]

### 5.3. Yer Seçimi için Alternatif Değerlendirme Metotları

Düzenli depolama tesisi yer değerlendirme süreci içerisinde farklı metotlar bulunmaktadır. Değerlendirme aşamasında, alanlarla ilgili mevcut verilere ve muhtemel çevresel etkilerine bağlı olmak üzere değişik yöntemler bulunmaktadır.[32]

#### 5.3.1 Ad hoc Metodu

Belirli bir metot kullanmaksızın rivayetlerle ve oluşturulan önceliklerle alternatiflerin karşılaştırılması yapılmaktadır. Ayrıntılarıyla belirli kriterler, oranlar veya ağırlıklar olmaksızın rivayetlerle değerlendirmeden oluşmaktadır. Bu yöntemle problemlerde; farklı alternatiflerin aynı koşullarda değerlendirildiğinin, çevrenin tüm boyutlarıyla göz önünde tutulduğunun, kamuyla ilgili hususlara hitap ettiğinin garantisi bulunmamaktadır. Sorumluluğun eksikliği, izlenebilirliğinin fazla olamamasıyla kolay uygulanamamaktadır. Teknik yapısının yetersizliği, tutarlı kriterlerin

uygulanamaması bu yaklaşımda büyük problemlere neden olabilmektedir. Bu yöntemin bugün için kabul görmesi mümkün olmamaktadır ama uygulanmaktadır. Çünkü değerlendirme prosesi için usulüne uygun yapının gerekliliğini vurgulanmasını sağlamaktadır.

### **5.3.2. Kontrol Listesi Metodu**

Ayrıntılarıyla oluşturulmuş kriter kümeleriyle alternatiflerin karşılaştırması ve değerlendirilmesi yapılmaktadır. Sonuçları basit bir şekilde evet/hayır ile ifade edilmektedir. Kontrol listesi metodu, komplekslik derecesi ve özellikleri bakımından geniş ölçüde farklılık gösterebilmektedir. Kontrol listelerinin değerlendirilmesinde;

Kriterleri düzenlenmemiş kontrol listesinden oluşursa bütün kriterlerin eşit önemde olduğu düşünülmektedir. Bu varsayımla baskın alternatifler temel alınmaktadır. Düzenlenmemiş kriter listesinin bir ilerlemiş dereceli-ağırlıklı kontrol listesi olmaktadır. Her birinin önemine göre kriterlere ağırlık verilerek listede sıraları oluşturulmaktadır. Bu yöntem her bir önerilen yer için sayısal değerler saptamaktadır. Derecelenmiş ağırlık değerlerine göre sayısal değerler daha sonra her bir alternatif için çarpılmaktadır. Ortaya çıkan değerlerden en yüksek olan alternatif gözönünde bulundurulmaktadır. Tatmin edici kontrol listesi, kesin olarak belirli durumların maddeler halinde ayrıntılarıyla sıralanmasından oluşmaktadır. Alternatifin kabul edilebilir olduğu düşünülmenden önce tatmin edici durumda olması gerekmektedir. Bu yöntem kabul edilemez olan alternatiflerin elenmesini sağlamaktadır.

Basit bir kontrol listesi çevresel, ekonomik ve sosyal faktörlerden oluşan bir olaylar dizisi kataloğu içermektedir. Anket formunda oluşturulursa kontrol listesi, düzenli depolama alanında oluşabilecek etkilerle ilgili seri şekilde sorulardan oluşmaktadır. Bu metotla mevcut bilgi ve veriler saptanmış olmaktadır. kontrol listesini yaklaşımından alternatiflerin elenmesi esnasında faydalanılmaktadır. Alanların detaylı değerlendirilmesi için yeterli bilgi sağlanamamaktadır. Elde edilen etkilerin önemi saptanamamaktadır, sadece etkilerin olumlu ve olumsuz olduğu bilinmektedir. Her etkiyi tam belirleyebilmek için kontrol listesinin geniş kapsamlı olması gerekmektedir.

### **5.3.3. Ekonomi Metodu**

Ekonomik yöntem ve esasları kullanarak aynı ölçekte oluşmayan birimleri parasal birimlere çevirerek yapılmaktadır. Projenin her cephesinin parasal olarak ifade edilmesiyle sağlanmaktadır. Maliyet ve faydalar, her bir alanda isteyerek yapılan faydaların karşılığında ödenecek tutarı ifade etmektedir. Yöntemle dışsal değerlendirmeler örneğin gürültü, doğal alan kaybının etkisi açıklanamamaktadır. Bu yöntemin uygulanması çok zor olması ve kamu forumlarında müdafaa edilmesi zor olmaktadır.

### **5.3.4. Kartografi Metodu**

Haritaları kullanarak alternatif alanları değerlendirilmesi ve karşılaştırılması yapılmaktadır. Ayrıca alanın tanınması aşamasında kullanılmaktadır. Kartografik değerlendirme iki biçimde gerçekleştirilmektedir. Bunlar constraint haritalama ve overlay haritalama olmaktadır.

Constraint haritalama, alternatif alanların arzu edilmeyen özelliklerinin tanımlanmasında ana yerleşim yeri tekniği olarak tanımlanmaktadır. Haritalama ile daha sonra elimizdeki kısıtlamalar doğrultusunda sistemsel olarak alternatifler elimine edilmektedir. Bu yöntem ile harita üzerinden tesis için tanımlanmış olan kabul edilemez özelliklerin belirlenmesi gerçekleştirilmektedir ve coğrafi konumu haritalanmış olmaktadır. Sadece değerlendirme sonucunda sınırlaması olmayan serbest alanlar gözönüne alınmaktadır. Eğer değerlendirme sonucunda alan kalmazsa, yeniden değerlendirme yapılır, fakat sınırlamalarda bir esneklik sağlanması gerekmektedir. Constraint haritalamanın olumsuz yönleri dikkate değer miktarda zaman ve masrafa maruz kalınmaktadır. Bu yöntem elimizdeki alanların karşılaştırılmasına ve sıralanmasına izin vermemektedir. Buna rağmen bu yöntem büyük coğrafi alanlardan küçük hedeflere yönelimde başarılı olmaktadır.

Overlap haritalama constraint haritalamaya benzer olmakta, ancak overlap haritada ağırlık ve oran faktörleri gölgelendirilmiş haritayla birleştirilmektedir. Ağırlık faktörleri, her belirli ölçüm kriterinin gölgesel olarak kısıt derecesini ifade etmektedir. Bütün örtüler(overlay) üst üste getirilmektedir. Oluşan bütünleşik haritadan gölgelendirmenin yoğunluğuna göre önerilen alan için coğrafik alanların uygunluk düzeyi belirlenmektedir. Gölge ne kadar açık renkse o kadar uygun demektir. Özetlenecek olursa alan seçim süreci başlangıcında çok fazla sayıda yer

alternatifi olduğunda katografik metotlar özel bir öneme sahiptir. Ancak alternatif alanların listesi aşağıya doğru daraltıldığında katografik haritalamanın faydası azalmaktadır.

### **5.3.5. İkili Karşılaştırma Metodu**

Önceliklerin sıralanması temel alınarak eşlerin oluşturulup alternatiflerin ardışık karşılaştırılmasıyla yapılmaktadır. İkili karşılaştırma işleminde alternatif alanlar ikili karşılaştırma modelinde düşünülür. böylece nispi önemi ve değeri her bir alternatif için kurulmuş olmaktadır. En basit şekilde bireysel etkilere bağlı her alanın hangi sıklıkla diğerinden üstün olduğunu bir ölçüt geliştirerek düşünülen bir incelemeyi yansıtmaktadır. Değerler, her alternatifin karşı bir alternatifin farklı kriterlerin kıyaslanmasıyla hesaplanmaktadır. Bu üstünlük bildirimleri sonra kriterlerin önemi açısından değerlendirilmektedir[32].

### **5.3.6. Bulanık Mantık Metodu:**

Bir alanın diğer alana tercihinde kesin bir şekilde tanımlayan seçim kriterinin değerlerine ulaşmak çok zordur, çünkü seçim parametreleri değerleri tam olarak belirlenmemektedir; alan eğimi, yeraltındaki su seviyesi, yüzey suyuna olan uzaklığı, yerleşim alanına uzaklığı, ana ulaşım yoluna uzaklığı gibi. Mesela ana ulaşım yolundan uzaklık metreler ve kilometreler arasında değişebilmekte aynı şekilde yüzey eğimi düz ve dik arasında değişebilmektedir. Bu problemin çözümü için bulanık mantık ile daha gerçekçi bir yaklaşım yaratılmaktadır[37].

### **5.3.7. Matris Metodu**

Kriter ve alternatiflerin karşılaştırması, değerlendirmesi ve de özet için matris yapıyı kullanmaktadırlar. Kullanılan en genel matris 2 karşıt açı olarak alternatif ve ölçütleri kullanmaktadır. Tanımlayıcı matrisleri görsel amaçlarda kullanılmaktadır. Değerlendirme ve mukayese için ise matrisin işlerliği kullanılmaktadır. Matris yöntemi veri ve varsayımlardaki belirsizliklerden dolayı seçim sürecindeki duyarlılıkları değerlendirmeye özellikle uygun olmaktadır[32].

### **5.3.8. Coğrafi Bilgi Sistemleri(GIS)**

Konuma dayalı gözlemlerle elde edilen grafik ve grafik-olmayan bilgilerin toplanması, saklanması, işlenmesi, analiz edilmesi ve kullanıcıya sunulması

işlevlerini bütünlük içerisinde gerçekleştiren bilgi sistemleri olmaktadır. GIS sayesinde dünya üzerindeki farklı coğrafi oluşumlar ve süreçler tek bir ortamda haritalaştırılıp, analizleri yapılabilmektedir. Bu süreç içerisinde yaratılan veri katmanları, haritalaştırmanın sunmuş olduğu avantajlar sayesinde daha kolay anlaşılır hale gelmektedir.

GIS son yıllarda doğa koruma araştırmalarında yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. GIS haritaları kullanılarak; (1)Canlı türlerinin dağılım haritaları yaratılabilmekte, (2)Bu haritalar ile diğer coğrafi altlıklar ilişkilendirilebilmekte, (3) Koruma alanlarının sınırları çizilerek yönetim planları için sağlıklı odaklanma çalışmaları yapılabilmekte, (4) Bitki örtüsü dağılım haritaları hazırlanabilmekte, (5) Veri tabanları ile güçlendirilmiş bu haritalar sayesinde uygun yer belirleme çalışmalarında da kullanılabilmektedir[38].

Çok sayıda kriterden oluşan bir yapı için “Çok Kriterli Karar Verme Analiz Yöntemleri” (ÇKKVY) geliştirilmiştir. Bu yöntemler Coğrafi Bilgi Sistemlerinin (CBS) yapısı içerisinde bütünleştirilerek doğru karara ulaşmak için karar vericiye önemli bir bilgi desteği sağlamaktadır. Çünkü Coğrafi bilgi sistemleri alan kullanımı, yeraltısu kaynakları, toprak yapısı, havaalanları, doğal yaşam alanları,demografi, yollar, nehirler hakkında veriler içermektedir[39].

## 6. ANALİTİK HİYERARŞİ PROSESİ (AHP)

### 6.1. Karar Verme Süreci ve AHP

Organizasyonun hangi kademesinde olursa olsun, hangi konularla uğraşırsa uğraşsın, bu işi sevsin veya sevmesin, yönetici durumuna gelen bir kimsenin vazgeçemeyeceği en önemli iş karar vermektir. Karar vermek, yöneticiliğin o kadar asli bir işidir ki bazen yöneticilik bir karar verme işi olarak da tanımlanabilir. Yönetimin odak amaçlara ulaşabilmek için etkin kararlar vermek ve bu kararların yerine getirilmesini, eyleme dönüşmesini sağlaması gerekmektedir. Dolayısıyla karar verme sürecinin bulunmadığı bir yönetim düşünülemez. Bu bakımdan yönetim, yapısal olarak insanlar ve insanlara ilişkin faaliyetleri, işleyiş mekanizması yönünden ise karar verme süreciyle ilgilidir[40].

Yöneticiler verecekleri kararlar için doğru ve güvenilir tahminlere ihtiyaç duyarlar. Bunu yaparken bilimsel ölçütleri dikkate almaları daha iyi karar vermelerini sağlar. Karar verme problemi en genel anlamda; bir seçenek kümesinden en az bir amaç veya ölçüte göre en uygun seçeneğin seçimi şeklinde tanımlanabilir. Buna göre bir karar probleminin elemanlarını karar verici, seçenekler, kriterler, sonuçlar, çevre ve karar vericinin öncelikleri oluşturur. En basit şekliyle bir karar problemi bir amaç veya ölçüte göre seçenekler arasından bir seçim yapma gibi düşünülebilir[41].

Bir karar verme yaklaşımı aşağıdaki karakteristiklere sahip olmalıdır:

- Yapılandırması basit olmalı,
- Hem gruplara hem bireysellere uyum sağlayabilir olmalı,
- Sezgilerimiz ve genel düşüncemiz için doğal olmalı,
- Uzlaşma ve oy birliğine teşvik edici olmalı,
- Konu hakkında aşırı detayda uzmanlaşmayı ve iletişimi gerektirmemeli,
- Karar verme proseslerinin detayları kolayca gözden geçirilebilir olmalıdır[42].

Pek çok işletmenin karar sürecinde, bilginin toplanması ve analizi için yoğun bir çaba ve zaman gerektirmektedir. Alternatif eylem planlarının değerlendirilmesinde ise çok daha kısa bir zaman harcanmaktadır. Araştırmalar, pek çok günlük kararın sezgisel olarak alınmasının yeterli olmasına rağmen, karmaşık ve hayati kararlar için bu yolun tek başına yeterli olmadığını göstermektedir. Modern karar destek yöntemlerini kullanan işletmelerin globalleşen iş ilişkilerine öncülük etmekte ve bu ilişki ağını yönetmekte rekabetçi avantajı sağlayabilmektedir. Son yıllarda artan modern karar destek yöntemlerinden biri Analitik Hiyerarşi Yöntemidir[43].

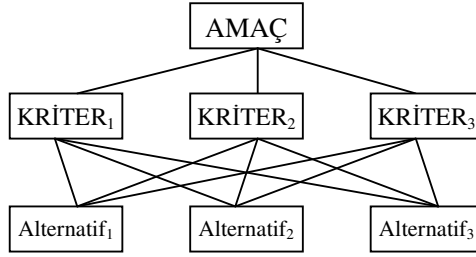
Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) 1977 yılında Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen çok ölçütlü karar verme tekniklerinden biridir. AHP karar almada, grup veya bireyin önceliklerini de dikkate alan, nitel ve nicel değişkenleri bir arada değerlendirerek problemi amaç, kriterler, alt kriterler ve alternatiflerden oluşturan matematiksel bir yöntemdir. Karar verme problemlerinde insan yargılarının kullanımı son zamanlarda dikkat çeken bir ölçüde artmıştır. AHP ile karar vericilerin farklı psikolojik ve sosyolojik durumlardaki gözlemleri de dikkate alınarak kendi karar verme mekanizmalarını tanıma olanağı sağlanmaya çalışılmaktadır. Bu yöntemle karar vericilerin daha etkin karar vermeleri amaçlanmaktadır[44].

AHP, karar verici tarafından verilen şeffaf düşüncenin yerini almak için tasarlanmamaktadır. AHP, karar vericilerin düşüncelerini daha iyi organize edip daha düzgün sonuç vermesi için kullanılmaktadır. AHP'nin gerçek gücü, çoğu karar vericinin karmaşık ve zor olan kararlarını sistemsel ele almasından gelmektedir. Sınırlandırılmış mantıklılık ve kısıtlanmış kavramsal süreçler, karar vericiler için kompleks kararlarda tüm faktörlerin hepsinin layıkıyla hesaba katılmasını hemen hemen imkansız hale getirmektedir. AHP, kompleks karar süreçlerini, bir sistem içerisinde karar hakkındaki var olan bilgileri sentezleyerek daha rasyonel olmasını sağlamaktadır[45].

## **6.2. Hiyerarşi Kavramı**

Analitik Hiyerarşi Yöntemi(AHP), karar alma problemlerini, mevcut durumun anlaşılmasına yardım edecek şekilde derecelendirmektedir. Karar problemini, amaç, kriterler, alt kriterler ve alternatifler olmak üzere dört ana gruba ayırmaktadır. Problemi parçalara ayırmak, karar alıcının çok daha küçük karar setleri üzerinde

yoğunlaşmasını sağlayabilir. Bu sebepten dolayı, karmaşık durumlarla uğraşmak gerektiğinde hiyerarşi kullanmak problemi çözerken büyük kolaylık sağlamaktadır.



**Şekil 6.1.** Basit Bir AHP Modeli ( Kuruüzüm ve diğ., 2001)

Karmaşık bir problemi çözerken atılması gereken ilk adım, sistem elemanlarının fonksiyonel ilişkilerini çözümlmek ve bu elemanların sistemin bütününe etkilerini analiz etmek, bir anlamda sistemin yapısını özetlemektir. Bu sırada kontrol edilebilen veya kontrol edilemeyen sistem elemanları, niteliklerine göre gruplara ayrılır. Ayırılan grupların birbirleri ile ortak özellikler taşıması durumunda, bu grupları bir başlık altında toplamak mümkündür. Böylece bir üst seviyede de bir grup oluşturulur. Bu gruplandırma işlemine aynı şekilde devam edilirse, en üst seviyede sistemin amacını ifade eden tek bir başlığa ulaşılır. En sonunda büyük sistemler, daha küçük sistemlere ayrılmış olarak karşımıza çıkarlar. Bu yapıya “Hiyerarşi” adı verilir[43].

### 6.3. Hiyerarşi Yapının Tasarımı

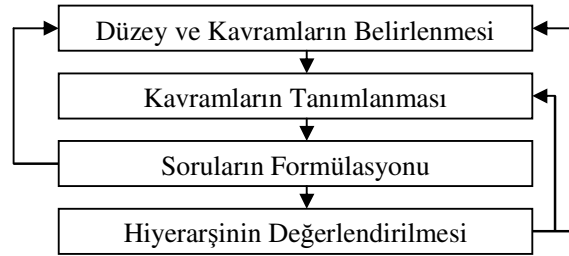
Hiyerarşinin tasarımı, problem alanı ile ilgili bilgi ve deneyim gerektirir. İki karar verici aynı probleme ilişkin iki farklı tasarım geliştirebilir, öte yandan iki karar verici probleme ilişkin aynı hiyerarşiyi de geliştirebilir. Hiyerarşiler oluşturulurken hiyerarşiyi tasarlayan kişi veya kişiler aşağıdaki unsurları ele almalıdır:

- Problem mümkün olduğunca öğelerdeki değişime duyarlılığı kaybetmeden temsil edilmeli,
- Problemin çevresi dikkate alınmalı,
- Çözüme katkıda bulunacak nitelik ve katkıların belirlenmeli,
- Probleme ilişkili katılımcıların belirlenmeli.

Hiyerarşi tasarımı, birbirini izlemeyen ancak birbiri ile ilişkili üç süreçten oluşur. Bunlar düzey ve öğelerin belirlenmesi, kavramların tanımlanması ve soruların formüle edilmesidir.

Birinci adımda düzey ve öğeler tanımlanır. Bu tanımlar soru formülasyonu aşamasında kullanılır. Eğer karar vericinin bu sorulara cevap vermede bir sorunu olursa öğe tanımlaması yenilenir. Hiyerarşi tasarımı bu şekilde kendini tekrarlayan bir süreçtir.

Sorgulama sürecinde belirsizlik, karar vericiyi yanlış kriter ve alternatif seçimine götürür. Tüm bu sorular cevaplanabilir nitelikte ve mevcut bilgilerle tutarlı olmalıdır[46]. Şekil 6.2’de hiyerarşik yapının tasarımı sunulmaktadır.



**Şekil 6.2.** Hiyerarşi tasarımı (Saaty, 1994)

Hiyerarşide öğelerin her kümesi bir hiyerarşi düzeyinin oluşturur. En üst düzeyde sadece bir öğe bulunur. Bu öğe genel amaç yani hedefdir. Bundan sonra gelen düzeylerde farklı öğeler bulunabilir. Bir düzeydeki öğeler, bir sonraki daha yüksek düzeydeki kriter çerçevesinde birbirleriyle karşılaştırılır. Her düzeydeki öğeler aynı önem derecesine sahip olmalıdır. Öğeler arasındaki çelişki büyük ise, yani öğeler birbirinden çok farklı önem derecelerine sahip ise, bu öğeler değişik düzeylerde yer almalıdır. Hiyerarşinin düzey sayısında bir sınırlama yoktur. Oluşturulan hiyerarşi bir kalıp değildir. Hiyerarşiye yeni kriterler eklenip çıkarılabilir, kriterlerin göreceli önemleri hakkındaki değerlendirmeler değiştirilebilir, düzey sayısı artırılabilir.

Ayrıntılı bir hiyerarşi tasarımı için belirlenmesi gereken noktalar şunlardır:

1. Genel amacın belirlenmesi, temel sorunun ortaya konulması,
2. Genel amacın alt amaçlarının belirlenmesi,
3. Genel amacın alt amaçlarını gerçekleştirmede uyulması gereken kriterlerin belirlenmesi,

4. Her bir kriterin alt kriterlerinin belirlenmesi (Burada kriter ve alt kriterler parametrelerin değer aralıkları ya da yüksek, orta, düşük gibi sözel ağırlıklar olarak belirlenebilir),
5. Konuyla ilgili kişilerin veya grubun belirlenmesi,
6. Bu kişi ve grupların amaçlarının belirlenmesi,
7. Bu kişi ve grupların politikalarının belirlenmesi,
8. Sonuçların ya da alternatiflerin belirlenmesi,
9. En fazla tercih edilen sonucu veren kararın verilmesinin ve verilmemesinin getireceği yarar ve maliyetlerin karşılaştırılması[42].

#### 6.4. AHP'de Ölçek ve Kullanımı

AHP uygulaması esnasında, ilgilenilen konuyla doğrudan doğruya ilgili kişilerle yüz yüze görüşerek bir anketle veya mülakatla onların seçenekler karşısındaki görüşleri alınır. Sonuçların tutarlı olması için bu kişilerin konularında uzman veya orta derecede bilgili olmaları tercih edilir. Çünkü, AHP'nin sonuçları tamamen bu kişilerin vereceği ikili karşılaştırma yargılarına bağlıdır. Bu yargılara bağlı olarak AHP'de bir üstünlük, yargı veya ikili karşılaştırmalar matrisi oluşturulur. Sözü edilen bu matris yargıların sayısal değerlere dönüştürülmesi ile oluşturulur. Tablo 6.1'de Saaty ve arkadaşlarının skala değer olarak geliştirdikleri ve çalışmalarında kullandıkları 1-9 ölçeği gösterilmektedir[47].

**Tablo 6.1.** AHP değerlendirme ölçeği (Yetim, 2004)

Sayısal değer	Tanım
1	Öğeler eşit önemde veya aralarında kayıtsız kalınmıyor
3	1. öğe 2.'ye göre biraz daha önemli veya biraz daha tercih ediliyor
5	1. öğe 2.'ye göre fazla önemli veya fazla tercih ediliyor
7	1. öğe 2.'ye göre çok fazla önemli veya çok fazla tercih ediliyor
9	1. öğe 2.'ye göre aşırı derecede önemli veya aşırı derecede tercih ediliyor
2.4.6.8	Ara değerler

Saaty'nin getirdiği bu metot  $n < 10$  kriter için özellikle 7 kriter için en iyi sonuçlar vermektedir. Başka bir deyişle çok kriterli karar verme problemlerini AHP metodu ile çözerken kriter sayısının 9'dan büyük olması durumunda büyük tutarsızlıklar meydana gelebilir. Bir matrisin elemanları eğer çok büyük sayılardan oluşuyorsa, bu

durum daha büyük tutarsızlık meydana getirebilir[47]. Fakat bunun dışındaki 1-5, 1-7, 1-15 ve 1-20 gibi önem skalaları uygun çözümü elde etmede yetersiz kalmaktadır. 1-9 ölçeği en iyi sonuçların elde edilmesini sağlamaktadır[44]. Önem derecesinde yer almayan 2, 4, 6, 8 gibi değerler ara değerlerdir. Örneğin karar verici 1 ve 3 arasında kararsız kalırsa 2 değerini kullanabilmektedir[41].

### 6.5. İkili Karşılaştırmaların Yapılması

Her seviyedeki kriterler ve en nihayetinde de her kritere göre alternatifler birbirleriyle karşılaştırıldıktan sonra karşılaştırmalar matrisleri oluşturulur. Bu matrislerde satır ve sütunları karşılaştırılan kriter ya da alternatifler meydana getirir ve matrisin her elemanı satırdaki elemanın sütundaki elemana karşılaştırılmasından elde edilen orandır. Bu şekilde oluşturulan matrisin simetrik olacağı aşikardır[38]. İkili karşılaştırmalar AHP'nin en önemli aşamasıdır. Şekil 6.3'de  $a_{ij}$ , i özellik ile j özelliğin ikili karşılaştırma değerini verecek olursa genel olarak ikili karşılaştırma matrisi;

$$\begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdot & a_{1n} \\ a_{21} & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ a_{n1} & \cdot & \cdot & a_{nn} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdot & a_{1n} \\ 1/a_{12} & \cdot & \cdot & \cdot \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ 1/a_{1n} & \cdot & \cdot & a_{nn} \end{bmatrix}$$

Şekil 6.3. İkili karşılaştırmalar matris (Eraslan, 2005)

şeklinde gösterilir. Matrisin tüm elemanları pozitif sayıdır ve kare matristir. Matris tam tutarlıysa herhangi bir satırdan matrisin diğer tüm faktörleri elde edilir ve n sayısının 2'li kombinasyonu kadar açılım yapılır[48].

### 6.6. Görelî Önem Vektörünün Hesaplanması

İkili karşılaştırma matrisleri geliştirildikten sonra, karşılaştırılan her elemanın görelî önceliğinin hesaplanmasına geçilmektedir. AHP'nin bu bölümü "sentezleme" adıyla anılır. Ancak bu denklem sisteminin, özdeğer ve özvektörlerini hesaplamak özellikle büyük boyutlu matrisler ( $n>5$ ) için, çok karmaşık ve zaman alıcıdır. Öncelik vektörlerinin kurulmasında, lineer cebir tekniklerinden faydalanılmaktadır. Sentez aşaması, en büyük özdeğer ve bu özdeğere karşılık gelen özvektörün hesaplanmasını ve normalize edilmesini içermektedir. Bu amaçla kullanılan çeşitli yöntemler

mevcuttur. Ancak literatürde en yaygın olarak kullanılan normalizasyon yönteminde, her sütunun elemanları, o sütunun toplamına bölünür. Elde edilen değerlerin satır toplamı alınıp, bu toplam satırdaki eleman sayısına bölünür. Bu şekilde tüm düzeylerdeki ikili karşılaştırma matrisleri elde edilip, göreceli önemler vektörleri hesaplanmış olur[49].

### **6.7. Tutarlılığın Kontrol Edilmesi**

Karar vericinin kriterler arasında kıyaslama yaparken tutarlı davranıp davranmadığını ölçmek için Tutarlılık Oranı'nın (T.O.) hesaplanması gerekir. Bu hesaplamada n kriter sayısına bağlı olarak rasgele indeks sayıları kullanılır. Hesaplamalar sonucunda bulunan değer 0,10'un altında çıkmışsa oluşturulan karşılaştırma matrisinin tutarlı olduğu sonucuna varılır. Aksi durumda karar matrisi tekrar düzenlenmelidir[41].

AHY mükemmel tutarlılık talep etmemektedir. Tutarsızlığa izin vermekte ancak her yargılamada tutarsızlığın ölçümünü sağlamaktadır. Ele alınan problemlerde kriter sayısının çokluğu, kriterlerin tümü birlikte değerlendirildiğinde tutarlı sonuç elde etme ihtimalini de zayıflatmaktadır[49].

### **6.8. Birleşik Göreceli Önemler Vektörünün Hesaplanması**

AHP'nin son adımı kriterlerin önem ağırlıkları ile alternatiflerin önem ağırlıklarının çarpımı ve her bir alternatife ait öncelik değerinin bulunmasıdır. En alt düzeydeki göreceli önemler vektörleri bir matris halinde yazılır. Söz konusu matrisin her sütunu, karşı gelen öğenin göreceli önem değeri ile çarpılıp satır toplamı alınır. Bu değerlerin toplamı 1'e eşittir. En yüksek değeri alan alternatif, karar problemi için en iyi alternatiftir[41].

### **6.9. AHP'nin Uygulama Alanları**

AHP, gerçek yaşamda oldukça geniş uygulama alanı olan bir tekniktir. Özellikle politik ve ekonomik kararlar alınırken üst düzey yöneticiler bu tekniğe sıkça başvururlar. AHP tekniğinin uygulandığı, bazı karar verme sorunları aşağıdaki gibi sıralanabilir:

- Reklam Kampanyaları

- Müşteri İlişkileri
- İşveren İlişkileri
- İşgücü ve Terfi Kararları
- Ar-Ge
- Fizibilite
- Üretim ve Pazarlama
- Satın Alma-Leasing Kararları
- Stratejik Planlama
- Kazanç Arttırma Planları
- Ortaklık Kurma
- Pazarlama
- Yeni Ürün Geliştirme
- Ürün Hayat Eğrisi Analizi
- Sermaye Arttırımı
- Yatırım Analizleri
- Lojistik[50].

#### **6.10. AHP'nin Katkı ve Kısıtları**

AHP, teorik ve uygulamaya yönelik bazı eleştirilere konu olmaktadır. Aşağıda bu eleştiri konularına kısaca değinilmektedir:

- Sıra değiştirme (rank reversal) olgusu AHP'nin uygulanmasında dikkat edilmesi gereken bir konudur ve herhangi bir karar alternatifi probleme eklendiğinde veya çıkarıldığında karar alternatifleri sıralamasının değişmesi durumudur. Sıra değiştirme durumunun geçerliliği konusunda literatürdeki tartışmalar devam etmektedir.
- Modelleme sürecinin sübjektif doğası AHP'nin bir kısıtı olarak görölmektedir. Bu, metodolojinin “kesinlikle doğru” kararları garanti edemeyeceği anlamına gelir.
- Bir karar hiyerarşisindeki kademe sayısı arttıkça ikili karşılaştırma sayısı da artar. Bu durum, AHP modelini kurmak için daha fazla zaman ve çabayı gerektirir. Expert Choice ve diğer yazılım programlarının kullanılması gereken zaman ve

çabayı azaltmasına rağmen, metodolojinin yine de daha az biçimsel yöntemlere göre daha fazla zaman ve çabayı gerektirdiği ileri sürülmektedir[43].

Katkıları ise:

- Bu teknik karar verme sürecinde, hem kantitatif (objektif, nicel) ve hem de kalitatif (sübjektif, nitel) faktörlerin dikkate alınmasına imkan vermektedir.
- Uygulanması kolay ve esnek bir tekniktir.
- Karmaşık karar verme problemlerini hiyerarşik yapısı ile basitleştirmektedir.
- Bu teknik ile elde edilen sonuçların, anlaşılması ve yorumlanması yalındır.
- Bu teknik ile elde edilen sonuçların tutarlılığını kontrol etmek mümkündür.
- Karar alternatiflerinin çözümlenmesini desteklemekte ve belli bir amaca yönelik en uygun çözümün belirlenmesine yardım etmektedir.
- Karar vericiler, kamu, çıkar-baskı grupları ve sektör uzmanlarının tercih, ihtiyaç ve beklentilerini karar verme sürecine doğrudan dahil edebilmektedir.
- Karar verme sürecine katılan kişi veya grupların tercih, ihtiyaç ve beklentilerinin ortaya konulmasına yönelik bir model sunmaktadır. Bu şekilde bir karar verme problemi ile ilgili konuların anlaşılmasını olanaklı kılmaktadır.
- Karar verme sürecine katılan kişi veya grupların tercih, ihtiyaç ve beklentilerinin açık ve doğru bir şekilde belirlenmesine imkan vermekte, bunları sözel ifadeler veya sayısal değerler kullanarak dikkate alabilmekte, çözümlenmelere doğrudan dahil edebilmektedir[51].

## 7. BULANIK AHP YÖNTEMİ

### 7.1. Bulanık Küme Kavramı

Gerçek dünya karmaşıktır. Genel olarak bu karmaşıklık belirsizlik ve kesinlik arasında kararların verilemeyeşinden kaynaklanır. Sosyal, iktisadi ve teknik konularda insan düşüncelerinin tam anlamı ile olgunlaşmamış oluşundan dolayı belirsizlikler her zaman bulunur. Gerçek bir olayın tam olarak kavranılması insan bilgisinin yetersizliği sonucunda tam olarak mümkün olamadığından insan, düşünce sisteminde ve zihninde bu gibi olayları yaklaşık olarak canlandırarak yorumlarda bulunur. Genel olarak, değişik biçimlerde ortaya çıkan karmaşıklık ve belirsizlik gibi tam ve kesin olmayan bilgi kaynaklarına bulanık (fuzzy) kaynaklar adı verilir. 1965 yılında Lotfi A. Zadeh tarafından bulanık küme, mantık, sistem kavramları öne sürülmüştür. Bu araştırmacının uzun yıllar boyunca kontrol alanında çalışması, doğrusal olmayan denklemlerin işin içine girmesi, yöntemin karmaşıklaşması ve çözümün zorlaşması neticesinde ortaya çıkarmıştır.

Bir sistem hakkında ne kadar fazla bilgi sahibi olursak, onu o kadar daha iyi anlayabiliriz ve onun hakkındaki karmaşıklıklar da o derece azalır, fakat tamamen yok olmaz. İncelenen sistemlerin karmaşıklığı ve az veya yeterli miktarda veri bulunmadığı durumlarda bulanıklık etkili olacaktır. Bu sistemlerin çözümlerinin araştırılmasında bulanık olan girdi ve çıktı bilgilerinden, bulanık mantık kurallarının kullanılması ile anlamlı ve yararlı çözümlerin yapılması yoluna gidilebilir[52].

Bulanık kümelere dayalı olan bulanık mantık genelde, insan düşüncesine özdeş işlemlerin gerçekleşmesini sağlamakla, gerçek dünyada sık sık meydana gelen belirsiz ve kesin olmayan verileri modellemeye yardımcı olur. Klasik mantıkta bir önerme “doğru” veya “yanlış” olmaktadır. Fakat  $100^{\circ}\text{C}$  suyun sıcaklığı “sıcak” olarak ifade edilirse  $95^{\circ}\text{C}$ ,  $80^{\circ}\text{C}$ ’lerdeki su için “sıcak değildir” ifadesi bu anlamda doğru olmadığı gibi yanlış da değildir. Bu nedenle önermelerin doğru(1) ve yanlış(0) değerleri arasındaki değerler (az sıcak, ılık, az soğuk, vs.) kullanılarak bulanık küme kavramı ortaya atılmıştır. Bulanık küme teorisi az, sık, orta, düşük, çok, birçok gibi

dilbilimsel yapıları kullanarak dereceli veri modellemesini gerçekleştirmektedir. Böylece olayların modellenmesinde daha gerçekçi ve doğala yakın sonuçların elde edilmesini sağlar. Bulanık küme, kesin geçişleri elimine ederek belirsizlik kavramının tanımına yeniden izin verir ve evrendeki bütün bireylere üyelik derecesi atayarak matematiksel olarak tanımlar. Böylece bireyler, bulanık küme içerisinde üyelik dereceleri tarafından gösterilen daha büyük ve daha küçük değerlere ait olabilirler. Bu üyelik dereceleri [0-1] aralığında gerçel değerler ile ifade edilir[53].

## 7.2. Bulanık Sayılar

Bir çok tabiat hadisesinin modellenmesi sırasında, onları karakterize etmek için kullandığımız kesin sayıların yetersizliği bulanık sayıları tanımlamak için bir temel oluşturur. Bulanık bir sayı, dilsel bir ifadenin şekillendirdiği normal bir sayıdan meydana gelir. Dilsel ifadeler “yaklaşık”, “hemen hemen”, “neredeyse”, “civarında” türünde ifadelerdir[54]. Bulanık sayılar, reel sayıların bir bulanık alt kümesidir ve “güvenlik aralığı” fikrinin gelişmiş halini temsil ederler. Üyelik fonksiyonu  $\mu_{\tilde{A}}(x):R \rightarrow [0,1]$  olan “ $\tilde{A}$ ” bulanık sayısı için:

- $\mu_{\tilde{A}}(x)$ , Reel sayılar kümesinden 0,1 kapalı aralığında sürekli fonksiyondur.
- $\mu_{\tilde{A}}(x)$  bir konveks bulanık altkümedir.
- $\mu_{\tilde{A}}(x_0) = 1$  yapan bir  $x_0$  sayısı vardır[55].

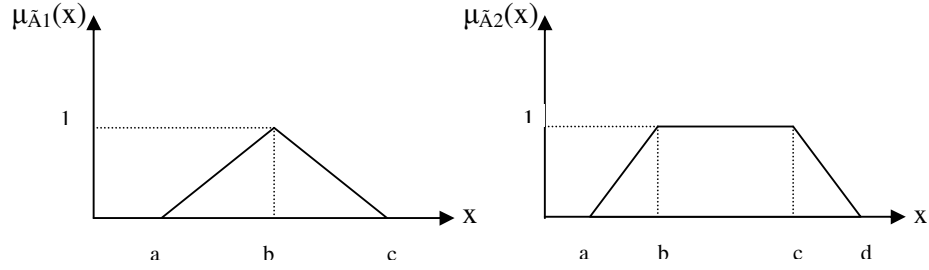
Bulanık bir sayının üyelik fonksiyonu için genel bir şekil verilebilmektedir.  $a \leq b \leq c \leq d$  ve  $f$  ile  $g$  fonksiyonu sürekli olmak üzere genel olarak üyelik fonksiyonu;

$$\mu_{\tilde{A}}(x) = \begin{cases} f(x) & , x \in [a, b] \\ 1 & , x \in [b, c] \\ g(x) & , x \in [c, d] \\ 0 & , x < a, x > d \end{cases} \quad (7.1)$$

$f$  fonksiyonu 0’den 1’e doğru artarken,  $g$  fonksiyonu  $[c,d]$  aralığında 1’den 0’a doğru azalan bir fonksiyondur. Herhangi bir şekildeki bulanık sayının üyelik fonksiyonu bu genel ifade doğrultusunda verilebilir.

Üyelik fonksiyonlarının sayısına ve şekline ait hiçbir kısıtlama yoktur. Tamamıyla tasarımcının istek ve tecrübesine bağlıdır. Bu zamana kadar yapılmış olan

çalışmalarda en çok kullanılan üçgen ve yamuk şeklindeki üyelik fonksiyonları şekil 7.1’de gösterilmektedir.



**Şekil 7.1.** Üçgen ve Yamuk Fonksiyonuna Sahip Bulanık Sayılar

Üçgensel(1) ve yamuk(2) bulanık sayının sağ ve sol üyelik derecesi değerine göre lineer gösterimi aşağıdaki şekildedir;

$$\mu_{\tilde{A}_1}(x) = \begin{cases} 0 & , \quad x < a \\ \frac{x-a}{b-a} & , \quad a \leq x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b} & , \quad b \leq x \leq c \\ 0 & , \quad x > c \end{cases} \quad \mu_{\tilde{A}_2}(x) = \begin{cases} \frac{x-a}{b-a} & , \quad a \leq x \leq b \\ 1 & , \quad b \leq x \leq c \\ \frac{x-d}{c-d} & , \quad c \leq x \leq d \\ 0 & , \quad x < a, x > c \end{cases} \quad (7.2)$$

Üyelik fonksiyonu görülen  $\tilde{A}_1$  bulanık sayısı, bir üçgensel bulanık sayıdır. Burada  $a \leq b \leq c$ 'dir ve a en düşük olasılık değeri, b en umut verici net değeri, c ise en yüksek olasılık değerini göstermektedir. Bir üçgensel bulanık sayı  $(a,b,c)$  veya  $(a/b,b/c)$  şeklinde gösterilebilmektedir[54].

### 7.3. Bulanık AHP

AHP, geniş bir alanda kullanılan çok amaçlı karar verme metodlarından biridir. Fakat AHP, hala insani düşünme stilini yansıtamamaktadır. Bu yüzden bulanık AHP, hiyerarşik bulanık problemleri çözmek için geliştirilmiştir. Bulanık kümeler kuramını ve hiyerarşik yapıyı kullanarak çok ölçütlü ortamda en iyi seçeneği belirlemeye veya seçenekleri sıralamaya yönelik bir yöntem sunmaktadır. Kıyaslama prosesinin bulanık doğasından dolayı karar vericiler ikili kıyaslamalarını sabit bir değer olarak belirlemektense, bir aralık üzerinde ifade etmeyi veya sözel olarak gerçekleştirmeyi tercih etmektedirler. Bu metodlar, bulanık küme teorisi kavramını ve hiyerarşik yapı analizini kullanarak bir alternatifin seçimini ve ağırlıklandırılmasına yönelik sistematik yaklaşımları içermektedir[56].

Tablo 7.1.'de literatürdeki bulanık AHP metotlarının karşılaştırmasını vermektedir. Karşılaştırmada her bir metodun avantaj ve dezavantajlarını göstermektedir.[57]

**Tablo 7.1.** Bulanık AHP metotlarının karşılaştırılması (Ayağ ve diğ., 2006)

Kaynak	Metodun Ana Karakteristiği	Avantaj(A) ve Dezavantajlar(D)
Van Laarhoven ve Pedrycz (1983)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Saaty'nin AHP metodunu üçgensel bulanık sayılarla birlikte direk genişletilmiş,</li> <li>Bulanık ağırlıkların ve bulanık performans skorların türetilmesinde Lootsma'nın logaritmik en küçük kare yöntemi kullanılır.</li> </ul>	<p>(A)Karar vericilerin görüşleri karşılaştırma matrisi ile modellenebilir.</p> <p>(D)Lineer denklemlerde her zaman bir çözümü yoktur.</p> <p>(D)Küçük bir problem için sayısal hesaplama ihtiyacı çok büyüktür.</p> <p>(D)Sadece üçgensel bulanık sayıların kullanılmasına izin verir.</p>
Buckley (1985)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Saaty'nin AHP metodunu ikizkenar yamuk bulanık sayılarla genişletilmiş,</li> <li>Bulanık ağırlıkları ve bulanık performans skorları türetilmesinde geometrik ortalama metodu kullanılır.</li> </ul>	<p>(A)Bulanık duruma uzatmak kolaydır.</p> <p>(D)Karşılıklı karşılaştırma matrisine tek bir çözümü garanti etmektedir.</p> <p>(D)Sayısal hesaplama ihtiyacı çok büyüktür.</p>
Boender ve arkadaşları (1989)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Van Laarhoven ve Pedrycz'in metodunu değiştirmiştir.</li> <li>Lokal önceliklerin normalizasyonunda daha sağlam yaklaşım sunmakta.</li> </ul>	<p>(A)Karar vericilerin görüşleri modellenebilir.</p> <p>(D)Sayısal hesaplama ihtiyacı çok büyüktür.</p> <p>(D)Sadece üçgensel bulanık sayılar kullanılabilir</p>
Chang (1996)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Yapay derece değerleri</li> <li>Katmanları basit sıralama</li> <li>Toplam sıralama birleştirme</li> </ul>	<p>(A)Sayısal hesaplama ihtiyacı görece olarak düşüktür.</p> <p>(A)AHP'nin aşamalarına izin verir. Ek işlemler gerektirmez.</p> <p>(D)Sadece üçgensel bulanık sayıların kullanılmasına izin verir</p>
Cheng (1996)	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bulanık standartlar oluşur.</li> <li>Üyelik fonksiyonlarıyla performans skorları gösterir.</li> <li>Toplam ağırlığın hesabında dağılım kavramını kullanır.</li> </ul>	<p>(A)Sayısal hesaplama ihtiyacı çok büyük değildir.</p> <p>(D)Dağılım, olasılık dağılımı biliniyorsa kullanılır. Metot, olasılık ve ihtimal ölçümleri temeldir.</p>

Literatürde pek çok bulanık AHP uygulaması mevcuttur. Yapılmış çalışmalara örnek olarak Cvetkovic ve diğ., endüstriyel salonların akustik konfor optimizasyonu için bulanık AHP yöntemini kullanmıştır[58]. Chou ve Liang, AHP yöntemini kullanarak deniz taşımacılığı firmasının performans değerlendirmesi için bir bulanık çok kriterli karar verme modeli önermektedirler[59]. Shon ve diğ., karar verme sürecinde yetersiz kalan kamusal algılamının yol açtığı ana hataları çözecek bir metod önermişlerdir. Analitik Hiyerarşi Proses ve çok ölçütlü fayda analizi metodolojide kullanılmıştır. Belirsizliği gidermek içinse bulanık küme teorisinden faydalanılmıştır[60]. Rong ve diğ., işletme atıklarının değerlendirilmesi ve önemli israfların ortadan kaldırılması için AHP yönetimi ve bulanık küme teorisini kullanarak bir metod sunmaktadır[61]. Shamsuzzaman ve diğ., esnek imalat sistemleri alternatiflerini sıralayarak bunlardan en uygun olanının seçilmesi için bulanık AHP yöntemini kullanmaktadır[62]. Kahraman ve diğ., tesis yeri yerleşim problemlerinin çözümü için kalitatif ve kantitatif kriterler kullanarak 4 farklı bulanık çok kriterli grup karar verme yaklaşımını birbiriyle kıyaslamışlardır[63]. Büyükoçkan ve diğ., yazılım geliştirme stratejisinin seçimi için bulanık çok kriterli karar verme yaklaşımı sunmaktadır[64]. Kahraman ve diğ., müşteri istek ve beklentileri doğrultusunda ve bunlara uzman görüşlerini de dahil ederek yaptıkları anket çalışması ile İstanbul’da faaliyet gösteren 3 adet Catering firması arasında bir belirleme yapmışlardır[65]. Başlıgil, en yüksek müşteri memnuniyetini veren yazılımın seçimi için bulanık AHP yöntemini modelin faydalanmıştır[66]. Ayağ ve Özdemir, makine parça alternatiflerinin değerlendirilmesine yönelik çalışmalarında bulanık AHP yöntemini kullanmışlardır[57]. Akman ve Alkan, Kocaeli’nde otomotiv yan sanayinde faaliyet gösteren bir firmada tedarikçilerin performansının değerlendirilmesinde bulanık AHP ile gerçekleştirmişlerdir[56]. Kaptanoğlu ve Özok, Akademik performans değerlendirme probleminin içerdiği belirsizlik ve ancak öznel değerlendirilebilen ölçütleri ve ölçütlerin hiyerarşik yapısı nedeniyle bulanık AHP modeli esaslı çalışma yapmışlardır[55].

### **7.3.1. Genişletilmiş Bulanık AHP Yöntemi**

Klasik AHP’de anket değerlendirmesi yapanlar 1, 3, 5, 7, 9 ölçeğini kullanarak ikili karşılaştırma yaparken “3 civarında”, “5 ile 7 arasında” gibi ifadeler kullanmak isteyenler de bulunmaktadır. Bu şekilde ifadeler kullanarak anket doldurmak bulanık

kümeler yardımıyla mümkün olmaktadır. Chang'ın merteye analizinde üçgen bulanık sayılar kullanılmaktadır.

$X = \{ x_1, x_2, \dots, x_n \}$  nesnelere seti ve  $U = \{ u_1, u_2, \dots, u_n \}$  ise amaçlar seti olmak üzere, Chang'ın merteye analizi yönteminde, her nesne alınır ve her amaç için büyüklük analizi gerçekleştirilir. Bu nedenle, her nesne için  $m$  adet merteye analiz değeri elde edilir[67]:

$$M_{g_i}^j : M_{g_i}^1, M_{g_i}^2, M_{g_i}^3, \dots, M_{g_i}^m \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad j = 1, 2, 3, \dots, m \quad (7.3)$$

Burada tüm  $M_{g_i}^j$  ( $j = 1, 2, \dots, m$ ) değerleri üçgen bulanık sayıdır.

$i$ . nesne için bulanık sentetik merteye değeri aşağıdaki şekilde tanımlanır:

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \otimes \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{g_i}^j \right]^{-1} \quad (7.4)$$

$M_1 \geq M_2$  durumunun olabilirlik derecesi ise aşağıdaki gibi tanımlanır:

$$V(M_1 \geq M_2) = \sup_{x \geq y} [\min(\mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(y))] \quad (7.5)$$

$x \geq y$  ve  $\mu_{M_1} = \mu_{M_2} = 1$  durumunu sağlayan bir  $(x, y)$  söz konusu olduğunda  $V(M_1 \geq M_2) = 1$  elde edilir.

$M_1$  ve  $M_2$  konveks bulanık sayılar olduğunda  $V(M_1 \geq M_2) = 1$  eğer  $m_1 \geq m_2$  ise

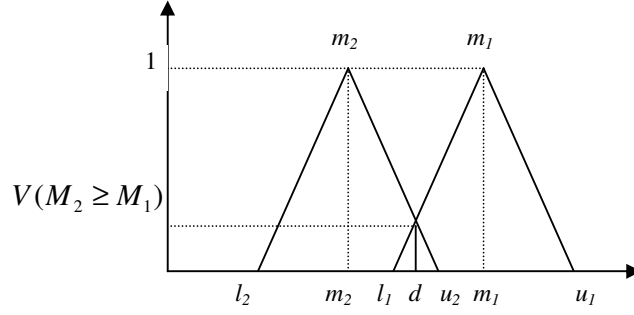
$$V(M_2 \geq M_1) = hgt(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_1}(d) \text{ şeklinde ifade edilir.} \quad (7.6)$$

Burada  $d$ ,  $\mu_{M_1}$  ve  $\mu_{M_2}$  arasındaki en yüksek kesişim noktası olan  $D$ 'nin ordinatıdır.

$M_1 = (l_1, m_1, u_1)$  ve  $M_2 = (l_2, m_2, u_2)$  konveks bulanık sayılar olmak üzere  $D$  noktası;

$$V(M_2 \geq M_1) = hgt(M_1 \cap M_2) = \mu_{M_2}(d) = \begin{cases} 1 & , m_2 \geq m_1 \\ 0 & , l_1 \geq u_2 \\ \frac{l_1 - u_2}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)}, & \text{yoksa} \end{cases} \quad (7.7)$$

ifadesi elde edilir. Şekilde de gösterildiği gibi arasındaki en yüksek kesişim noktası olan  $D$ 'nin ordinatıdır[67].



**Şekil 7.2.**  $M_1$  ve  $M_2$  'nin Kesişimi (Chang, 1996)

$M_1$  ve  $M_2$  'yi karşılaştırmak için,  $V(M_1 \geq M_2)$  ve  $V(M_2 \geq M_1)$  değerlerinin her ikisine de ihtiyaç duyulur.

Konveks bir bulanık sayının  $k$  adet konveks bulanık sayıdan ( $M_i, i = 1, 2, \dots, k$ ), daha büyük olasılık derecesi şöyle tanımlanabilir:

$$V(M \geq M_1, M_2, \dots, M_k) = V[(M \geq M_1) \text{ ve } (M \geq M_2) \text{ ve } \dots \text{ ve } (M \geq M_k)]$$

$$= \min V(M \geq M_i), \quad i = 1, 2, 3, \dots, k. \quad (7.8)$$

$$k = 1, 2, \dots, n; \quad k \neq i \text{ için } d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k) \quad (7.9)$$

olduğu düşünülürse ağırlık vektörü şu şekilde bulunur:

$$W' = (d'(A_1), d'(A_2), \dots, d'(A_n))^T \quad (7.10)$$

Burada  $A_i, (i=1, 2, 3, \dots, n)$ ,  $n$  elemandan oluşmaktadır.

Normalize edilmiş ağırlık vektörleri,

$$W = (d(A_1), d(A_2), \dots, d(A_n))^T \quad (7.11)$$

olarak bulunur. Burada,  $W$  ağırlık vektörü bulanık bir sayı değildir.[67]

## **8. YER SEÇİMİNE YÖNELİK UYGULAMA**

### **8.1. Araştırmanın Amacı ve Önemi**

Düzenli depolama, katı atıkların yerleşim bölgelerinden uzaklaştırılmasında son aşamayı temsil etmektedir. Düzenli depolama sürecinde istenilen başarının elde edilebilmesi için öncelikle en uygun yerin seçilmesi gerekmektedir. Bu amacı gerçekleştirebilmek için bir çok alanda uygulaması bulunmakta olan Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerinden bulanık analitik hiyerarşi prosesi esaslı bir model çalışması amaçlanmıştır.

Chang'in bulanık analitik hiyerarşi prosesi modelinin temel alındığı bu çalışmada katı atıkların bertaraf metotlarından düzenli depolama alanı için en uygun yer seçimi kararının verilmesine çalışılmaktadır. Çözüm sürecinde bulanık AHP yönteminin kullanılmasının nedeni, bu çözüm tekniğinin sistemi etkileyen faktörlerin hiyerarşik gösterimi sayesinde en ufak ayrıntının bile karar üzerindeki etkisinin dikkate alınması ve elimizdeki verilerin bu çözüm tekniği çerçevesinde kullanılmaya elverişli olmasından ileri gelmektedir.

Yer seçimi ile ilgili alternatifler değerlendirilirken çevresel unsurlar, sosyal unsurlar ve hassasiyetler göz önüne alınmaktadır. Bu şekilde sadece ekonomik ve teknik değil, çevresel açıdan da değerlendirilerek en sürdürülebilir ve tüm taraflarca kabul edilebilir en uygun yerin seçilmesi sağlanmaya çalışılmaktadır.

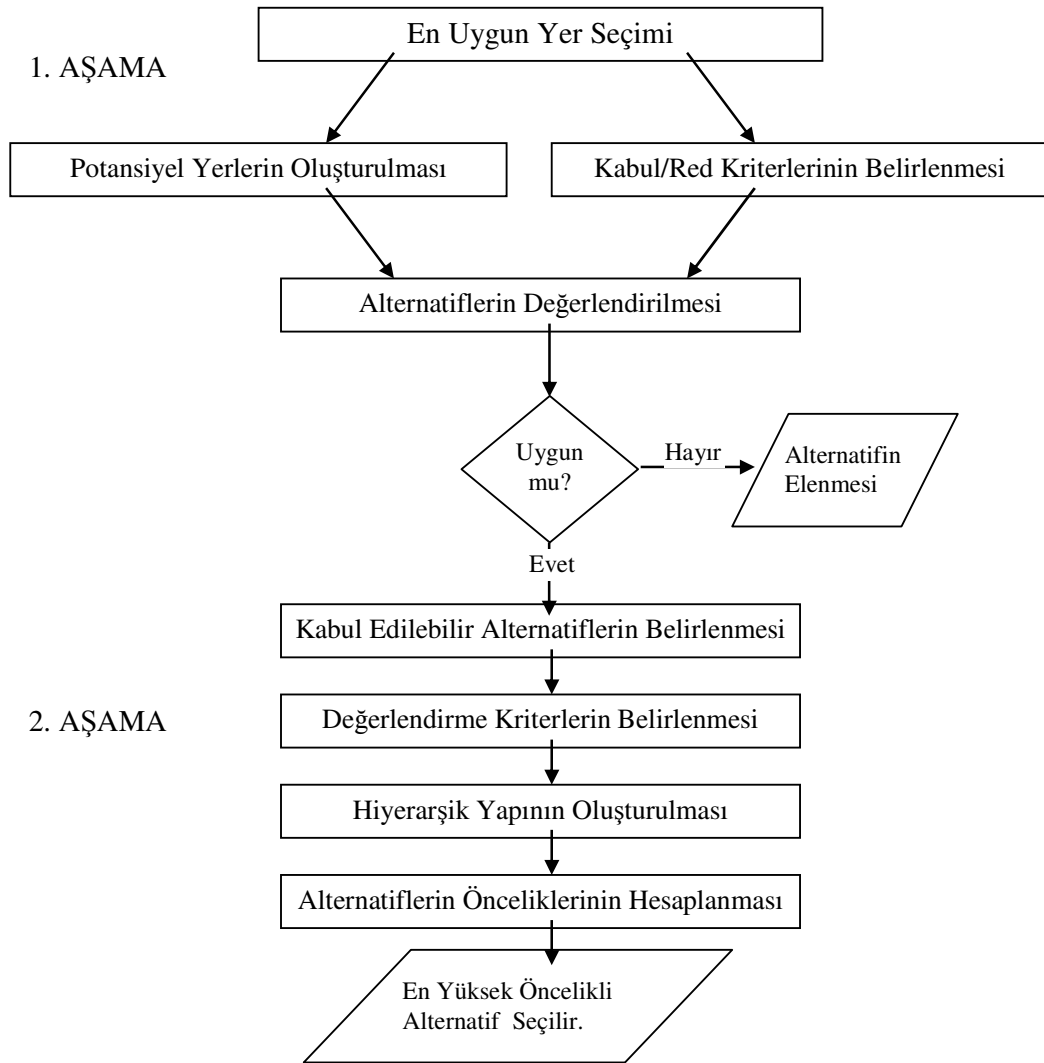
### **8.2. Araştırmanın Tasarımı**

Değerlendirme sürecinin, projenin hazırlanma aşamasında başlanmış olması çevresel hususların ve halkın görüşlerinin göz önüne alınarak en kabul edilebilir çözümün oluşturulmasını sağlamaktadır. Çevresel ve sosyal açıdan en uygun yer seçimi için çözüm süreci 2 aşamadan oluşmaktadır.

1. Aşama olan ön değerlendirme kapsamında çevresel, sosyal ve ekonomik açıdan en uygun yer seçimi için belediye tarafından yapılan ön araştırma sonucunda önerilen potansiyel alanları, her alanın ekolojik ve sosyo-kültürel anlamda tanımlanması

sağlanarak doğal ve sosyo-kültürel kaynakların bozulması anlamında ciddi çevresel sınırlamaları olan alanların eleyici kriterlerle elimine edilmesine çalışılmaktadır.

Projenin uygulanıp uygulanamayacağı ilgili kurumlar olan Çevre ve Orman Bakanlığı ve Kültür ve Turizm Bakanlığının izin/onayına bağlı olduğundan proje başvurusu yapıldığında kesinlikle olumsuz sonuçlanacağı belirlen hususları kabul/red kriterleri adı altında (Ek-B bakınız) oluşturularak önerilen potansiyel alanların ön değerlendirilmesinin gerçekleştirilmesi amaçlanmaktadır. Böylelikle analiz için birbirleriyle karşılaştırılacak depolama sahalarının sayıları sınırlı olabilmektedir.



**Şekil 8.1. Çözüm Süreci**

2. Aşama kapsamında, 1. aşama süreci sonunda kabul edilebilir alternatif yerler belirlenmiş olmaktadır ve bu alternatif yerleşim yerlerinin değerlendirilebilmesi için göz önüne alınabilecek çok sayıda kriter bulunmaktadır. Önemli olan, bu kriterlerin

alternatif yerleşim yerlerini değerlendirirken doğru kriterler olup olmadığının saptanması olmaktadır. Öncelikle amaca yönelik göz önüne alınabilecek tüm kriterler ve alt kriterler belirlenmektedir. Daha sonra, tüm kriterler tekrar gözden geçirilerek birbiri ile çelişen ve bu çalışma için amaca yönelik olduğu düşünülmeyen kriterler değerlendirmeden çıkarılmaktadır.

Hiyerarşik yapının oluşturulmasında teorik kaynaklar temel alınarak uzmanların tecrübeleriyle oluşturulmaktadır. Bunun için ilk olarak değerlendirme sürecinin genel hedefi belirlenmektedir. Bu çalışmada belediye yetkililerince belirlenen genel hedef en uygun düzenli depolama tesisi yerinin belirlenmesidir.

Alternatif depolama alanları için oluşturulan hiyerarşik yapı çerçevesindeki kriterlerle, Çok Kriterli Karar Verme yöntemlerinden bulanık analitik hiyerarşi prosesi esaslı model çalışması kullanılarak alternatiflerin önceliklerinin hesaplanması ve en yüksek öncelikli alternatifin seçilmesi gerçekleştirilmektedir.

### **8.3. Uygulama Süreci**

#### **8.3.1. Ön Değerlendirme**

1. Aşama kapsamında Önerilen 5 potansiyel yerlerden birinde çok sayıda kaynak suyu çıkışları bulunmaktadır ve saha içerisinde mevsime bağlı akan bir dere bulunmaktadır. Bu dere, daha sonra başka bir dere ile birleşerek yakın mevkideki köye ulaşmaktadır.

Bir başka alternatif alan ise iki su havzasını ayıran su bölüm hattı üzerinde bulunmaktadır. Sahanın su toplama havzası konumunda olup, bu havzada çevre köylere ait içme suyu sistemleri bulunmaktadır.

Alternatif katı atık proje alanlarında endemik bitki türü bulunmamaktadır. Alternatif katı atık proje alanlarının floristik listeleri değerlendirildiğinde; 3 Mart 1978'de Washington da imzalanan CITES (Nesli Tehlikede Olan Hayvan ve Bitki Türlerinin Uluslararası Ticaretine ilişkin Sözleşme) gereği koruma altına alınan ve ticareti yasaklanan bitki türlerinin hiçbiri alanda bulunmamaktadır. Ayrıca 09.01.1984 tarihinde Türkiye'nin resmen taraf olarak onayladığı Avrupa'nın Yaban Hayatı ve Yaşam Ortamlarını Koruma Sözleşmesi (BERN) gereği koruma altında bulunan bitki türleri proje alanları çevresinde bulunmadığı belirlenmiştir.

Diğer alternatif proje alanları civarında hiçbir koruma alanı (proje sahası ve etki alanında bulunabilecek milli parklar, tabiat parkları, sulak alanlar, tabiat anıtları, tabiatı koruma alanları, yaban hayatı koruma alanları, yaban hayvanı yetiştirme alanları, kültür varlıkları, tabiat varlıkları, sit ve koruma alanları, Boğaziçi kanununa göre koruma altına alınan alanlar, biyogenetik rezerv alanları, biyosfer rezervleri, özel çevre koruma bölgeleri, özel koruma alanları, içme ve kullanma su kaynakları ile ilgili koruma alanları turizm alan ve merkezleri ve koruma altına alınmış diğer alanlar) bulunmamaktadır.

Şev durumu il genelinde görülmemektedir. Düzenli depolama tesisi için en yakın yerleşim bölgesine uzaklığı 1000 metreden az olan yerleşim yeri bulunmamaktadır.

### **8.3.2 Hiyerarşik Yapı**

Hiyerarşik yapı oluşturulurken, değerlendirme kapsamında belirlenen dört ana kriter;

- Sosyal Çevre
- Konum
- Ulaşım
- Arazi Yapısı olarak belirlenmektedir.

Oluşturulan hiyerarşik yapı 4 ana kriter, 15 tane 2. düzey kriter, 5 tane 3.düzye ve 3 tane alternatif yerleşim yerinden oluşmaktadır.

### **Sosyal Çevre Faktörü:**

Tesisin kurulacağı yörede yaşayanların onayının alınması genellikle ihmal edilmekte ve bu durum uzun vadede büyük sorunlara neden olabilmektedir. Bu nedenle yöre halklarının düzenli depolama tesisine karşı muhtemel tepkilerinin belirlenmesi gerekmektedir. Fakat düzenli depolama tesis yeri alternatifleri arasında değerlendirme yapılırken yöre halkı tepkisini ana kriter olarak alınması durumunda uygun sonucun elde edilmesine olumsuz yönde bir etki yaratabilmektedir. Bu nedenle verilen tepki, yaşam alanına yakınlık ve yöre halkının nüfusu kriterleriyle birlikte değerlendirilerek analiz edilmesi daha uygun olmaktadır. Sonuç olarak;

- Yöre halkı tepkisi,
- Yaşam alanına yakınlık,
- Yöre halkının nüfusu parametreleri sosyal çevre faktörü adı altında değerlendirilecek olan 2. düzey kriterleridir.

Ülkemizde Katı Atık Kontrol Yönetmeliğine göre düzenli depolama tesisi, en yakın yerleşim bölgesine uzaklığı 1000 metreden az olan yerlerde inşa edilememektedir. Ancak, depo tesislerinin çevresinde tepe, yığın ve ağaçlandırma gibi tabii engeller varsa mahalli çevre kurullarının kararı ve gerektiğinde Müsteşarlığın uygun görüşü ile, bu mesafeden daha az olan yerlerde de ilgili belediye ve mahallin en büyük mülki amirliğince depo kurulmasına müsaade edilebilmektedir. Düzenli depolama tesisi kurulumu için yaşam alanlarından uzaklaştıkça bu durum sosyal çevre faktörüne olumlu yönde yansıtacağı düşünülmektedir.

Sosyoekonomik çevre üzerine etkiler özellikle bu tesislerin fiziksel ve biyolojik çevre üzerine yaratacağı etkilerin uzantısı olarak ortaya çıkmakta ve genelde insanların bu tip tesisleri algılayışı ile ilgili tepkiler doğurmaktadır. Bölgede yaşayan halk böyle bir tesise yakın olmalarından dolayı yaşam kaynaklarının etkileneceği düşüncesinin yanı sıra bölgenin değerinde de bir düşüş yaşayacağı endişesini taşıyabilmektedirler. Yöre halkı böyle bir tesisin muhtemel çevresel etkilerini düşünerek tepki göstermektedirler. Tesisin kurulacağı bölgelerdeki yöre halkının nüfusunun fazlalığı etkinin artacağı ve ana kriterimiz olan sosyal çevre faktörünü olumsuz yönde etkileyeceği düşünülmektedir.

### **Konum**

Oluşturulan model çerçevesinde karar vericinin temel kriterlerinden “Konum”un değerlendirme ölçütleri;

- Hakim rüzgar yönü,
- Yüzeysel su kaynaklarına yakınlık,
- Ormanlık alana etkisi,
- Kullanılabilir alan etkisi başlığı altında 2. düzey kriterlerden oluşmaktadır.

Düzenli depolama alanının hakim rüzgar yönü yaşam alanlarının sahadan olumsuz etkilenmesine neden olabilmektedir. Rüzgar gibi doğal olaylar neticesinde çöplerin dağılarak çok geniş bir alanı kirletmesi ve görüntü kirliliği oluşturmasının dışında tesisin işletilmesi süresince depolama sahasından ve sızıntı suyu havuzundan oluşacak olan kötü kokuların yayılmasını kolaylaştırarak yöre halkını rahatsız edebilmektedir.

Tesisin yüzey sularına (akarsular, drenaj hendekleri, göletler, göller) yakınlığı su kalitesini olumsuz yönde etkileme riski taşımaktadır. Bu nedenle tesisin, yüzey sularıyla ilişkisinin olamayacağı bir konumda bulunması gerekmektedir.

Ormanlık alan ve tarımsal alan, izin verilmeyen koruma alanlarını kapsamamakta olup yetkili makamlardan izin alınabilen kısımları içermektedir. Ormanlık alan faktörü ile proje alanında daha önceden yapılaşma olmamış olması ve yeşil alan kaybının ne düzeyde olacağı değerlendirilmektedir. Manzara ve yeşillik olarak zengin olan bölgelerin etkilenmesi değerlendirilmektedir.

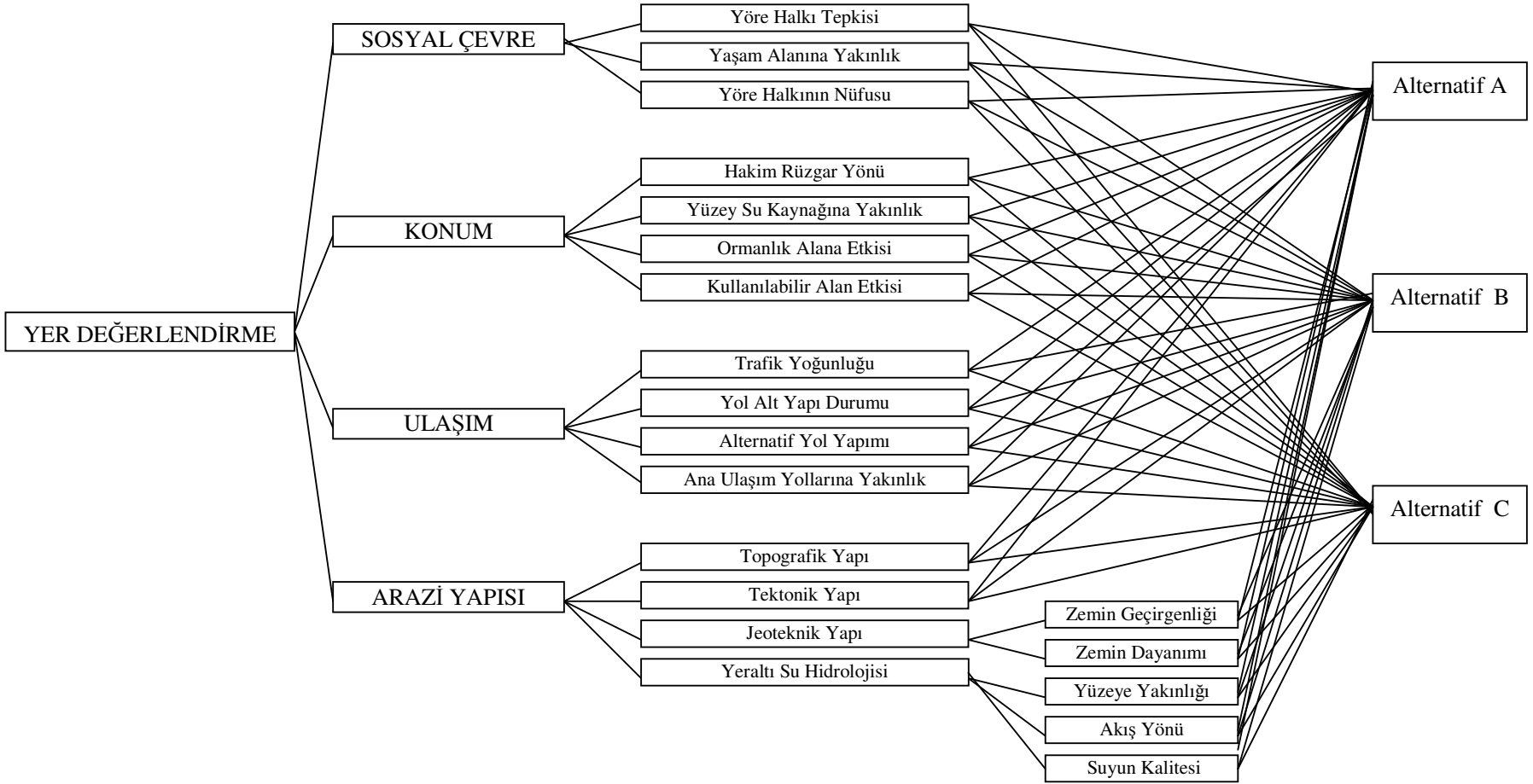
Kullanılabilir alan etkisi, yanlış arazi kullanımlarını önlemek ve toprakları daha verimli ve akılcı biçimde kullanmak üzere her arazinin kullanım biçiminin kendisi için en uygun şekilde değerlendirilmesi gerekliliğini tarımsal alanın ilerideki potansiyel kullanılabilirliği açısından ele alınmaktadır. Arazinin kullanım kabiliyeti dışında kullanımı değerlendirilmektedir.

### **Ulaşım**

Taşıt sayısının artması yolların durumunu değiştirmesi gibi, yerleşim merkezlerinin görünümünü ve yaşam biçimini de değiştirebilmektedir. Artan trafik yoğunluğu, güvenlik ve ulaşım kolaylığı sorunlarının çözümlenmesini de beraberinde getirmektedir. Oluşturulan model çerçevesinde karar vericinin temel kriterlerinden “Ulaşım”ın değerlendirme ölçütleri;

- Trafik yoğunluğu,
- Yol alt yapı durumu,
- Alternatif yol yapımı,
- Ana ulaşım yollarına yakınlık kriterlerini içermektedir.

Trafik yoğunluğu, proje alanında ve çevresinde projeden etkilenebilecek olan ve trafik sorunlarına maruz kalabilecek ya da sosyal çevre problemlerine yol açabilecek ulaşım yollarının olabilirliği açısından değerlendirilmesini içermektedir. Yol alt yapı durumu, taşıt sayısının artmasıyla yolların çeşitli yetersizlikleri ortaya çıkabilmektedir. Böyle bir durumla karşılaşılma olasılığını hesaba katarak yolların yeniden yapılandırılması, genişletilmesi gerekliliğini değerlendirmektedir. Alternatif yol yapımı parametresi, bazı durumlarda da yollar ne kadar genişletilirse genişletilsin, varılacak yere alternatif yol yapılmadığı sürece sorunların çözümlenememesini ifade etmektedir. Ana ulaşım yollarına yakınlık kriteri ise gerekli



Şekil 8.2. Hiyerarşik Yapı

yol çalışmalarının minimuma inmesini sağlanmasından daha önemli olarak katı atık kaynaklarına ulaşımın daha kısa sürede gerçekleştirilebilirliğini, zamandan ve maliyetten tasarruf sağlanabilirliğini ölçmektedir.

### **Arazi Yapısı**

Oluşturulan model çerçevesinde karar vericinin temel kriterlerinden “Arazi yapısı”nın değerlendirme ölçütleri;

- Topografik yapı,
- Tektonik yapı,
- Jeoteknik yapı,
- Yeraltı su hidrolojisi başlıkları altında 2. derece alt kriterlerden oluşmaktadır.

Topografik yapıyla, eğimin olası hatasını ve stabilize edilebilir yüzey durumunun değerlendirilmesini ifade etmektedir. Diğer taraftan topografik yapılar avantaj da sağlayabilmektedir. Örnek olarak hakim rüzgar yönünü kesen topografik yapılar mevcuttur (ör., dağlar, yükseltiler). Bu durum, koku açısından avantaj sağlamaktadır.

Türkiye’de olan depremlerin tamamına yakını tektonik depremlerden oluşmaktadır ve alternatif yerlerin değerlendirilmesini yaptığımız il 1.derece deprem bölgesinde olmasından dolayı düzenli depolama tesisin kurulacağı yerin belirlenmesinde alternatif yerlerin tektonik yapısı değerlendirmede kriter olarak kullanılmaktadır.

Alternatif yerlerin yeraltı zemin koşullarını belirlemesine yönelik olarak 2. derece kriter olarak jeoteknik yapı kriterinin değerlendirilebilmesi için 3. derece kriterler olarak zemin geçirgenliği ve dayanımı düzeyinin belirlenmesi gerekmektedir. Zeminin geçirgenliğinin düşük, dayanımının ise yüksek olması çalışmaların yapıldığı yerler için aranılan özellikler olmaktadır. Toprağın kil oranının yüksek olması ise bunun için önemli bir etkidir.

Sızıntı suları ve atıksuların yeraltısuyu üzerine olabilecek muhtemel etkisinin belirlenmesi gerekmektedir. Bu nedenle alternatif yerlerin yeraltısuyu durumu bir kriterdir. Yeraltı su kaynakları bölgede kullanılıyor olabileceği gibi uzun vadede değerlendirilmesi düşünülüyor da olabilir. Bu kriterin ölçümü için yeraltı su seviyesi derinliği, kalitesi ve akış yönü belirlenerek diğer sularla (nehirler, sulak alanlar vb.) bağlantısının belirlenmesi önemli olmaktadır.

### 8.3.3 Bulanık AHP ile Değerlendirme

Bu kısımda, Bulanık AHP yaklaşımlarından biri olan “Chang’in Genişletilmiş Analizi” kullanılmaktadır. Belirlenen dört stratejik nitelik esas alınarak yöntem uygulanmaktadır.

Ek-D’de bulunan bulanık üçgen sayılar tablosundan yararlanılarak, Ek-C’de yer alan ankete verilen varsayımsal yanıtlar sonucunda Tablo 8.1’de gösterilen ikili karşılaştırma matrisi oluşturulmaktadır.

**Tablo 8.1.** Stratejik niteliklere göre ikili karşılaştırma matrisi

Stratejik Nitelikler	SÇ	KO	UL	AY
SÇ	(1,1,1)	(1/2,1,3/2)	(1/2,1,3/2)	(2/5,1/2,2/3)
KO	(2/3,1,2)	(1,1,1)	(1,3/2,2)	(1/2,2/3,1)
UL	(2/3,1,2)	(1/2,2/3,1)	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)
AY	(3/2,2,5/2)	(1,3/2,2)	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)

$$S_{SÇ} = (2.40, 3.50, 4.67) \otimes (1/23.34, 1/17.34, 1/13.14) = (0.10, 0.20, 0.36)$$

$$S_{KO} = (3.17, 4.17, 6.00) \otimes (1/23.34, 1/17.34, 1/13.14) = (0.14, 0.24, 0.46)$$

$$S_{UL} = (2.57, 3.17, 4.67) \otimes (1/23.34, 1/17.34, 1/13.14) = (0.11, 0.18, 0.36)$$

$$S_{AY} = (5.00, 6.50, 8.00) \otimes (1/23.34, 1/17.34, 1/13.14) = (0.21, 0.37, 0.61)$$

Vektörleri kullanılarak,  $V(S_{SÇ} \geq S_{KO})=0.85$ ,  $V(S_{SÇ} \geq S_{UL})=1$ ,  $V(S_{SÇ} \geq S_{AY})=0.47$ ,  $V(S_{KO} \geq S_{SÇ})=1$ ,  $V(S_{KO} \geq S_{UL})=1$ ,  $V(S_{KO} \geq S_{AY})=0.66$ ,  $V(S_{UL} \geq S_{SÇ})=0.93$ ,  $V(S_{UL} \geq S_{KO})=0.79$ ,  $V(S_{UL} \geq S_{AY})=0.44$ ,  $V(S_{AY} \geq S_{SÇ})=1$ ,  $V(S_{AY} \geq S_{KO})=1$ ,  $V(S_{AY} \geq S_{UL})=1$  değerleri elde edilmektedir. Hesaplanan değerlerden çıkan sonuca göre, ağırlık vektörü  $W_S = (0.18, 0.26, 0.17, 0.39)^T$  olarak hesaplanmıştır.

Temel nitelikler dikkate alınarak alt nitelikler karşılaştırılmaktadır. Karşılaştırma sonucunda her bir stratejik nitelik için ağırlık vektörü elde edilmektedir.

**Tablo 8.2.** Konuma göre alt niteliklerin değerlendirilmesi

KONUM	HRY	YKY	OAE	KAE
HRY	(1,1,1)	(1/3,2/5,1/2)	(2/5,1/2,2/3)	(1/2,2/3,1)
YKY	(2,5/2,3)	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)	(3/2,2,5/2)
OAE	(3/2,2,5/2)	(2/5,1/2,2/3)	(1,1,1)	(2/3,1,2)
KAE	(1,3/2,2)	(2/5,1/2,2/3)	(1/2,1,3/2)	(1,1,1)

$$S_{HRY} = (2.23, 2.57, 3.17) \otimes (1/23.51, 1/18.57, 1/14.7) = (0.09, 0.14, 0.36)$$

$$S_{YKY} = (6.00, 7.50, 9.00) \otimes (1/23.51, 1/18.57, 1/14.7) = (0.26, 0.40, 0.61)$$

$$S_{OAE} = (3.57, 4.50, 6.17) \otimes (1/23.51, 1/18.57, 1/14.7) = (0.15, 0.24, 0.42)$$

$$S_{KAE} = (2.90, 4.00, 5.17) \otimes (1/23.51, 1/18.57, 1/14.7) = (0.12, 0.21, 0.35)$$

Vektörleri kullanılarak  $V(S_{HRY} \geq S_{YKY})=0.67$ ,  $V(S_{HRY} \geq S_{OAE}) =0.41$ ,  $V(S_{HRY} \geq S_{KAE})=0.59$ ,  $V(S_{YKY} \geq S_{HRY})=1$ ,  $V(S_{YKY} \geq S_{OAE})=1$ ,  $V(S_{YKY} \geq S_{KAE})=1$ ,  $V(S_{OAE} \geq S_{HRY})=1$ ,  $V(S_{OAE} \geq S_{YKY})=0.50$ ,  $V(S_{OAE} \geq S_{KAE})=1$ ,  $V(S_{KAE} \geq S_{HRY})=1$ ,  $V(S_{KAE} \geq S_{YKY})=0.32$ ,  $V(S_{KAE} \geq S_{OAE})= 0.86$  değerleri elde edilmektedir. Elde edilen ağırlık vektörü  $W_{KO} = (0.15, 0.45, 0.22, 0.18)^T$  olarak hesaplanmıştır.

**Tablo 8.3.** Ulaşım göre alt niteliklerin değerlendirilmesi

ULAŞIM	TRY	AYY	YYD	AUY
TRY	(1,1,1)	(1/2,1,3/2)	(3/2,2,5/2)	(2/3,1,2)
AYY	(2/3,1,2)	(1,1,1)	(1,3/2,2)	(2/5,1/2,2/3)
YYD	(2/5,1/2,2/3)	(1/2,2/3,1)	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)
AUY	(1/2,1,3/2)	(3/2,2,5/2)	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)

$$S_{TRY} = (3.67, 5.00, 7.00) \otimes (1/23.50, 1/17.67, 1/13.53) = (0.16, 0.28, 0.52)$$

$$S_{AYY} = (3.07, 4.00, 5.67) \otimes (1/23.50, 1/17.67, 1/13.53) = (0.13, 0.23, 0.42)$$

$$S_{YYD} = (2.30, 2.67, 3.33) \otimes (1/23.50, 1/17.67, 1/13.53) = (0.10, 0.15, 0.25)$$

$$S_{AUY} = (4.50, 6.00, 7.50) \otimes (1/23.50, 1/17.67, 1/13.53) = (0.19, 0.34, 0.55)$$

Vektörleri kullanılarak  $V(S_{TRY} \geq S_{AYY})=1$ ,  $V(S_{TRY} \geq S_{YYD})=1$ ,  $V(S_{TRY} \geq S_{AUY})=0.84$ ,  $V(S_{AYY} \geq S_{TRY})=0.84$ ,  $V(S_{AYY} \geq S_{YYD})=1$ ,  $V(S_{AYY} \geq S_{AUY})=0.68$ ,  $V(S_{YYD} \geq S_{TRY})=0.41$ ,  $V(S_{YYD} \geq S_{AYY})=0.6$ ,  $V(S_{YYD} \geq S_{AUY})=0.24$ ,  $V(S_{AUY} \geq S_{TRY})=1$ ,  $V(S_{AUY} \geq S_{AYY})=1$ ,  $V(S_{AUY} \geq S_{YYD})=1$  değerleri elde edilmektedir. Elde edilen ağırlık vektörü  $W_{UL} = (0.30, 0.25, 0.09, 0.36)^T$  olarak hesaplanmıştır.

**Tablo 8.4.** Sosyal Çevre Etkisine göre alt niteliklerin değerlendirilmesi

SOSYAL ÇEVRE	YHT	YAY	YHN
YHT	(1,1,1)	(1/2,1,3/2)	(1,3/2,2)
YAY	(2/3,1,2)	(1,1,1)	(1/2,1,3/2)
YHN	(1/2,2/3,1)	(2/3,1,2)	(1,1,1)

$$S_{YHT} = (2.50, 3.50, 4.50) \otimes (1/13, 1/9.17, 1/6.84) = (0.19, 0.38, 0.65)$$

$$S_{YAY} = (2.17, 3.00, 4.50) \otimes (1/13, 1/9.17, 1/6.84) = (0.16, 0.32, 0.65)$$

$$S_{YHN} = (2.17, 2.67, 4.00) \otimes (1/13, 1/9.17, 1/6.84) = (0.16, 0.29, 0.58)$$

Vektörler kullanılarak,  $V(S_{YHT} \geq S_{YAY})=1$ ,  $V(S_{YHT} \geq S_{YHN})=1$ ,  $V(S_{YAY} \geq S_{YHT})=0.88$ ,  $V(S_{YAY} \geq S_{YHN})=1$ ,  $V(S_{YHN} \geq S_{YHT})=0.81$ ,  $V(S_{YHN} \geq S_{YAY})=0.93$  değerleri elde edilmektedir. Ağırlık vektörü  $W_{SÇ} = (0.37, 0.33, 0.30)^T$  olarak hesaplanmıştır.

**Tablo 8.5.** Arazi Yapısına göre alt niteliklerin değerlendirilmesi

ARAZİ YAPISI	TOY	TEY	JEY	YSH
TOY	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)	(2/5,1/2,2/3)	(1/2,2/3,1)
TEY	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1/2,1,3/2)
JEY	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)	(1,1,1)	(1/2,1,3/2)
YSH	(1,3/2,2)	(2/3,1,2)	(2/3,1,2)	(1,1,1)

$$S_{TOY} = (2.30, 2.67, 3.33) \otimes (1/22.33, 1/17.17, 1/13.63) = (0.10, 0.16, 0.24)$$

$$S_{TEY} = (4.00, 5.00, 6.00) \otimes (1/22.33, 1/17.17, 1/13.63) = (0.18, 0.29, 0.44)$$

$$S_{JEY} = (4.00, 5.00, 6.00) \otimes (1/22.33, 1/17.17, 1/13.63) = (0.18, 0.29, 0.44)$$

$$S_{YSH} = (3.33, 4.50, 7.00) \otimes (1/22.33, 1/17.17, 1/13.63) = (0.15, 0.26, 0.51)$$

Vektörler kullanılarak,  $V(S_{TOY} \geq S_{TEY})=0.32$ ,  $V(S_{TOY} \geq S_{JEY})=0.32$ ,  $V(S_{TOY} \geq S_{YSH})=0.47$ ,  $V(S_{TEY} \geq S_{TOY})=1$ ,  $V(S_{TEY} \geq S_{JEY})=1$ ,  $V(S_{TEY} \geq S_{YSH})=1$ ,  $V(S_{JEY} \geq S_{TOY})=1$ ,  $V(S_{JEY} \geq S_{TEY})=1$ ,  $V(S_{JEY} \geq S_{YSH})=1$ ,  $V(S_{YSH} \geq S_{TOY})=1$ ,  $V(S_{YSH} \geq S_{TEY})=0.92$ ,  $V(S_{YSH} \geq S_{JEY})=0.92$  elde edilmektedir. Ağırlık vektörü  $W_{AY} = (0.10, 0.31, 0.31, 0.28)^T$  olarak hesaplanmıştır.

**Tablo 8.6.** Yeraltısı Hidrolojisine göre alt niteliklerin değerlendirilmesi

YERALTISU HİDROLOJİSİ	YY	KA
YY	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)
KA	(2/5,1/2,2/3)	(1,1,1)

Ağırlık vektörü  $W_{YSH} = (0.68, 0.32)^T$  olarak bulunmaktadır.

**Tablo 8.7.** Jeoteknik Yapıya göre alt niteliklerin değerlendirilmesi

JEOTEKNİK YAPI	ZG	ZD
ZG	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)
ZD	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)

Ağırlık vektörü  $W_{JEY} = (0.32, 0.68)^T$  olarak bulunmaktadır.

Sonraki aşama olarak dört stratejik niteliğin alt kriteri alternatif yerleşim yerlerine göre karşılaştırılarak ilgili ağırlık vektörleri hesaplanmaktadır.

**Tablo 8.8.** Yöre Halkı Tepkisi alt kriterine göre alternatiflerin bulanık matrisi

Yöre Halkı Tepkisi	A	B	C
A	(1,1,1)	(2/3,1,2)	(1/3,2/5,1/2)
B	(1/2,1,3/2)	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)
C	(2,5/2,3)	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)

$$S_A = (2.00, 2.40, 3.50) \otimes (1/13.17, 1/10.40, 1/8.40) = (0.15, 0.23, 0.42)$$

$$S_B = (1.90, 2.50, 3.17) \otimes (1/13.17, 1/10.40, 1/8.40) = (0.14, 0.24, 0.38)$$

$$S_C = (4.50, 5.50, 6.50) \otimes (1/13.17, 1/10.40, 1/8.40) = (0.34, 0.53, 0.77)$$

Vektörler kullanılarak,  $V(S_A \geq S_B)=0$ ,  $V(S_A \geq S_C) =0.21$ ,  $V(S_B \geq S_A)=1$ ,  $V(S_B \geq S_C)=0.12$ ,  $V(S_C \geq S_A)=1$ ,  $V(S_C \geq S_B)=1$  değerleri elde edilmektedir. Ağırlık vektörü  $W_{YHT} = (0, 0.11, 0.89)^T$  olarak hesaplanmıştır.

Tablo 8.8'den elde edilen veriler dikkate alınarak, Alternatif C yerinde toplum tepkisinin diğer alternatif yerlerden daha iyi olduğu, A alternatifinde toplum tepkisinin yüksek olduğunu söyleyebiliriz

**Tablo 8.9.** Yaşam Alanına Yakınlık alt kriterine göre alternatiflerin bulanık matrisi

Yaşam Alanına Yakınlık	A	B	C
A	(1,1,1)	(2/3,1,2)	(2/5,1/2,2/3)
B	(1/2,1,3/2)	(1,1,1)	(1/2,2/3,1)
C	(3/2,2,5/2)	(1,3/2,2)	(1,1,1)

$$S_A = (2.07, 2.50, 3.67) \otimes (1/12.67, 1/9.67, 1/7.57) = (0.16, 0.26, 0.48)$$

$$S_B = (2.00, 2.67, 3.50) \otimes (1/12.67, 1/9.67, 1/7.57) = (0.16, 0.28, 0.46)$$

$$S_C = (3.50, 4.50, 5.50) \otimes (1/12.67, 1/9.67, 1/7.57) = (0.28, 0.47, 0.73)$$

Bu vektörleri kullanarak,  $V(S_A \geq S_B)=0.94$ ,  $V(S_A \geq S_C) =0.49$ ,  $V(S_B \geq S_A)=1$ ,  $V(S_B \geq S_C)=0.49$ ,  $V(S_C \geq S_A)=1$ ,  $V(S_C \geq S_B)=1$  değerleri elde edilmektedir. Karar vektörü  $W_{YAY} = (0.24, 0.24, 0.52)^T$  olarak hesaplanmıştır.

Tablo 8.9.'dan elde edilen veriler dikkate alınarak, C alternatif kararının daha fazla ağırlığa sahip olduğunu fakat diğer alternatiflerinde uygun olduğunu söyleyebiliriz.

**Tablo 8.10.** Yöre Halkının Nüfusu alt kriterine göre alternatiflerin bulanık matrisi

Yöre Halkı Nüfusu	A	B	C
A	(1,1,1)	(1,3/2,2)	(2/3,1,2)
B	(1/2,2/3,1)	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)
C	(1/2,1,3/2)	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)

$$S_A = (2.67, 3.50, 5.00) \otimes (1/7.57, 1/9.67, 1/12.67) = (0.35, 0.36, 0.39)$$

$$S_B = (1.90, 2.17, 2.67) \otimes (1/7.57, 1/9.67, 1/12.67) = (0.25, 0.22, 0.21)$$

$$S_C = (3.00, 4.00, 5.00) \otimes (1/7.57, 1/9.67, 1/12.67) = (0.38, 0.41, 0.39)$$

Vektörler kullanılarak,  $V(S_A \geq S_B)=1$ ,  $V(S_A \geq S_C)=0.17$ ,  $V(S_B \geq S_A)=0$ ,  $V(S_B \geq S_C)=0$ ,  $V(S_C \geq S_A)=1$ ,  $V(S_C \geq S_B)=1$  değerleri elde edilmektedir. Ağırlık vektörü  $W_{YHN} = (0.15, 0, 0.85)^T$  olarak hesaplanmıştır.

Tablo 8.10'dan elde edilen veriler dikkate alınarak B alternatifine en yakın olan yerleşim bölgesinin nüfus yoğunluğunun diğer alternatiflerden daha yüksek olduğunu söyleyebiliriz.

**Tablo 8.11.** Hakim Rüzgar Yönü alt kriterine göre alternatiflerin bulanık matrisi

Hakim Rüzgar Yönü	A	B	C
A	(1,1,1)	(1/2,1,3/2)	(1/2,1,3/2)
B	(2/3,1,2)	(1,1,1)	(2/3,1,2)
C	(2/3,1,2)	(1/2,1,3/2)	(1,1,1)

$$S_A = (2.00, 3.00, 4.00) \otimes (1/6.50, 1/9.00, 1/13.50) = (0.31, 0.33, 0.29)$$

$$S_B = (2.33, 3.00, 5.00) \otimes (1/6.50, 1/9.00, 1/13.50) = (0.36, 0.33, 0.37)$$

$$S_C = (2.17, 3.00, 4.50) \otimes (1/6.50, 1/9.00, 1/13.50) = (0.33, 0.33, 0.33)$$

Vektörler kullanılarak,  $V(S_A \geq S_B)=1$ ,  $V(S_A \geq S_C)=1$ ,  $V(S_B \geq S_A)=1$ ,  $V(S_B \geq S_C)=1$ ,  $V(S_C \geq S_A)=1$ ,  $V(S_C \geq S_B)=1$  değerleri elde edilmektedir. Ağırlık vektörü  $W_{HRY} = (0.33, 0.33, 0.33)^T$  olarak hesaplanmıştır.

**Tablo 8.12.** Yüzey Suyuna Yakınlık alt kriterine göre alternatiflerin bulanık matrisi

Yüzey Suyuna Yakınlığı	A	B	C
A	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)	(2/7,1/3,2/5)
B	(2/5,1/2,2/3)	(1,1,1)	(1/2,2/3,1)
C	(5/2,3,7/2)	(1,3/2,2)	(1,1,1)

$$S_A = (2.79, 3.33, 3.90) \otimes (1/9.19, 1/10.90, 1/13.07) = (0.30, 0.31, 0.30)$$

$$S_B = (1.90, 2.17, 2.67) \otimes (1/9.19, 1/10.90, 1/13.07) = (0.21, 0.20, 0.20)$$

$$S_C = (4.50, 5.50, 6.50) \otimes (1/9.19, 1/10.90, 1/13.07) = (0.49, 0.50, 0.50)$$

Vektörleri kullanarak,  $V(S_A \geq S_B)=1$ ,  $V(S_A \geq S_C)=0$ ,  $V(S_B \geq S_A)=0$ ,  $V(S_B \geq S_C)=0$ ,  $V(S_C \geq S_A)=1$ ,  $V(S_C \geq S_B)=1$  değerleri elde edilmektedir. Alt kriterine göre elde edilen ağırlık vektörü  $W_{YKY} = (0, 0, 1.00)^T$  olarak hesaplanmıştır.

Tablo 8.12'den elde edilen ağırlık vektörü incelenecek olursa; C alternatifi kararının verilmesi yönünde %100'lük bir ağırlığa sahip olduğu görülür. Bunun nedeni C alternatifinin yakınında yüzey suyu bulunmamasıdır.

**Tablo 8.13.** Ormanlık Alan Etkisi alt kriterine göre alternatiflerin bulanık matrisi

Ormanlık Alan Etkisi	A	B	C
A	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)	(5/2,3,7/2)
B	(2/5,1/2,2/3)	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)
C	(2/7,1/3,2/5)	(2/5,1/2,2/3)	(1,1,1)

$$S_A = (5.00, 6.00, 7.00) \otimes (13.24, 11.33, 9.59) = (0.38, 0.53, 0.73)$$

$$S_B = (2.90, 3.50, 4.17) \otimes (13.24, 11.33, 9.59) = (0.22, 0.31, 0.43)$$

$$S_C = (1.69, 1.83, 2.07) \otimes (13.24, 11.33, 9.59) = (0.13, 0.16, 0.22)$$

vektörleri elde edilmektedir. Bu vektörleri kullanarak,  $V(S_A \geq S_B)=1$ ,  $V(S_A \geq S_C)=1$ ,  $V(S_B \geq S_A)=0.19$ ,  $V(S_B \geq S_C)=1$ ,  $V(S_C \geq S_A)=0$ ,  $V(S_C \geq S_B)=0$  değerlerinden hesaplanan ağırlık vektörü  $W_{OAE} = (0.84, 0.16, 0)^T$  olarak hesaplanmıştır.

Tablo 8.13'den elde edilen ağırlık vektörü incelenecek olursa; A alternatifinin ormanlık alana etkisinin çok az olduğu, C alternatifinin ise ormanlık alan içerisinde bulunmasından dolayı seçilmemesi yönünde sonuç çıkmıştır.

**Tablo 8.14.** Kullanılabilir Alan Etkisi alt kriterine göre alternatiflerin bulanık matrisi

Kullanılabilir Alan	A	B	C
A	(1,1,1)	(1,3/2,2)	(1/2,2/3,1)
B	(1/2,2/3,1)	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)
C	(1,3/2,2)	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)

$$S_A = (2.50, 3.17, 4.00) \otimes (1/7.90, 1/9.84, 1/12.17) = (0.32, 0.32, 0.33)$$

$$S_B = (1.90, 2.17, 2.67) \otimes (1/7.90, 1/9.84, 1/12.17) = (0.24, 0.22, 0.22)$$

$$S_C = (3.50, 4.50, 5.50) \otimes (1/7.90, 1/9.84, 1/12.17) = (0.44, 0.46, 0.45)$$

Vektörleri kullanarak,  $V(S_A \geq S_B)=1$ ,  $V(S_A \geq S_C)=0$ ,  $V(S_B \geq S_A)=0$ ,  $V(S_B \geq S_C)=0$ ,  $V(S_C \geq S_A)=1$ ,  $V(S_C \geq S_B)=1$  değerleri elde edilmektedir. Hesaplanan değerlerden çıkan sonuca göre, ağırlık vektörü  $W_{KAE} = (0, 0, 1.00)^T$  olarak hesaplanmıştır.

**Tablo 8.15.** Trafik Yoğunluğu Etkisi alt kriterine göre alternatiflerin bulanık matrisi

Trafik Yoğunluğu	A	B	C
A	(1,1,1)	(2,5/2,3)	(1/2,2/3,1)
B	(1/3,2/5,1/2)	(1,1,1)	(2/7,1/3,2/5)
C	(1,3/2,2)	(5/2,3,7/2)	(1,1,1)

$$S_A = (3.50, 4.17, 5.00) \otimes (1/13.40, 1/11.40, 1/11.12) = (0.26, 0.37, 0.45)$$

$$S_B = (3.12, 1.73, 1.90) \otimes (1/13.40, 1/11.40, 1/11.12) = (0.23, 0.15, 0.17)$$

$$S_C = (4.50, 5.50, 6.50) \otimes (1/13.40, 1/11.40, 1/11.12) = (0.34, 0.48, 0.59)$$

Vektörleri kullanarak,  $V(S_A \geq S_B)=1$ ,  $V(S_A \geq S_C)=0.50$ ,  $V(S_B \geq S_A)=0$ ,  $V(S_B \geq S_C)=0$ ,  $V(S_C \geq S_A)=1$ ,  $V(S_C \geq S_B)=1$  değerlerinden çıkan sonuca göre ağırlık vektörü  $W_{TRY} = (0.34, 0, 0.66)^T$  olarak hesaplanmıştır.

Tablo 8.15'den elde edilen ağırlık vektörü incelenecek olursa; sosyal çevre problemlerine yol açabilecek ulaşım yollarının olabirliğinin en az olduğu C alternatifi %66'lık bir ağırlığa sahiptir.

**Tablo 8.16.** Yol Alt Yapı Durumu alt kriterine göre alternatiflerin bulanık matrisi

Yol Alt Yapı	A	B	C
A	(1,1,1)	(1,3/2,2)	(5/2,3,7/2)
B	(1/2,2/3,1)	(1,1,1)	(2,5/2,3)
C	(2/7,1/3,2/5)	(1/3,2/5,1/2)	(1,1,1)

$$S_A = (4.50, 5.50, 6.50) \otimes (1/13.40, 1/11.40, 1/9.62) = (0.34, 0.48, 0.67)$$

$$S_B = (3.50, 4.17, 5.00) \otimes (1/13.40, 1/11.40, 1/9.62) = (0.26, 0.37, 0.52)$$

$$S_C = (1.62, 1.73, 1.90) \otimes (1/13.40, 1/11.40, 1/9.62) = (0.12, 0.15, 0.20)$$

vektörleri elde edilmektedir. Bu vektörleri kullanarak,  $V(S_A \geq S_B)=1$ ,  $V(S_A \geq S_C)=1$ ,  $V(S_B \geq S_A)=0.58$ ,  $V(S_B \geq S_C)=1$ ,  $V(S_C \geq S_A)=0$ ,  $V(S_C \geq S_B)=0$  değerlerine göre karar vektörü  $W_{YYD} = (0.63, 0.37, 0)^T$  olarak hesaplanmıştır.

**Tablo 8.17.** Alternatif Yol Yapımı kriterine göre alternatiflerin bulanık matrisi

Alternatif Yol Yapımı	A	B	C
A	(1,1,1)	(1,3/2,2)	(5/2,3,7/2)
B	(1/2,2/3,1)	(1,1,1)	(5/2,3,7/2)
C	(2/7,1/3,2/5)	(2/7,1/3,2/5)	(1,1,1)

$$S_A = (4.50, 5.50, 6.50) \otimes (1/13.80, 1/11.84, 1/10.07) = (0.33, 0.46, 0.65)$$

$$S_B = (4.00, 4.67, 5.50) \otimes (1/13.80, 1/11.84, 1/10.07) = (0.29, 0.39, 0.55)$$

$$S_C = (1.57, 1.67, 1.80) \otimes (1/13.80, 1/11.84, 1/10.07) = (0.11, 0.14, 0.18)$$

vektörleri elde edilmektedir. Bu vektörleri kullanarak,  $V(S_A \geq S_B)=1$ ,  $V(S_A \geq S_C)=1$ ,  $V(S_B \geq S_A)=0.76$ ,  $V(S_B \geq S_C)=1$ ,  $V(S_C \geq S_A)=0$ ,  $V(S_C \geq S_B)=0$  değerleri elde edilmektedir. Bu değerlerden elde edilen karar vektörü  $W_{AYY} = (0.57, 0.43, 0)^T$  olarak hesaplanmıştır.

Tablo 8.17'den elde edilen ağırlık vektörü incelenecek olursa; alternatif yol yapımına gerek görülmeden ulaşımın sağlanabilirliği C alternatifi kararıyla mümkün olmadığı görülmüştür.

**Tablo 8.18.** Ana Ulaşım Yol Yakınlığı kriterine göre alternatiflerin bulanık matrisi

Ana Ulaşım Yol Yak.	A	B	C
A	(1,1,1)	(1,3/2,2)	(2,5/2,3)
B	(1/2,2/3,1)	(1,1,1)	(1,3/2,2)
C	(1/3,2/5,1/2)	(1/2,2/3,1)	(1,1,1)

$$S_A = (4.00, 5.00, 6.00) \otimes (1/12.50, 1/10.34, 1/8.33) = (0.32, 0.48, 0.72)$$

$$S_B = (2.50, 3.17, 4.00) \otimes (1/12.50, 1/10.34, 1/8.33) = (0.20, 0.30, 0.48)$$

$$S_C = (1.83, 2.07, 2.50) \otimes (1/12.50, 1/10.34, 1/8.33) = (0.15, 0.20, 0.30)$$

vektörleri elde edilmektedir. Bu vektörleri kullanarak,  $V(S_A \geq S_B)=1$ ,  $V(S_A \geq S_C)=1$ ,  $V(S_B \geq S_A)=0.61$ ,  $V(S_B \geq S_C)=1$ ,  $V(S_C \geq S_A)=0$ ,  $V(S_C \geq S_B)=0.50$  değerlerinden elde edilen karar vektörü  $W_{AUY} = (0.62, 0.38, 0)^T$  olarak hesaplanmıştır.

Tablo 8.18'den elde edilen ağırlık vektörü incelenecek olursa; ana ulaşım yollarına yakınlık bakımından A alternatifinin öncelikli olduğu görülmüştür.

**Tablo 8.19.** Topografik Yapı kriterine göre alternatiflerin bulanık matrisi

Topografik Yapı	A	B	C
A	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)	(1/2,2/3,1)
B	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)
C	(1,3/2,2)	(2/5,1/2,2/3)	(1,1,1)

$$S_A = (1.90, 2.17, 2.67) \otimes (1/12.34, 1/10.17, 1/8.30) = (0.15, 0.21, 0.33)$$

$$S_B = (4.00, 5.00, 6.00) \otimes (1/12.34, 1/10.17, 1/8.30) = (0.32, 0.49, 0.72)$$

$$S_C = (2.40, 3.00, 3.67) \otimes (1/12.34, 1/10.17, 1/8.30) = (0.19, 0.29, 0.44)$$

vektörleri kullanarak,  $V(S_A \geq S_B)=0.04$ ,  $V(S_A \geq S_C) =0.64$ ,  $V(S_B \geq S_A)=1$ ,  $V(S_B \geq S_C)=1$ ,  $V(S_C \geq S_A)=1$ ,  $V(S_C \geq S_B)=0.38$  değerleriyle, ağırlık vektörü  $W_{TOY} = (0.03, 0.71, 0.26)^T$  olarak hesaplanmıştır.

Tablo 8.19'dan elde edilen ağırlık vektörü incelenecek olursa; topografik yapı kriterine göre alternatif yerlerdeki eğim ve stabilize edilebilir yüzeyin durumuna göre B alternatifinin öncelikli olduğu görülmüştür.

**Tablo 8.20.** Tektonik Yapı kriterine göre alternatiflerin bulanık matrisi

Tektonik Yapı	A	B	C
A	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)	(1,1,1)
B	(3/2,2,5/2)	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)
C	(1,1,1)	(2/5,1/2,2/3)	(1,1,1)

$$S_A = (3.50, 4.00, 4.50) \otimes (1/11.33, 1/10, 1/8.80) = (0.31, 0.40, 0.51)$$

$$S_B = (1.80, 2.00, 2.33) \otimes (1/11.33, 1/10, 1/8.80) = (0.16, 0.20, 0.26)$$

$$S_C = (3.50, 4.00, 4.50) \otimes (1/11.33, 1/10, 1/8.80) = (0.31, 0.40, 0.51)$$

vektörleri elde edilmektedir. Bu vektörleri kullanarak,  $V(S_A \geq S_B)=1$ ,  $V(S_A \geq S_C) =1$ ,  $V(S_B \geq S_A)=0$ ,  $V(S_B \geq S_C)=0$ ,  $V(S_C \geq S_A)=1$ ,  $V(S_C \geq S_B)=1$  değerleri elde edilmektedir. Değerlerden çıkan sonuca göre, ağırlık vektörü  $W_{TEY} = (0.50, 0, 0.50)^T$  olarak hesaplanmıştır.

Tablo 8.20'den elde edilen ağırlık vektörü incelenecek olursa; tektonik yapı kriterine göre alternatif yerlerden A ve C alternatiflerinin daha öncelikli olduğu görülmüştür.

**Tablo 8.21.** Zemin Geçirgenliği alt kriterine göre alternatiflerin bulanık matrisi

Zemin Geçirgenliği	A	B	C
A	(1,1,1)	(2/3,1,2)	(2/5,1/2,2/3)
B	(1/2,1,3/2)	(1,1,1)	(1/2,2/3,1)
C	(3/2,2,5/2)	(1,3/2,2)	(1,1,1)

$$S_A = (2.07, 2.50, 3.67) \otimes (1/12.67, 1/9.67, 1/7.57) = (0.16, 0.26, 0.48)$$

$$S_B = (2.00, 2.67, 3.50) \otimes (1/12.67, 1/9.67, 1/7.57) = (0.16, 0.28, 0.46)$$

$$S_C = (3.50, 4.50, 5.50) \otimes (1/12.67, 1/9.67, 1/7.57) = (0.28, 0.47, 0.73)$$

vektörleri elde edilmektedir. Bu vektörleri kullanarak,  $V(S_A \geq S_B)=0.94$ ,  $V(S_A \geq S_C) = 0.49$ ,  $V(S_B \geq S_A)=1$ ,  $V(S_B \geq S_C)=0.49$ ,  $V(S_C \geq S_A)=1$ ,  $V(S_C \geq S_B)=1$  değerleri elde edilmektedir. Değerlerden çıkan sonuca göre, ağırlık vektörü  $W_{ZG} = (0.24, 0.24, 0.52)^T$  olarak hesaplanmıştır.

**Tablo 8.22.** Zemin Dayanımı kriterine göre alternatiflerin bulanık matrisi

Zemin Dayanımı	A	B	C
A	(1,1,1)	(1,3/2,2)	(3/2,2,5/2)
B	(1/2,2/3,1)	(1,1,1)	(1/2,1,3/2)
C	(2/5,1/2,2/3)	(2/3,1,2)	(1,1,1)

$$S_A = (3.50, 4.50, 5.50) \otimes (1/12.67, 1/9.67, 1/7.57) = (0.28, 0.47, 0.73)$$

$$S_B = (2.00, 2.67, 3.50) \otimes (1/12.67, 1/9.67, 1/7.57) = (0.16, 0.28, 0.46)$$

$$S_C = (2.07, 2.50, 3.67) \otimes (1/12.67, 1/9.67, 1/7.57) = (0.16, 0.26, 0.49)$$

vektörleri elde edilmektedir. Bu vektörleri kullanarak,  $V(S_A \geq S_B)=1$ ,  $V(S_A \geq S_C) = 1$ ,  $V(S_B \geq S_A)=0.49$ ,  $V(S_B \geq S_C)=1$ ,  $V(S_C \geq S_A)=0.50$ ,  $V(S_C \geq S_B)=0.94$  değerleri elde edilmektedir. Değerlerden çıkan sonuca göre elde edilen ağırlık vektörü  $W_{ZD} = (0.50, 0.245, 0.255)^T$  olarak hesaplanmıştır.

**Tablo 8.23.** Yüzeye Yakınlık kriterine göre alternatiflerin bulanık matrisi

Yüzeye Yakınlık	A	B	C
A	(1,1,1)	(3/2,2,5/2)	(2/7,1/3,2/5)
B	(2/5,1/2,2/3)	(1,1,1)	(2/7,1/3,2/5)
C	(5/2,3,7/2)	(5/2,3,7/2)	(1,1,1)

$$S_A = (2.79, 3.33, 3.90) \otimes (1/10.48, 1/12.16, 1/13.97) = (0.27, 0.27, 0.28)$$

$$S_B = (1.69, 1.83, 2.07) \otimes (1/10.48, 1/12.16, 1/13.97) = (0.16, 0.15, 0.15)$$

$$S_C = (6.00, 7.00, 8.00) \otimes (1/10.48, 1/12.16, 1/13.97) = (0.57, 0.58, 0.57)$$

Vektörleri kullanarak,  $V(S_A \geq S_B)=1$ ,  $V(S_A \geq S_C)=0$ ,  $V(S_B \geq S_A)=0$ ,  $V(S_B \geq S_C)=0$ ,  $V(S_C \geq S_A)=1$ ,  $V(S_C \geq S_B)=1$  değerleri elde edilmektedir. Değerlerden çıkan sonuca göre, elde edilen ağırlık vektörü  $W_{YY}=(0, 0, 1.00)^T$  olarak hesaplanmıştır.

**Tablo 8.24.** Yeraltısı Kalitesi kriterine göre alternatiflerin bulanık matrisi

Su Kalitesi	A	B	C
A	(1,1,1)	(1,3/2,2)	(2/7,1/3,2/5)
B	(1/2,2/3,1)	(1,1,1)	(2/7,1/3,2/5)
C	(5/2,3,7/2)	(5/2,3,7/2)	(1,1,1)

$$S_A = (2.29, 2.88, 3.40) \otimes (1/13.80, 1/11.88, 1/10.08) = (0.17, 0.24, 0.34)$$

$$S_B = (1.79, 2.00, 2.40) \otimes (1/13.80, 1/11.88, 1/10.08) = (0.13, 0.17, 0.24)$$

$$S_C = (6.00, 7.00, 8.00) \otimes (1/13.80, 1/11.88, 1/10.08) = (0.43, 0.59, 0.79)$$

Vektörler kullanarak,  $V(S_A \geq S_B)=1$ ,  $V(S_A \geq S_C)=0$ ,  $V(S_B \geq S_A)=0$ ,  $V(S_B \geq S_C)=0$ ,  $V(S_C \geq S_A)=1$ ,  $V(S_C \geq S_B)=1$  değerlerinden çıkan sonuca göre, ağırlık vektörü  $W_{KA} = (0, 0, 1.00)^T$  olarak hesaplanmıştır.

Tablo 8.23 ve Tablo 8.24'den elde edilen ağırlık vektörleri incelenecek olursa; yeraltısının yüzeye yakınlığı ve kalitesi kriterlerine göre alternatif yerlerden C'nin yeraltısını ile ilişkisinin bulunmaması nedeniyle %100'lük bir ağırlığa sahiptir.

**Tablo 8.25.** Göreli ağırlıklarının kombinasyonu

Jeoteknik Yapı	ZG	ZD	Alternatif Göreli Ağırlık
Ağırlık	0.32	0.68	
Alternatif			
A	0.24	0.50	0.42
B	0.24	0.245	0.24
C	0.52	0.255	0.34

Yeraltısı Hidrolojisi	YY	KA	Alternatif Göreli Ağırlık
Ağırlık	0.68	0.32	
Alternatif			
A	0	0	0
B	0	0	0
C	1.00	1.00	1.00

Konum	HRY	YKY	OAE	KAE	Alternatif Göreli Ağırlık	Arazi Yapısı	TOY	TEY	JEY	YSH	Alternatif Göreli Ağırlık
Ağırlık	0.15	0.45	0.22	0.18			Ağırlık	0.10	0.31	0.31	
Alternatif						Alternatif					
A	0.33	0	0.84	0	0.24	A	0.03	0.50	0.42	0	0.29
B	0.33	0	0.16	0	0.09	B	0.71	0	0.24	0	0.15
C	0.34	1.00	0	1.00	0.67	C	0.26	0.50	0.34	1.00	0.56

Sosyal Çevre	YHT	YAY	YHN	Alternatif Görelî Ağırlık
Ağırlık	0.37	0.33	0.30	
Alternatif				
A	0.00	0.24	0.15	0.13
B	0.11	0.24	0.00	0.12
C	0.89	0.52	0.85	0.75

Ulaşım	TRY	AYY	YYD	AUYY	Alternatif Görelî Ağırlık
Ağırlık	0.30	0.25	0.09	0.36	
Alternatif					
A	0.34	0.57	0.63	0.62	0.53
B	0.00	0.43	0.37	0.38	0.28
C	0.66	0.00	0.00	0.00	0.19

Yukarıdaki tablolarda elde edilen alternatif görelî ağırlıklara göre, en uygun konumun belirlenmesi için kararın değerlendirilmesi aşağıda verilmektedir.

**Tablo 8.26.** Stratejik niteliklere göre kararın son değerlendirmesi

Stratejik Nitelikler	Sosyal Çevre	Konum	Ulaşım	Arazi Yapısı	Alternatif Görelî Ağırlık
Ağırlık	0.18	0.26	0.17	0.39	
Alternatif					
A	0.13	0.24	0.53	0.29	0.29
B	0.12	0.09	0.28	0.15	0.15
C	0.75	0.67	0.19	0.56	0.56

Tablodan elde edilen verilere göre C Alternatifi %56'lık ağırlığa sahip olmaktadır. Sonucun C alternatifinin lehinde çıkmasında en büyük etken yeraltısu ilişkisinin bulunmamasıdır. Stratejik niteliklerden ulaşımdan çıkan sonuca göre C alternatifinin seçilmesi durumunda taşımada sıkıntı yaşanmasının muhtemel olduğu ve yeni bir alternatif yolun yapılması gerekmektedir.

## 9. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Uygulama konusu olarak düzenli depolama alanı için yer belirlenmesi araştırılmıştır. Düzenli depolama kısaca, atıkların araziye gelişi güzel bırakılmasından farklı olarak, katı atıkların çevre sağlığına uygun bir şekilde sızıntı suyu ve depo gazı ile ilgili tedbirlerin alındığı bu amaçla hazırlanmış olan araziye belirli bir düzen içerisinde boşaltılarak, üzerinin toprakla örtülmesi ve çürümeye terk edilmesi yöntemidir.

Karar problemi için kurulan hiyerarşik yapı; kriterler, alt kriterler ve alternatifler olmak üzere üç seviyeden oluşmuştur. Analiz için öncelikle kriterler ve alternatifler belirlenmiştir. Kriterlerin oluşturulmasında literatürden ve yönetmeliklerden faydalanılmıştır.

Bahsedilen model, yeni bir depolama alanının nerede tesis edileceği konusunda her zaman en iyi yanıtı veremeyebilir. Bu çalışma için daha sonrasında farklı alt kriterler oluşturularak uygulama sahasının daha ayrıntılı analizi yapılabilir. Bunun için uygulama sahasında daha kapsamlı veri alınarak zemin etüdü yapılması gerekmektedir. En uygun depolama alanına karar verilmesini sağlayacak veriler oluşturularak ve analizler yapılarak en net sonuca ulaşılabilir. Detaylı jeolojik ve hidrojeolojik araştırmaların masraflı olması göz önünde bulundurulduğunda son 2 alternatif seçenek için uygulanabilir.

Ayrıca, yapılan bu çalışma belirlenen kriterler ile sınırlıdır. İleride yapılacak herhangi bir ilave kriter sonucu değiştirebilecek özellikte olabilir. Örneğin ekonomik yönü düşünülerek maliyetler eklenebilir. Bu açıdan sadece ele alınan kriterler bazında çözümün oluştuğu ve bu çalışmanın daha ileride yapılacak çalışmalara bir kaynak oluşturduğu unutulmamalıdır.

GIS (Coğrafik Bilgi sistemi) teknolojisini haritalama ve yer şekillerinin karşılaştırılmasında kullanarak Coğrafi Bilgi Sistemleri haritalarından uygun olabilecek alternatif alanlar belirlenebilir. Bu alanlarda da benzer çalışmalar yapılarak alternatif alanların sayısı arttırılıp daha fazla karşılaştırma yapılma şansı elde edilebilir. Bu sayede yeterli sayıda uygun alan üzerinde analiz gerçekleştirilmiş olunur.

Yine de burada önerilen model, karar verme sürecinin daha açık ve şeffaf olmasını sağlayacak bir metot olarak dikkate alınmalıdır. Modelin amacı, depolama sahası seçme prosesini daha objektif bir hale getirmektir, ayrıca yer seçimi için belirleyici sebeplerin anlaşılabilir olmasını sağlayarak seçilen sahanın neden seçildiğini kontrol edebilme özelliğini de taşımaktadır.

Sonuç olarak, uygulama projesinin amacı olan en uygun alternatifin seçimi problemi, yapılan hesaplamalar ve çalışmalar doğrultusunda belirlenmiştir. En uygun çözümün C alternatifi olduğu belirlenmiş ve alınabilecek kararların en iyisinin bu alternatif üzerinde yoğunlaşarak verilmesi tavsiye edilmiştir.

## KAYNAKLAR

- [1] **Armağan, B., Demir, İ., Demir, Ö. ve Gök, N.,** 2006. Katı Atıkların Ekonomide Değerlendirilmesi, İ.T.O. Yayınları, İstanbul.
- [2] **T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı,** 2006. ÇED Rehberi-Atık Bertaraf Tesisleri, Ankara.
- [3] **T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı,** 2006. Çevresel Etki Değerlendirmesi(ÇED) El Kitabı, 2006.
- [4] **Türkiye Çevre Sorunları Vakfı,** 1991. Türkiye'nin Çevre Sorunları, TÇSV Yayınları, Ankara.
- [5] **Tchobanoglous,G., Thesien, H. and Vigil, S.A.,** 1993. Integrated Solid Waste Management Engineering Principles and Management Issue, McGraw Hill, New York.
- [6] <http://www.ekolojimagazin.com/?s=magazin&id=126>
- [7] **Alpan, Sema,** 1998. Katı Atıkların Yönetimi, TMMOB Çevre Mühendisleri, Ankara.
- [8] **Devlet Planlama T.,** 2002. Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı (2001-2005) 2002 Programı Destek Çalışmaları, Ekonomik ve Sosyal Sektörlerdeki Gelişmeler, Ankara.
- [9] **Güler, Birgül Ayman,** 2001. Çöp Hizmetleri Yönetimi, TODAİE Yayını, No:302, Ankara.
- [10] **T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı,** 14.03.1991 tarih ve 20814 sayılı Resmi Gazete, Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği.
- [11] **Baştürk, A. ve Gönüllü, M.T.,** 1990. Eysel ve Endüstriyel Katı Atıkların Düşündürdükleri, *İnsan ve Çevre Sempozyumu*, İstanbul, 171-179.
- [12] **Banar, Müfide,** Atıkların Geri Kazanılması, 2. *Atık Yönetimi ve Geri Dönüşüm Teknolojileri Fuarı*, İstanbul, 22-25 Haziran 2006.
- [13] <http://www.cevremltd.com/>
- [14] <http://www.cevko.org.tr/>
- [15] **Öztürk, Mustafa,** 2005. "Kullanılmış Kağıtların Geri Kazanılması Kullanılmış Kağıttan Kağıt Üretimi", Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara.
- [16] [http://www.donkasan.com.tr/geri\\_donusum.htm](http://www.donkasan.com.tr/geri_donusum.htm)
- [17] <http://www.donusumkimya.com.tr/resimler/tmp/Ambalajvegeridonusum.doc>
- [18] <http://www.camsiad.org.tr/default.asp>
- [19] **Öztürk, Mustafa,** 2005 , Kullanılmış Alüminyum Malzemelerin Geri Kazanılması, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara.
- [20] **Öztürk, Mustafa,** 2004., Demir Çelik Geri Kazanma Esasları, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara.

- [21] **Sarıkaya, Hasan Zuhuri**, 2006. AB Uyum Sürecinde Çevre Mevzuatı ve KOBİ'lere Getirdiği Yükümlülükler, Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ankara.
- [22] **T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı**, 30.07.2004 tarih ve 25538 sayılı Resmi Gazete, Ambalaj ve Ambalaj Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği.
- [23] **T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı**, 20.05.1993 tarih ve 21586 sayılı Resmi Gazete, Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği.
- [24] **T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı**, 27.08.1995 tarih ve 22387 sayılı Resmi Gazete, Tehlikeli Atıkların Kontrolü Yönetmeliği.
- [25] **T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı**, 30.06.1999 tarih ve 1871 sayılı Resmi Gazete, Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği.
- [26] **Mühendislik ve Müşavirlik Hizmetleri Ortak Girişim Grubu**, 2007. Büyük İstanbul İçme suyu II. Merhale Projesi Melen Sistemi Büyük Melen Havzası Entegre Koruma ve Su Yönetimi Master Planı, Katı Atık Yönetimi Projesi Mevcut Durum Raporu, İstanbul, Türkiye.
- [27] **Andrew, M. King, Stuart, C. Burgess, Winnie, Ijomah, McMahan, C.**, 2006. "Reducing waste: repair, recondition, remanufacture or recycle?", *Sustainable Development*, **14(4)**, 257.
- [28] **MIMKO**, 2006. Katı Atık Ana Planı Nihai Rapor, İstanbul.
- [29] **Miranda, M. L., Miller, J. N., Jacobs, T.L.**, 2000. "Talking Trash about Landfills: Using Quantitative Scoring Schemes in Landfill Siting Processes", *Journal of Policy Analysis and Management*, **19(1)**, 3.
- [30] **Al-Jarrah, O., Abu-Qdais, H.**, 2006. "Municipal Solid Waste Landfill Siting Using Intelligent System", *Waste Management*, **26(3)**, 299-306.
- [31] [www.ebso.org.tr/tr/yonkom/cevre/tehlikeliatikyercec.ppt](http://www.ebso.org.tr/tr/yonkom/cevre/tehlikeliatikyercec.ppt)
- [32] **Mc Bean, E.A., Rovers, F.A., Farquhar, G.J.**, 1995. Solid Waste Landfill Engineering and Design, Prentice Hall PTR., New Jersey.
- [33] **Vesilind, P.A., Worrell, W.A., Reinhart, D.R.**, 2002. Solid Waste Engineering, Brooks/Cole Thomson Learning.
- [34] **Babalık, Alper**, 2002., "Isparta Yöresinde Arazi Kullanımına İlişkin Sorunlar", *Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, **A(1)**, 63-81.
- [35] **Kan, Arel**, 1996. "Katı Atık Depolama Tesisleri ve Uygulamadan Bir Örnek", *Yüksek Lisans Tezi*, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [36] **Environmental Protection Agency**, 2006. "EPA Landfill Manual on Site Selection Draft for Consultation".
- [37] **Charnpratheep, K., Zhou, Q., Garner, B.**, 1997. "Preliminary landfill site screening using fuzzy geographical information systems", *Waste Management and Research*, **15**, 197-215.
- [38] <http://www.dogadernegi.org/?sayfa=45>
- [39] **Chang, Ni-Bin, Parvathinathan, G., Breeden, J.B.**, 2007. "Combining GIS with Fuzzy Multicriteria Decision-making for Landfill Siting in a

Fast-growing Urban Region”, *Journal of Environmental Management*, **1-15**.

- [40] **Yozgat, U.**, 1998. “Yönetim Bilişim Sistemleri”, Beta Basım Yayını, İstanbul.
- [41] **Dağdeviren, M., Eren, T.**, 2001. “Tedarikçi Firma Seçiminde Analitik Hiyerarşi Prosesi ve 0-1 Hedef Programlama Yöntemlerinin Kullanılması”, *Gazi Üni. Müh. Mim. Fak. Der.*, **16(2)**, **42**.
- [42] **Saaty, Thomas L.**, 1994. “How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process”, *Interface*, **24(6)**, **19-43**.
- [43] **Kuruüzüm, A., Atsan, N.**, 2001. “Analitik Hiyerarşi Yöntemi ve İşletmecilik Alanındaki Uygulamaları”, *Akdeniz İ.İ.B.F. Dergisi*, **1(84)**.
- [44] **Yüksel, İhsan, Dağdeviren, Metin**, 2006. “Sosyo-Teknik Sistemlerde Hatalı Davranış Riskini Belirlemeye Yönelik Bir Erken Uyarı Modeli”, *Gazi Üniv. Müh. Mim. Fak. Der.*, **21(4)**, **791-799**.
- [45] **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**.
- [46] **Saaty, Thomas L.**, 1990. “How to make a decision: The Analytic Hierarchy Process”, *European Journal of Operational Research*, **48(6)**, **9-26**.
- [47] **Yetim, Sebahat**, 2004. “Tek Değişkenli Reel Değerli Fonksiyonlarda Türev Kavramına Etki Eden Bazı Matematik Kavramlarının Analitik Hiyerarşi Prosesi ile Analizi”, *Kastamonu Eğitim Dergisi*, **12(1)**, **137-156**.
- [48] **Eraslan, E., Algün, O.**, 2005. “İdeal Performans Değerlendirme Formu Tasarımında Analitik Hiyerarşi Yöntemi Yaklaşımı”, *Gazi Üni. Müh. Mim. Fak. Der.*, **20(1)**, **95-106**.
- [49] **Manap, Gonca**, 2006. “Analitik Hiyerarşi Yaklaşımı İle Turizm Merkezi Seçimi”, *Ticaret ve Turizm Eğitim Fakültesi Dergisi*, **2**, **157-170**.
- [50] **Sipahi, S., Berber, A.**, 2002. “Dönüşümsel Liderlik Perspektifinin AHP Tekniği İle Analizi”, *İ.Ü. İşletme Fak. Dergisi*, **31(1)**, **10**.
- [51] **Yılmaz, Ersin**, 2005. “Analitik Hiyerarşi Süreci Tekniği ve Orman Kaynakları Planlamasına Uygulanması Örnekleri”, *DOA Dergisi*, **11**, **1-33**.
- [52] **Şen, Zekai**, 2004. Mühendislikte Bulanık Mantık ile Modelleme Prensipleri, Su Vakfı Yayınları, İstanbul.
- [53] **Nabiyev, Vasif V.**, 2003. Yapay Zeka, Seçkin Kitapevi, Ankara.
- [54] **Şahin, Uğur**, 2003. Mantık Sistemleri ve Bulanık Lineer Programlama ile Ulaştırma Probleminin Optimizasyonu, *Yüksek Lisans Tezi*, İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- [55] **Kaptanoğlu, Dilek, Özok, Ahmet Fahri**, 2006. “Akademik Performans Değerlendirmesi için Bir Bulanık Model”, *İTÜ dergisi*, **5(1)**, **193-204**.
- [56] **Akman, G., Aklan, A.**, 2006. “Tedarik Zinciri Yönetiminde Bulanık AHP Yöntemi Kullanılarak Tedarikçilerin Performansının Ölçülmesi:

Otomotiv Yan Sanayinde Bir Uygulama”, *İstanbul Ticaret Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, **9**, 23-46.

- [57] **Ayağ, Zeki, Özdemir, R.G.**, 2006. “A Fuzzy AHP Approach to Evaluating Machine Tool Alternatives”, *Journal of Intelligent Manufacturing*, **17(2)**, 77.
- [58] **Cvetkovic, D., Manic, M., Prasevic, M. ve Milutinovic, S.**, (1999), “Acoustic Comfort Optimization of Industrial Hale Using Intelligent Technology”, *Working and Living Environmental Protection*, **1(4)**, 9-18.
- [59] **Chou, T. Y. ve Liang, G. S.**, (2001), “Application of A Fuzzy Multicriteria Decision Making Model for Shipping Company Performance Evaluation”, *Maritime Policy and Management*, **28 (4)**, 375-392.
- [60] **Sohn, K. Y., Yang, J.W. ve Kang, C.S.**, (2001), “Assimilation of Public Opinions in Nuclear Decision Making Using Risk Perception”, *Annals of Nuclear Energy*, **28**, 553-563.
- [61] **Rong, C., Takashi, K. ve Wang, J.**, (2003), “Enterprise Waste Evaluation Using The Analytic Hierarchy Process and Fuzzy Set Theory”, *Production Planning and Control*, **14 (1)**, 90-103.
- [62] **Shamsuzzaman, M., Ullah, A. M. M. S. ve Bohez, E. L. J.**, (2003), “Applying Linguistic Criteria in FMS Selection: Fuzzy Set AHP Approach”, *Integrated Manufacturing Systems*, **14 (3)**, 247-254.
- [63] **Kahraman, C., Ruan, D.**, (2003), “Fuzzy Group Decision Making for Facility Location Selection”, *Information Sciences*, 157 , 135–153.
- [64] **Büyüközkan, G., Kahraman, C. ve Ruan, D.**, (2004), “A Fuzzy Multi-Criteria Decision Approach for Software Development Strategy Selection”, *International Journal of General Systems*, **33 (2-3)**, 259-280.
- [65] **Kahraman, C., Cebeci, U. ve Ruan, D.**,(2004), “Multi-Attribute Comparison of Catering Service Companies Using Fuzzy AHP: The Case of Turkey”, *International Journal of Production Economics*, **87**,171-184.
- [66] **Başlıgil, Hüseyin**, 2005, The Fuzzy Analytic Hierarchy Process for Software Selection Problems, *Journal of Engineering and Natural Sciences*, **24-33**.
- [67] **Çebi, F., Kahraman, C.**, 2007. “Tek ve Çok Ölçütlü ABC Analizleri için Bulanık AHP Modelleri”, Sıtkı Gözülü’ye Armağan,(Editörler: Demet Bayraktar, Ferhan Çebi, Bersam Bolat), s.79-96.
- [68] **Chang, D. Y.**, 1996. “Application of the Extent Analysis Method on Fuzzy AHP”, *European Journal of Operational Research*, **95**, 649-655.
- [69] **T.C. Çevre ve Orman Bakanlığı**, 16.12.2003 tarih 25318 sayılı Resmi Gazete, Çevresel Etki Değerlendirme Yönetmeliği.

## **EKLER**

### **EK-A**

#### **Ülkemiz mevzuatı uyarınca korunması gerekli alanlar**

- a) 2873 sayılı Milli Parklar Kanunu'nun 2. maddesinde tanımlanan ve bu kanunun 3. maddesi uyarınca belirlenen "Milli Parklar", "Tabiat Parkları", "Tabiat Anıtları" ve "Tabiat Koruma Alanları",
- b) 3167 sayılı Kara Avcılığı Kanunu uyarınca Orman Bakanlığı'nca belirlenen "Yaban Hayatı Koruma Sahaları ve Yaban Hayvanı Yerleştirme Alanları",
- c) 2863 sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu'nun 2. maddesinin "a - Tanımlar" bendinin 1.,2.,3. ve 5. alt bentlerinde "Kültür Varlıkları", "Tabiat Varlıkları", "Sit" ve "Koruma Alanı" olarak tanımlanan ve aynı kanun ile 3386 sayılı kanunun (2863 sayılı Kültür ve Tabiat Varlıklarını Koruma Kanunu'nun Bazı Maddelerinin Değiştirilmesi ve Bu Kanuna Bazı Maddelerin Eklenmesi Hakkında Kanun) ilgili maddeleri uyarınca tespiti ve tescili yapılan alanlar,
- d) 1380 sayılı Su Ürünleri Kanunu kapsamında olan Su Ürünleri İstihsal ve Üreme Sahaları,
- e) 4/9/1988 tarihli ve 19919 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği'nin 17 nci ve 1/7/1999 tarihli ve 23742 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Yönetmelikle değişik 18.,19. ve 20. maddelerinde tanımlanan alanlar,
- f) 2/11/1986 tarihli ve 19269 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan Hava Kalitesinin Korunması Yönetmeliği'nin 49. maddesinde tanımlanan "Hassas Kirlenme Bölgeleri",
- g) 2872 sayılı Çevre Kanunu'nun 9. maddesi uyarınca Bakanlar Kurulu tarafından "Özel ÇevreKoruma Bölgeleri" olarak tespit ve ilan edilen alanlar,
- h) 2960 sayılı Boğaziçi Kanunu'na göre koruma altına alınan alanlar,
- i) 6831 sayılı Orman Kanunu gereğince orman alanı sayılan yerler,
- j) 3621 sayılı Kıyı Kanunu gereğince yapı yasağı getirilen alanlar,
- k) 3573 Sayılı Zeytinciliğin İslahı ve Yabanilerinin Aşılattırılması Hakkında Kanunda belirtilen alanlar,
- l) 4342 sayılı Mera Kanununda belirtilen alanlar,
- m) 30.01.2002 tarih ve 24656 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren "Sulak Alanların Korunması Yönetmeliği"nde belirtilen alanlar,

#### **Ülkemizin taraf olduğu uluslararası sözleşmeler uyarınca korunması gerekli alanlar**

- a) 20/2/1984 tarih ve 18318 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren "Avrupa'nın Yaban Hayatı ve Yaşama Ortamlarını Koruma Sözleşmesi" (BERN Sözleşmesi) uyarınca koruma altına alınmış alanlardan "Önemli Deniz Kaplumbağası Üreme Alanları"nda belirtilen I. ve II. Koruma Bölgeleri, "Akdeniz Foku Yaşama ve Üreme Alanları",
- b) 12/6/1981 tarih ve 17368 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanarak yürürlüğe giren "Akdeniz'in Kirlenmeye Karşı Korunması Sözleşmesi" (Barcelona Sözleşmesi) uyarınca korumaya alınan alanlar,
- ı) 23/10/1988 tarihli ve 19968 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan "Akdeniz'de Özel Koruma Alanlarının Korunmasına Ait Protokol" gereği ülkemizde "Özel Koruma Alanı" olarak belirlenmiş alanlar,

- ıı) 13/9/1985 tarihli Cenova Bildirgesi gereği seçilmiş Birleşmiş Milletler evre Programı tarafından yayımlanmış olan ‘‘Akdeniz’de Ortak neme Sahip 100 Kıyısal Tarihi Sit’’ listesinde yer alan alanlar,
- ııı) Cenova Deklerasyonu’nun 17. maddesinde yer alan ‘‘Akdeniz’e Has Nesli Tehlikede Olan Deniz Türlerinin’’ yaşama ve beslenme ortamı olan kıyısal alanlar,
- c) 14/2/1983 tarih ve 17959 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren ‘‘Dünya Kültür ve Tabiat Mirasının Korunması Sözleşmesi’’nin 1. ve 2. maddeleri gereğince Kültür Bakanlığı tarafından koruma altına alınan ‘‘Kültürel Miras’’ ve ‘‘Doğal Miras’’ statüsü verilen kültürel, tarihi ve doğal alanlar,
- d) 17/05/1994 tarih ve 21937 sayılı Resmi Gazete’de yayımlanarak yürürlüğe giren ‘‘zellikle Su Kuşları Yaşama Ortamı Olarak Uluslararası neme Sahip Sulak Alanların Korunması Sözleşmesi’’ (RAMSAR Sözleşmesi) uyarınca koruma altına alınmış alanlar.

### **Korunması gereken alanlar**

- a) Onaylı evre Düzeni Planlarında, mevcut özellikleri korunacak alan olarak tesbit edilen ve yapılaşma yasağı getirilen alanlar (Tabii karakteri korunacak alan, biogenetik rezerv alanları, jeotermal alanlar v.b.),
- b) Tarım Alanları: Tarımsal kalkınma alanları, sulanan, sulanması mümkün ve arazi kullanma kabiliyet sınıfları I, II, III ve IV olan alanlar, yağışa bağlı tarımda kullanılan I. ve II. sınıf ile, özel mahsul plantasyon alanlarının tamamı,
- c) Sulak Alanlar: Doğal veya yapay, devamlı veya geçici, suların durgun veya akıntılı, tatlı, acı veya tuzlu, denizlerin gel-git hareketinin çekilme devresinde 6 metreyi geçmeyen derinlikleri kapsayan, başta su kuşları olmak üzere canlıların yaşama ortamı olarak önem taşıyan bütün sular, bataklık sazlık ve turbiyeler ile bu alanların kıyı kenar çizgisinden itibaren kara tarafına doğru ekolojik açıdan sulak alan kalan yerler,
- d) Gller, akarsular, yeraltısuyu işletme sahaları,
- e) Bilimsel araştırmalar için önem arzeden ve/veya nesli tehlikeye düşmüş veya düşebilir türler ve ülkemiz için endemik olan türlerin yaşama ortamı olan alanlar, biyosfer rezervi, biyotoplar, biyogenetik rezerv alanları, benzersiz özelliklerdeki jeolojik ve jeomorfolojik oluşumların bulunduğu alanlar.

## **EK-B**

### **ÖN DEĞERLENDİRME KONTROL FORMU**

1. Proje alanında ya da çevresinde projeden etkilenebilecek koruma altında, hassas ya da önemli flora ya da fauna türlerinin kullandığı (üreme, yuva yapma, beslenme, dinlenme ya da göç amaçlı) alanlar var mı?
2. Proje alanında ve çevresinde projeden etkilenebilecek tarihi ya da kültürel öneme sahip alanlar var mı?
3. Proje alanında ya da çevresinde projeden etkilenebilecek önemli, yüksek kalitede ve az bulunur kaynaklar (örneğin yeraltı suyu, yüzey suları, ormancılık, tarım, balıkçılık, turizm, mineraller gibi) yer alıyor mu?
4. Proje alanında ya da çevresinde, projeden etkilenebilecek önemli ya da ekolojik açıdan hassas bölgeler var mı?
5. Uluslararası, ulusal veya yerel mevzuatla koruma altına alınmış ve projeden etkilenebilecek ekolojik, peyzaj, doğal, kültürel değerler bulunmakta mıdır?
6. Toprak kayması, erozyon, sel gibi olumsuz koşulların meydana gelerek projenin çevresel sorunlara neden olma olasılığı var mıdır?
7. Alternatif yer, alan olarak uygun mu?
8. Proje alanında ve yakın çevresinde yeraltısu akiferleri veya besleme alanları mevcut mu?
9. Proje alanında ve yakın çevresinde taşkın alanı veya sulak alan mevcut mu?
10. Proje alanına en yakın yerleşim bölgesi uzaklığı 1000 metreden az olan yer var mı?

**BULANIK AHP YÖNTEMİ İÇİN ANKET**

Aşağıdaki soruları okuyarak ikili karşılaştırma matrisi üzerindeki gerekli işaretlemeleri yapınız. Eğer sol tarafta yer alan bir nitelik sağ taraftaki nitelikten daha önemli ise, işaretlemenizi “Eşit önem” değerinin sol tarafına yapınız. Eğer sol tarafta yer alan bir nitelik sağ taraftaki nitelikten daha az önemli ise, işaretlemenizi “Eşit önem” değerinin sağ tarafına yapınız.

Stratejik niteliklere göre		Bir niteliğin diğerine göre önem (veya tercih) değeri	
Sorular	Nitelikler	(5/2, 3, 7/2) Mutlak derecede önemli (2,5/2,3) Çok kuvvetli derecede önemli (3/2,2,5/2) Kuvvetli derecede önemli (1,3/2,2) Zayıf derecede önemli (1/2,1,3/2) Hemen hemen eşit derecede önemli (1,1,1) Tam olarak eşit derecede önemli (1/2,1,3/2) Hemen hemen eşit derecede önemli (1,3/2,2) Zayıf derecede önemli (3/2,2,5/2) Kuvvetli derecede önemli (2,5/2,3) Çok kuvvetli derecede önemli (5/2, 3, 7/2) Mutlak derecede önemli	Nitelikler
S1	SÇ		KO
S2	SÇ		UL
S3	SÇ		AY
S4	KO		UL
S5	KO		AY
S6	UL		AY

S1. Sosyal çevre etkisi (SÇ), konuma (KO) göre ne kadar önemlidir?

S2. Sosyal çevre etkisi (SÇ), ulaşım (UL) göre ne kadar önemlidir?

S3. Sosyal çevre etkisi (SÇ), arazi yapısına (AY) göre ne kadar önemlidir?

S4. Konum (KO), ulaşım (UL) göre ne kadar önemlidir?

S5. Konum (KO), arazi yapısına (AY) göre ne kadar önemlidir?

S6. Ulaşım (UL), arazi yapısına (AY) göre ne kadar önemlidir?

ARAZİ YAPISI		Bir niteliğin diğerine göre önem (veya tercih) değeri	
Sorular	Nitelikler	(5/2, 3, 7/2) Mutlak derecede önemli (2,5/2,3) Çok kuvvetli derecede önemli (3/2,2,5/2) Kuvvetli derecede önemli (1,3/2,2) Zayıf derecede önemli (1/2,1,3/2) Hemen hemen eşit derecede önemli (1,1,1) Tam olarak eşit derecede önemli (1/2,1,3/2) Hemen hemen eşit derecede önemli (1,3/2,2) Zayıf derecede önemli (3/2,2,5/2) Kuvvetli derecede önemli (2,5/2,3) Çok kuvvetli derecede önemli (5/2, 3, 7/2) Mutlak derecede önemli	Nitelikler
S7	TOY		TEY
S8	TOY		JEY
S9	TOY		YSH
S10	TEY		JEY
S11	TEY		YSH
S12	JEY		YSH

S7. Topografik yapı (TOY), tektonik yapıya (TEY) göre ne kadar önemlidir?

S8. Topografik yapı (TOY), jeoteknik yapıya (JEY) göre ne kadar önemlidir?

S9. Topografik yapı (TOY), yeraltı su hidrolojisine (YSH) göre ne kadar önemlidir?

S10. Tektonik yapı (TEY), jeoteknik yapıya (JEY) göre ne kadar önemlidir?

S11. Tektonik yapı (TEY), yeraltısu hidrolojisi (YSH) göre ne kadar önemlidir?

S12. Jeoteknik yapı (JEY), yeraltısu hidrolojisi (YSH) göre ne kadar önemlidir?

SOSYAL ÇEVRE		Bir niteliğin diğerine göre önem (veya tercih) değeri	
Sorular	Nitelikler		Nitelikler
S13	YHT	<p>(5/2, 3, 7/2) Mutlak derecede önemli (2,5/2,3) Çok kuvvetli derecede önemli (3/2,2,5/2) Kuvvetli derecede önemli (1,3/2,2) Zayıf derecede önemli (1/2,1,3/2) Hemen hemen eşit derecede önemli (1,1,1) Tam olarak eşit derecede önemli (1/2,1,3/2) Hemen hemen eşit derecede önemli (1,3/2,2) Zayıf derecede önemli (3/2,2,5/2) Kuvvetli derecede önemli (2,5/2,3) Çok kuvvetli derecede önemli (5/2, 3, 7/2) Mutlak derecede önemli</p>	YAY
S14	YHT		YHN
S15	YAY		YHN

S13. Yöre halkı tepkisi (YHT), yaşam alanına yakınlığa (YAY) göre ne kadar önemlidir?

S14. Yöre halkı tepkisi (YHT), yöre halkının nüfusuna (YAY) göre ne kadar önemlidir?

S15. Yaşam alanına yakınlık (YHT), yöre halkının nüfusuna(YAY) göre ne kadar önemlidir?

ULAŞIM' a göre		Bir niteliğin diğerine göre önem (veya tercih) değeri	
Sorular	Nitelikler		Nitelikler
S16	TRY	<p>(5/2, 3, 7/2) Mutlak derecede önemli (2,5/2,3) Çok kuvvetli derecede önemli (3/2,2,5/2) Kuvvetli derecede önemli (1,3/2,2) Zayıf derecede önemli (1/2,1,3/2) Hemen hemen eşit derecede önemli (1,1,1) Tam olarak eşit derecede önemli (1/2,1,3/2) Hemen hemen eşit derecede önemli (1,3/2,2) Zayıf derecede önemli (3/2,2,5/2) Kuvvetli derecede önemli (2,5/2,3) Çok kuvvetli derecede önemli (5/2, 3, 7/2) Mutlak derecede önemli</p>	YYD
S17	TRY		AYY
S18	TRY		AUY
S19	YYD		AYY
S20	YYD		AUY
S21	AYY		AUY

S16. Trafik yoğunluğu (TRY), yol alt yapı durumuna(YYD) göre ne kadar önemlidir?

S17. Trafik yoğunluğu (TRY), alternatif yol yapımına (AYY) göre ne kadar önemlidir?

S18. Trafik yoğunluğu (TRY), ana ulaşım yollarına yakınlığa(AUY) göre ne kadar önemlidir?

S19. Yol alt yapı durumu (YYD), alternatif yol yapımına(AYY) göre ne kadar önemlidir?

S20. Yol alt yapı durumu(YYD), ana ulaşım yollarına yakınlığa(AUY)göre ne kadar önemlidir?

S21. Alternatif yol yapımı(AYY), ana ulaşım yollarına yakınlığa(AUY)göre ne kadar önemlidir?

KONUM <sup>a</sup> göre	Bir niteliğin diğerine göre önem (veya tercih) değeri	
Sorular	(5/2, 3, 7/2) Mutlak derecede önemli (2,5/2,3) Çok kuvvetli derecede önemli (3/2,2,5/2) Kuvvetli derecede önemli (1,3/2,2) Zayıf derecede önemli (1/2,1,3/2) Hemen hemen eşit derecede önemli (1,1,1) Tam olarak eşit derecede önemli (1/2,1,3/2) Hemen hemen eşit derecede önemli (1,3/2,2) Zayıf derecede önemli (3/2,2,5/2) Kuvvetli derecede önemli (2,5/2,3) Çok kuvvetli derecede önemli (5/2, 3, 7/2) Mutlak derecede önemli	Nitelikler
S22	HR Y	YKY
S23	HR Y	OAE
S24	HR Y	KAE
S25	YKY	OAE
S26	YKY	KAE
S27	OAE	KAE

- S22. Hakim rüzgar yönü(HRY), yüzey suyu kaynağına yakınlığa(YKY) göre ne kadar önemlidir?
- S23. Hakim rüzgar yönü(HRY), ormanlık alana etkisine(OAE) göre ne kadar önemlidir?
- S24. Hakim rüzgar yönü(HRY), kullanılabilir alan etkisi(KAE) göre ne kadar önemlidir?
- S25. Yüzey suyu kaynağına yakınlık(YKY), ormanlık alana etkisi(OAE) göre ne kadar önemlidir?
- S26. Yüzey suyu kaynağına yakınlık(YKY), kullanılabilir alan etkisi (KAE)göre ne kadar önemlidir?
- S27. Ormanlık alan etkisi(OAE), kullanılabilir alan etkisi (KAE)göre ne kadar önemlidir?

YERALTISU HİDROLÖJİSİ	Bir niteliğin diğerine göre önem (veya tercih) değeri	
Sorular	(5/2, 3, 7/2) Mutlak derecede önemli (2,5/2,3) Çok kuvvetli derecede önemli (3/2,2,5/2) Kuvvetli derecede önemli (1,3/2,2) Zayıf derecede önemli (1/2,1,3/2) Hemen hemen eşit derecede önemli (1,1,1) Tam olarak eşit derecede önemli (1/2,1,3/2) Hemen hemen eşit derecede önemli (1,3/2,2) Zayıf derecede önemli (3/2,2,5/2) Kuvvetli derecede önemli (2,5/2,3) Çok kuvvetli derecede önemli (5/2, 3, 7/2) Mutlak derecede önemli	Nitelikler
S28	YY	KA

S28. Yüzeye yakınlık (YY), suyun kalitesi (KA) göre ne kadar önemlidir?

JEOTEKNİK YAPı	Bir niteliğin diğerine göre önem (veya tercih) değeri	
Sorular	(5/2, 3, 7/2) Mutlak derecede önemli (2,5/2,3) Çok kuvvetli derecede önemli (3/2,2,5/2) Kuvvetli derecede önemli (1,3/2,2) Zayıf derecede önemli (1/2,1,3/2) Hemen hemen eşit derecede önemli (1,1,1) Tam olarak eşit derecede önemli (1/2,1,3/2) Hemen hemen eşit derecede önemli (1,3/2,2) Zayıf derecede önemli (3/2,2,5/2) Kuvvetli derecede önemli (2,5/2,3) Çok kuvvetli derecede önemli (5/2, 3, 7/2) Mutlak derecede önemli	Nitelikler
ZG	ZD	

S29. Zemin geçirgenliği (ZG), zemin dayanımına(ZD) göre ne kadar önemlidir?

## ALTERNATİFLERİN DEĞERLENDİRME FORMU

Nitelikler	Alternatif Göre	Bir Niteliğin Diğerine Göre Önem (veya tercih) Değeri		
		(5/2, 3, 7/2) Mutlak derecede önemli (2,5/2,3) Çok kuvvetli derecede önemli (3/2,2,5/2) Kuvvetli derecede önemli (1,3/2,2) Zayıf derecede önemli (1/2,1,3/2) Hemen hemen eşit derecede önemli (1,1,1) Tam olarak eşit derecede önemli (1/2,1,3/2) Hemen hemen eşit derecede önemli (1,3/2,2) Zayıf derecede önemli (3/2,2,5/2) Kuvvetli derecede önemli (2,5/2,3) Çok kuvvetli derecede önemli (5/2, 3, 7/2) Mutlak derecede önemli		
Yöre Halkı Tepkisi	A			B
	A			C
	B			C
Yaşam Alanına Yakınlık	A			B
	A			C
	B			C
Yöre Halkının Nüfusu	A			B
	A			C
	B			C
Hakim Rüzgar Yönü	A			B
	A			C
	B			C
Yüzey Suyuna Yakınlık	A			B
	A			C
	B			C
Ormanlık Alana Etkisi	A			B
	A			C
	B			C
Kullanılabilir Alana Etkisi	A			B
	A			C
	B			C
Trafik Yoğunluğu	A			B
	A			C
	B			C
Yol Alt Yapı Durumu	A			B
	A			C
	B			C
Alternatif Yol Yapımı	A			B
	A			C
	B			C
Ana Ulaşım Yollarına Yakınlık	A			B
	A			C
	B			C
Topografik Yapı	A			B
	A			C
	B			C
Tektonik Yapı	A			B
	A			C
	B			C
Zemin Geçirgenliği	A			B
	A			C
	B			C
Zemin Dayanımı	A			B
	A			C
	B			C
Yeraltısuyun Yüzeye Yakınlığı	A			B
	A			C
	B			C
Yeraltısı Akış Yönü	A			B
	A			C
	B			C
Yeraltısı Kalitesi	A			B
	A			C
	B			C

## EK-D

BULANIK DİLSEL ÖLÇEK	ÜÇGEN BULANIK SAYI	ÜÇGEN BULANIK SAYI EŞLENİĞİ
Mutlak derecede önemli	$(5/2, 3, 7/2)$	$(2/7, 1/3, 2/5)$
Çok kuvvetli derecede önemli	$(2, 5/2, 3)$	$(1/3, 2/5, 1/2)$
Kuvvetli derecede önemli	$(3/2, 2, 5/2)$	$(2/5, 1/2, 2/3)$
Zayıf derecede önemli	$(1, 3/2, 2)$	$(1/2, 2/3, 1)$
Hemen hemen eşit derecede önemli	$(1/2, 1, 3/2)$	$(2/3, 1, 2)$
Tam olarak eşit derecede önemli	$(1, 1, 1)$	$(1, 1, 1)$

## **ÖZGEÇMİŞ**

Yekta BALCA 1981 yılında Kadıköy doğumlu olup lise öğrenimini Düzce Arsal Anadolu Lisesi'nde bitirdikten sonra, 2004 yılında Kocaeli Üniversitesi Endüstri Mühendisliği bölümünde lisans eğitimini tamamlamıştır. Aynı yıl başlamış olduğu İstanbul Teknik Üniversitesi İşletme Mühendisliği yüksek lisans programında eğitimini yapmaktadır.