



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

ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**ANALİTİK NETWORK PROSESİ (ANP) YÖNTEMİ
KULLANILARAK ANKARA İLİ İÇİN ENTEGRE KATI ATIK
TESİSİ UYGUN YER TAYİNİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MUSTAFA BAYHAN

DANIŞMAN

YRD. DOÇ. DR. ABDULLAH KORKUT ÜSTÜN

AKSARAY, 2015

AKSARAY ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ONAY BELGESİ

Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 122301405 numaralı Yüksek Lisans öğrencisi Mustafa BAYHAN, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “ANALİTİK NETWORK PROSESİ (ANP) YÖNTEMİ KULLANILARAK ANKARA İLİ İÇİN ENTEGRE KATI ATIK TESİSİ UYGUN YER TAYİNİ” başlıklı tezini, aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

Tez Danışmanı : Yrd. Doç. Dr. Abdullah Korkut ÜSTÜN
Aksaray Üniversitesi

Jüri Üyeleri : Yrd. Doç. Dr. Erkan KALIPCI
Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi

Jüri Üyeleri : Yrd. Doç. Dr. Melayib BİLGİN
Aksaray Üniversitesi

Teslim Tarihi:

Savunma Tarihi:

DOĞRULUK BEYANI

Yüksek lisans tezi olarak sunduğum bu çalışmayı, bilimsel etik, ahlak ve geleneklere aykırı düşecek bir yol ve yardıma başvurmaksızın yazdığımı yararlandığım eserlerin kaynakçada gösterilenlerden oluştuğunu ve bu eserleri her kullanışında alıntı yaparak yararlandığımı belirtir; bunu şerefimle doğrularım.

Enstitü tarafından belli bir zamana bağlı olmaksızın, tezimle ilgili yaptığım bu beyana aykırı bir durumun saptanması durumunda, ortaya çıkacak tüm ahlaki ve hukuki sonuçlara katlanacağımı bildiririm.

Mustafa BAYHAN

ÖNSÖZ

Ülkemizde hızla artan sanayileşme ve değişen tüketim alışkanlıkları mukabilinde atık türlerinin farklılaşması, atıkların bertarafında uygulanagelmiş geleneksel yöntemleri yetersiz kılmakta, doğaya kontrolsüz bırakılan bazı tehlikeli atıklar insan sağlığını ve doğayı tehdit ederek ciddi problemlere neden olabilmektedir. Avrupa Birliğine uyum süreci doğrultusunda son yıllarda Türkiye’de Entegre Katı Atık Yönetimi konusunda bir irade oluşmuş, gerek atıkların bertarafı gerekse ekonomiye yeniden kazandırılması noktasında projeler geliştirilmiştir. Bu aşamada yeni nesil teknoloji kullanılarak atıkların bertarafı için entegre katı atık tesislerinin yaygınlaştırılması yönünde çevre politikaları uygulamaya konulmuş, bu durum yaygınlaştırılması düşünülen bu tesislerin çevreye verilmesi muhtemel zararı en az düzeye indirecek en uygun alana kurulmasını önemli bir araştırma konusu haline getirmiştir.

Türkiye İstatistik Kurumu nüfus projeksiyonu verilerine göre 2023 yılında toplam nüfusunun 6 milyona yaklaşacağı tahmin edilmekte olan Ankara ili için, daha sonraki yıllar göz önüne alındığında nüfus artışı ve endüstriyel gelişmelerin oluşacak atık miktarını ve türünü artırarak çevre üzerinde risk ve baskı unsuru oluşturacağı öngörülmektedir. Ankara il sınırları içerisinde, nüfus artışı ve tüketime bağlı olarak gelecek yıllarda katı atıklardan kaynaklanabilecek çevre kirliliğinin kontrolüne yönelik olarak kurulması muhtemel bir entegre katı atık tesisi için, doğal yaşama ve ekonomik şartlara en uygun bölgenin araştırıldığı bu çalışmamızda; entegre katı atık tesislerinin kuruluş yerini etkileyen 3 ana kriter 17 alt kriter ölçeğinde belirlenen 7 aday ilçeden en uygun olanı çok kriterli karar verme tekniklerinden (ANP) yöntemi kullanılarak belirlenmiştir.

Ankara il sınırları içerisinde en uygun ilçenin belirlenmesine yönelik bir bölgesel çalışma niteliği taşıyan bu araştırmamız neticesinde belirlenen ilçenin, ileriki dönemlerde ilçe özelinde yapılacak bir entegre katı atık tesisi uygun saha belirleme çalışmasına ışık tutacağı düşünülmektedir.

TEŞEKKÜR

Tez çalışmam boyunca bilgi, deneyim ve tavsiyelerinden istifade ettiğim danışman hocam Sayın Yrd. Doç. Dr. Abdullah Korkut ÜSTÜN'e ve değerli jüri üyelerine teşekkür eder, saygılarımı sunarım.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

DOĞRULUK BEYANI.....	i
ÖNSÖZ.....	ii
TEŞEKKÜR	iii
İÇİNDEKİLER	iv
ÖZET.....	vii
ABSTRACT	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
SİMGELER DİZİNİ	xiv
KISALTMALAR DİZİNİ	xv
1.GİRİŞ	1
1.1. Tezin Önemi	1
1.2. Tezin Amacı ve Yöntemi	2
1.3. Çalışma Alanı	2
1.3.1. Coğrafi Konum.....	2
1.3.2. Nüfus	3
1.3.3. Fiziki ve Jeolojik Yapı	3
1.3.4. Depremsellik	5
1.3.5. Su Kaynakları	6
1.3.5.1. Akarsular	6
1.3.5.2. Göller	6
1.3.5.3. Barajlar	6
1.3.5.4. Yeraltı Suları	6
1.3.6. Ulaşım	7
1.3.7. Mevcut Atık Depolama Alanları	8
2. LİTERATÜR ÖZETİ	10
3. KATI ATIKLAR VE ENTEGRE KATI ATIK YÖNETİMİ	14
3.1. Katı Atıklar.....	14
3.1.1. Katı Atıkların Tanımı	14
3.1.2. Katı Atıkların Sınıflandırılması	14
3.1.2.1. Kentsel Katı Atıklar.....	15
3.1.2.2. Özel Atıklar	16
3.1.2.2.1. Toksik (Zehirli) Atıklar.....	16
3.1.2.2.2. Radyoaktif Atıklar.....	16
3.1.2.2.3. Tıbbi Atıklar (Hastane Atıkları).....	16
3.1.2.3. Tehlikeli (Endüstriyel) Atıklar	17
3.1.2. Katı Atık Kompozisyonu	17
3.2. Entegre Katı Atık Yönetimi	18
3.2.1. Katı Atık Yönetimi	18
3.2.2. Entegre Katı Atık Yönetimi.....	19
3.2.2.1. Entegre Katı Atık Yönetimi Kavramı ve Önemi.....	19

3.2.2.2. Entegre Katı Atık Yönetim Sisteminde Atık Hiyerarşisi	20
3.2.2.3. Entegre Katı Atık Yönetiminin Özellikleri	22
3.2.2.4. Entegre Katı Atık Yönetimi Bileşenleri	24
3.2.2.5. Entegre Katı Atık Yönetimi Atık Bertaraf Yöntemleri	25
3.2.2.5.1. Düzenli Depolama	25
3.2.2.5.2. Biyolojik Sistemler	27
3.2.2.5.2.1. Kompostlaştırma	27
3.2.2.5.2.2. Biyometanizasyon	29
3.2.2.5.2.3. Biodrying (Biyo-kurutma)	29
3.2.2.5.3. Termal Sistemler	30
3.2.2.5.3.1. Yakma	30
3.2.2.5.3.2. Piroliz	31
3.2.2.5.3.3. Gazifikasyon	32
3.2.2.5.3.4. Plazma	32
3.2.2.5.4. Geri Dönüşüm	33
4. MALZEME VE YÖNTEM	35
4.1. Çok Kriterli Karar Verme	35
4.2. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri	35
4.2.1. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)	36
4.2.1.1. Analitik Hiyerarşi Prosesi Uygulama Adımları	38
4.2.1.1.1. Problemin Tanımı	39
4.2.1.1.2. Hiyerarşik Yapının Oluşturulması	39
4.2.1.1.3. İkili Karşılaştırmaların Yapılması	40
4.2.1.1.4. Sonuçların Hesaplanması	43
4.2.2. Analitik Network Prosesi (ANP)	47
4.2.2.1 Analitik Network Prosesi Uygulama Adımları	52
4.2.2.1.1. Problemin Tanımı, Ana Kriter, Alt Kriter ve	
Alternatiflerin Belirlenmesi, Ağ Yapısının Kurulması	52
4.2.2.1.2. İkili Karşılaştırma Matrislerinin Oluşturulması	52
4.2.2.1.3. Tutarlılık Kontrolü	53
4.2.2.1.4. Süpermatris, Ağırlıklandırılmış Süpermatris ve Limit	
Süpermatrisin Oluşturulması	53
5. BULGULAR VE TARTIŞMA	55
5.1. Uygulama Adımları	55
5.1.1. Problemin Tanımı	55
5.1.2. Ana Kriter, Alt Kriter ve Alternatifler	56
5.1.2.1. Çevresel Faktörler	56
5.1.2.1.1. Yerleşim Alanlarına Uzaklık (YAU)	56
5.1.2.1.2. Su Kaynaklarına Uzaklık (SKU)	57
5.1.2.1.3. Yeraltı Su Seviyesi (YSS)	57
5.1.2.1.4. Tarımsal Alanlara Uzaklık (TAU)	57
5.1.2.1.5. Endüstriyel Alanlara Uzaklık (EAU)	57
5.1.2.1.6. Koruma (Sit) Alanlarına Uzaklık (KAU)	57
5.1.2.1.7. Askeri Alanlara Uzaklık (AAU)	57
5.1.2.1.8. Havaalanlarına Uzaklık (HU)	58
5.1.2.2. Ekonomik Faktörler	58
5.1.2.2.1. Mevcut Depolama Alanlarına Uzaklık (MDAU)	58
5.1.2.2.2. Nüfus Yoğunluğuna Yakınlık (NYY)	58
5.1.2.2.3. Ulaşım Yollarına Yakınlık (UYU)	58
5.1.2.2.4. Arazi Maliyetleri (AM)	58

5.1.2.3. Fiziki-Jeolojik Faktörler	59
5.1.2.3.1. Toprak Geçirgenliği (TG)	59
5.1.2.3.2. Eğim (Topoğrafya) (E).....	59
5.1.2.3.3. Hakim Rüzgar Yönü (HRY)	59
5.1.2.3.4. Fay Hatlarından Uzaklık (FHU).....	59
5.1.2.3.5. Taşkın (Sel) Bölgelerinden Uzaklık (TBU)	59
5.1.2.4. Alternatifler	60
5.1.3. Ağ Yapısının Kurulması	60
5.1.4. İkili Karşılaştırma Matrislerinin Oluşturulması.....	61
5.1.5. Anketlerin Birleştirilmesi ve Tutarlılık Kontrolü	68
5.1.6. Ağırlık Değerlerinin Programa Girilmesi ve Analiz Sonuçları	82
6. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	87
KAYNAKLAR	90
ÖZGEÇMİŞ.....	95

ÖZET

ANALİTİK NETWORK PROSESİ (ANP) YÖNTEMİ KULLANILARAK ANKARA İLİ İÇİN ENTEGRE KATI ATIK TESİSİ UYGUN YER TAYİNİ

Nüfus artışı, endüstriyel gelişmeler ve artan tüketim eğiliminin sebep olduğu katı atık miktarı ve türündeki artış, her bir atık türü için ayrı yönetim sistemi kurmak yerine tüm atıkları içine alan bir Entegre Katı Atık Yönetimi yaklaşımını ortaya çıkarmıştır. Ankara ili, aldığı yüksek orandaki göç nedeniyle çok hızlı ve kontrolsüz olarak büyümekte olup gelecek yıllar göz önüne alındığında mevcut katı atık bertaraf alanlarına alternatif olacak yeni alanların belirlenmesi önemli bir araştırma konusu haline gelmektedir. Bu amaçla Ankara il sınırları içerisinde doğal yaşama ve ekonomik şartlara en uygun bölgenin araştırıldığı bu çalışmamızda; ilk olarak Entegre Katı Atık Tesisi yer seçimi için konuyla ilgili yapılan diğer araştırmalar ve çalışma alanının mevcut durumu da göz önünde bulundurularak 3 ana kriter 17 alt kriter ve 7 alternatif bölge belirlenmiş sonrasında bu kriterler ve alternatifler ikili karşılaştırmalar ile ağırlık değerleri belirlenmek üzere anket vasıtasıyla uzman görüşlerine sunulmuştur. Uzman görüşleri sonrası elde edilen sayısal verilerin, çok kriterli karar verme tekniklerinden Analitik Network Prosesi yöntemi ile değerlendirilmesi neticesinde Ankara ili için en uygun Entegre Katı Atık Tesisi yeri olarak Bala ilçesi belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Entegre Katı Atık Yönetimi, Entegre Katı Atık Tesisi, Analitik Network Prosesi, Çok Kriterli Karar Verme Teknikleri.

ABSTRACT

THE SELECTION APPROPRIATE AREA OF INTEGRATED SOLID WASTE PLANT USING THE ANALYTIC NETWORK PROCESS METHOD TO ANKARA CITY

The increase in amount and type of solid waste that is caused by the population growth, industrial developments and rising propensity to consume has revealed a Integrated Solid Waste Management approach of involving all waste instead of establishing a separate management system for each type of waste. Ankara province is growing very fast and in an uncontrolled manner due to high rate of migration and considering the future years, it is become a significant research topic to determine new solid waste disposal sites as an alternative to the existing ones. To this end the most appropriate alternative area for the natural living and economic conditions within Ankara province boundaries which investigated in this study; initially, for the selection area of alternative Integrated Solid Waste Plant was determined 3 main criteria, 17 sub-criteria and 7 alternative areas (county) considering the current state of the study area and other studies were conducted on this topic, subsequently these criteria and alternatives were consulted the expert opinions by a survey to assign weight values with the pairwise comparison method. As a result of the quantitative datas that obtained taking expert opinions are analyzed using the Analytic Network Process method which is one of the multi-criteria decision making techniques, was determined the Bala county as the most appropriate alternative Integrated Solid Waste Plant area for Ankara.

Keywords: Integrated Solid Waste Management, Integrated Solid Waste Plant Analytic Network Process, Multi-Criteria Decision Making Techniques.

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 1.1: Ankara il ve ilçeleri haritası (URL-2).	2
Şekil 1.2: Ankara ili fiziki haritası (URL-4).....	4
Şekil 1.3: Ankara ili deprem haritası (URL-5).	5
Şekil 1.4: Ankara ili hidrojeolojik durum haritası (ABB, 2007).	7
Şekil 1.5: Ankara ili karayolları haritası (URL-6).	7
Şekil 1.6: Ankara ili katı atık depolama durumu (ÇŞB, 2014).	8
Şekil 3.1: Ankara ili katı atık kompozisyonu (ÇŞB, 2014).	18
Şekil 3.2: Entegre katı atık yönetimi hiyerarşisi (URL-7).	21
Şekil 3.3: Entegre katı atık yönetim sisteminin bileşenlerine ait akım şeması.	25
Şekil 3.4: Düzenli depolama sahası kesiti (URL-8).	26
Şekil 3.5: Piroliz yöntemi prosesi (URL-9).	31
Şekil 3.6: Plazma yöntemi prosesi (ÇOB, 2010).	33
Şekil 4.1: AHP modelinin genel hiyerarşik yapısı (Akay, 2011).	39
Şekil 4.2: (a) Hiyerarşi, (b) Ağ (Dağdeviren vd., 2006).	48
Şekil 5.1: Analitik ağ yapısı.	56
Şekil 5.2: Model ağ yapısının super decisions programında görünümü.	60
Şekil 5.3: Ağırlık değerlerinin super decisions programına girilmesi.	83
Şekil 5.4: Entegre katı atık tesisi yer seçimi alternatiflerine ilişkin analiz sonuçları.	83

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 1.1: Yıllara göre Ankara il nüfusu (URL-3).....	3
Çizelge 3.1: Kentsel katı atıkların kaynakları (Tchobanoglous vd., 1993).	15
Çizelge 4.1: AHP ikili karşılaştırma önem ölçeği.	41
Çizelge 4.2: İkili karşılaştırma matrisi.....	42
Çizelge 4.3: Rassallık indeksi.....	45
Çizelge 4.4: Kriterler açısından alternatiflerin karşılaştırılması.....	46
Çizelge 4.5: Alternatiflerin genel göreceli önem değerleri.	47
Çizelge 5.1: Ana kriterler matrisi.	61
Çizelge 5.2: Çevresel faktörler matrisi.	61
Çizelge 5.3: Ekonomik faktörler matrisi.	61
Çizelge 5.4: Fiziki-Jeolojik faktörler matrisi.....	62
Çizelge 5.5: Yerleşim alanlarına uzaklık bakımından fiziki-jeolojik faktörler matrisi.	62
Çizelge 5.6: Su kaynaklarına uzaklık bakımından fiziki-jeolojik faktörler matrisi... ..	62
Çizelge 5.7: Yeraltı su seviyesi bakımından fiziki-jeolojik faktörler matrisi.....	62
Çizelge 5.8: Tarımsal alanlara uzaklık bakımından fiziki-jeolojik faktörler matrisi.	62
Çizelge 5.9: Endüstriyel alanlara uzaklık bakımından fiziki-jeolojik faktörler matrisi.	62
Çizelge 5.10: Askeri alanlara uzaklık bakımından fiziki-jeolojik faktörler matrisi. .	62
Çizelge 5.11: Havaalanlarına uzaklık bakımından fiziki-jeolojik faktörler matrisi. .	63
Çizelge 5.12: Toprak geçirgenliği bakımından çevresel faktörler matrisi.....	63
Çizelge 5.13: Eğim (Topoğrafya) bakımından çevresel faktörler matrisi.	63
Çizelge 5.14: Hakim rüzgar yönü bakımından çevresel faktörler matrisi.	63
Çizelge 5.15: Arazi maliyetleri bakımından çevresel faktörler matrisi.	63
Çizelge 5.16: Arazi maliyetleri bakımından fiziki-jeolojik faktörler matrisi.	63
Çizelge 5.17: Yerleşim alanlarına uzaklık bakımından alternatifler matrisi.	64
Çizelge 5.18: Su kaynaklarına uzaklık bakımından alternatifler matrisi.....	64
Çizelge 5.19: Yeraltı su seviyesi bakımından alternatifler matrisi.....	64
Çizelge 5.20: Tarımsal alanlara uzaklık bakımından alternatifler matrisi.....	64
Çizelge 5.21: Endüstriyel alanlara uzaklık bakımından alternatifler matrisi.	65
Çizelge 5.22: Koruma (Sit) alanlarına uzaklık bakımından alternatifler matrisi.....	65
Çizelge 5.23: Askeri alanlara uzaklık bakımından alternatifler matrisi.	65
Çizelge 5.24: Havalanlarına uzaklık bakımından alternatifler matrisi.	65
Çizelge 5.25: Mevcut depolama alanlarına uzaklık bakımından alternatifler matrisi.	66
Çizelge 5.26: Nüfus yoğunluğuna yakınlık bakımından alternatifler matrisi.....	66
Çizelge 5.27: Ulaşım yollarına yakınlık bakımından alternatifler matrisi.	66
Çizelge 5.28: Arazi maliyetleri bakımından alternatifler matrisi.	66
Çizelge 5.29: Toprak geçirgenliği bakımından alternatifler matrisi.....	67
Çizelge 5.30: Eğim (Topoğrafya) bakımından alternatifler matrisi.	67
Çizelge 5.31: Hakim rüzgar yönü bakımından alternatifler matrisi.	67

Çizelge 5.32: Fay hatlarından uzaklık bakımından alternatifler matrisi.....	67
Çizelge 5.33: Taşkın (Sel) bölgelerinden uzaklık bakımından alternatifler matrisi..	68
Çizelge 5.34: Ana kriterler geometrik ortalama matrisi.	68
Çizelge 5.35: Çevresel faktörler geometrik ortalama matrisi.	70
Çizelge 5.36: Çevresel faktörler ağırlık değerleri ve tutarlılık kontrolü.	70
Çizelge 5.37: Ekonomik faktörler geometrik ortalama matrisi, ağırlık değerleri ve tutarlılık kontrolü.	70
Çizelge 5.38: Fiziki-Jeolojik faktörler geometrik ortalama matrisi, ağırlık değerleri ve tutarlılık kontrolü.....	71
Çizelge 5.39: Yerleşim alanlarına uzaklık bakımından fiziki-jeolojik faktörler geometrik ortalama matrisi, ağırlık değerleri ve tutarlılık kontrolü.....	71
Çizelge 5.40: Su kaynaklarına uzaklık ve yeraltı su seviyesi bakımından fiziki-jeolojik faktörler geometrik ortalama matrisleri ve ağırlık değerleri.....	71
Çizelge 5.41: Tarımsal alanlara uzaklık bakımından fiziki-jeolojik faktörler geometrik ortalama matrisi, ağırlık değerleri ve tutarlılık kontrolü.....	71
Çizelge 5.42: Endüstriyel alanlara uzaklık bakımından fiziki-jeolojik faktörler geometrik ortalama matrisi, ağırlık değerleri ve tutarlılık kontrolü.....	71
Çizelge 5.43: Askeri alanlara uzaklık bakımından fiziki-jeolojik faktörler geometrik ortalama matrisi, ağırlık değerleri ve tutarlılık kontrolü.....	72
Çizelge 5.44: Havaalanlarına uzaklık bakımından fiziki-jeolojik faktörler geometrik ortalama matrisi, ağırlık değerleri ve tutarlılık kontrolü.....	72
Çizelge 5.45: Toprak geçirgenliği bakımından çevresel faktörler geometrik ortalama matrisi ve ağırlık değerleri.	72
Çizelge 5.46: Eğim (Topoğrafya) bakımından çevresel faktörler geometrik ortalama matrisi.....	72
Çizelge 5.47: Eğim (Topoğrafya) bakımından çevresel faktörler ağırlık değerleri ve tutarlılık kontrolü.	72
Çizelge 5.48: Hakim rüzgar yönü bakımından çevresel faktörler geometrik ortalama matrisi, ağırlık değerleri ve tutarlılık kontrolü.....	73
Çizelge 5.49: Arazi maliyetleri bakımından çevresel faktörler geometrik ortalama matrisi, ağırlık değerleri ve tutarlılık kontrolü.....	73
Çizelge 5.50: Arazi maliyetleri bakımından fiziki-jeolojik faktörler geometrik ortalama matrisi, ağırlık değerleri ve tutarlılık kontrolü.....	73
Çizelge 5.51: Yerleşim alanlarına uzaklık bakımından alternatifler geometrik ortalama matrisi.....	73
Çizelge 5.52: Yerleşim alanlarına uzaklık bakımından alternatifler ağırlık değerleri ve tutarlılık kontrolü.....	74
Çizelge 5.53: Su kaynaklarına uzaklık bakımından alternatifler geometrik ortalama matrisi.....	74
Çizelge 5.54: Su kaynaklarına uzaklık bakımından alternatifler ağırlık değerleri ve tutarlılık kontrolü.	74
Çizelge 5.55: Yeraltı su seviyesi bakımından alternatifler geometrik ortalama matrisi.....	74
Çizelge 5.56: Yeraltı su seviyesi bakımından alternatifler ağırlık değerleri ve tutarlılık kontrolü.	75
Çizelge 5.57: Tarımsal alanlara uzaklık bakımından alternatifler geometrik ortalama matrisi.....	75
Çizelge 5.58: Tarımsal alanlara uzaklık bakımından alternatifler ağırlık değerleri ve tutarlılık kontrolü.	75

Çizelge 5.59: Endüstriyel alanlara uzaklık bakımından alternatifler geometrik ortalama matrisi.....	75
Çizelge 5.60: Endüstriyel alanlara uzaklık bakımından alternatifler ağırlık değerleri ve tutarlılık kontrolü.....	76
Çizelge 5.61: Koruma (Sit) alanlarına uzaklık bakımından alternatifler geometrik ortalama matrisi.....	76
Çizelge 5.62: Koruma (Sit) alanlarına uzaklık bakımından alternatifler ağırlık değerleri ve tutarlılık kontrolü.	76
Çizelge 5.63: Askeri alanlara uzaklık bakımından alternatifler geometrik ortalama matrisi.....	76
Çizelge 5.64: Askeri alanlara uzaklık bakımından alternatifler ağırlık değerleri ve tutarlılık kontrolü.	77
Çizelge 5.65: Havaalanlarına uzaklık bakımından alternatifler geometrik ortalama matrisi.....	77
Çizelge 5.66: Havaalanlarına uzaklık bakımından alternatifler ağırlık değerleri ve tutarlılık kontrolü.	77
Çizelge 5.67: Mevcut depolama alanlarına uzaklık bakımından alternatifler geometrik ortalama matrisi.	77
Çizelge 5.68: Mevcut depolama alanlarına uzaklık bakımından alternatifler ağırlık değerleri ve tutarlılık kontrolü.	78
Çizelge 5.69: Nüfus yoğunluğuna yakınlık bakımından alternatifler geometrik ortalama matrisi.....	78
Çizelge 5.70: Nüfus yoğunluğuna yakınlık bakımından alternatifler ağırlık değerleri ve tutarlılık kontrolü.....	78
Çizelge 5.71: Ulaşım yollarına yakınlık bakımından alternatifler geometrik ortalama matrisi.....	78
Çizelge 5.72: Ulaşım yollarına yakınlık bakımından alternatifler ağırlık değerleri ve tutarlılık kontrolü.	79
Çizelge 5.73: Arazi maliyetleri bakımından alternatifler geometrik ortalama matrisi.	79
Çizelge 5.74: Arazi maliyetleri bakımından alternatifler ağırlık değerleri ve tutarlılık kontrolü.	79
Çizelge 5.75: Toprak geçirgenliği bakımından alternatifler geometrik ortalama matrisi.....	79
Çizelge 5.76: Toprak geçirgenliği bakımından alternatifler ağırlık değerleri ve tutarlılık kontrolü.	80
Çizelge 5.77: Eğim (Topoğrafya) bakımından alternatifler geometrik ortalama matrisi.....	80
Çizelge 5.78: Eğim (Topoğrafya) bakımından alternatifler ağırlık değerleri ve tutarlılık kontrolü.	80
Çizelge 5.79: Hakim rüzgar yönü bakımından alternatifler geometrik ortalama matrisi.....	80
Çizelge 5.80: Hakim rüzgar yönü bakımından alternatifler ağırlık değerleri ve tutarlılık kontrolü.	81
Çizelge 5.81: Fay hatlarından uzaklık bakımından alternatifler geometrik ortalama matrisi.....	81
Çizelge 5.82: Fay hatlarından uzaklık bakımından alternatifler ağırlık değerleri ve tutarlılık kontrolü.	81
Çizelge 5.83: Taşkın (Sel) bölgelerinden uzaklık bakımından alternatifler geometrik ortalama matrisi.....	81

Çizelge 5.84: Taşkın (Sel) bölgelerinden uzaklık bakımından alternatifler ağırlık değerleri ve tutarlılık kontrolü.	82
Çizelge 5.85: Ağırlıklandırılmamış süpermatris değerleri.	84
Çizelge 5.86: Ağırlıklandırılmış süpermatris değerleri.	85
Çizelge 5.87: Limit süpermatris değerleri.	86

SİMGELER DİZİNİ

CI	Tutarlılık göstergesi
CR	Tutarlılık oranı
RI	Rassallık indeksi
°C	Santigrat derece
w	Özvektör
W_{ij}	i-j grubundaki öğelerin etkileşiminin temel özvektörü
s_{ij}	Sütun değerleri
t_i	Sütun toplamı
X_{ij}^k	Karar vericinin i-j elemanı için verdiği puan
N	Matris boyutu
u_{ij}	Normalleştirilmiş değerler
v_{ij}	i. kriter açısından j. alternatifin önem değeri
λ_{max}	En büyük öz değer
W	Süpermatris
a_{ij}	i. satır ve j. sütunda bulunan matris elemanı

KISALTMALAR DİZİNİ

ABB	Ankara Büyükşehir Belediyesi
AHP	Analytic Hierarchy Process
ANP	Analytic Network Process
BSTB	Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı
CBS	Coğrafi Bilgi Sistemleri
ÇOB	Çevre ve Orman Bakanlığı
ÇŞB	Çevre ve Şehircilik Bakanlığı
DEA	Data Envelopment Analysis
DEMATEL	Decision Making Trial and Evaluation Laboratory
EKAY	Entegre Katı Atık Yönetimi
ELECTRE	Elimination and Choice Translating Reality
ERP	Enterprise Resource Planning
KAY	Katı Atık Yönetimi
PROMETHEE	Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation
SMARTS	Simple Multi Attribute Rating Technique
TOPSIS	Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu

1.GİRİŞ

Teknolojik gelişmelerin tezahürü olarak gelişen ve çeşitlenen endüstriyel faaliyetlerin beraberinde getirdiği hızlı kentleşme ve nüfus artışı, tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de insan faaliyetlerinin çevre üzerindeki baskısını hızla artırmaktadır. Bu koşullarda gelişen üretim ve pazarlama faaliyetleri, doğal kaynakların daha yoğun kullanımını kaçınılmaz kılarken, hızla artan tüketim eğilimi ile birlikte oluşan atık miktarı ve türündeki artış, her bir atık türü için ayrı yönetim sistemi kurmak yerine tüm atıkları içine alan entegre bir yaklaşımın gerekliliğini ortaya çıkarmıştır. Doğal kaynakların tüketilmesinin önüne geçilmesi ve üretilen atıkların çevre ve insan sağlığı için bir tehdit olmaktan çıkarılarak ekonomi için bir girdiye dönüştürülmesini önceleyen entegre katı atık mefhumunun temelini; atık önleme, atık azaltma, yeniden kullanım, geri dönüşüm, enerji geri kazanımı ve bertaraf hiyerarşisine dayalı atık yönetimi oluşturmaktadır.

1.1. Tezin Önemi

Ülkemizde hızla artan sanayileşme ve değişen tüketim alışkanlıkları mukabilinde atık türlerinin farklılaşması, atıkların bertarafında uygulanagelmiş geleneksel yöntemleri yetersiz kılmakta, doğaya kontrolsüz bırakılan bazı tehlikeli atıklar insan sağlığını ve doğayı tehdit ederek ciddi problemlere neden olmaktadır. Avrupa Birliğine uyum süreci doğrultusunda son yıllarda Türkiye’de kentsel katı atık yönetimi konusunda bir irade oluşmuş, gerek atıkların bertarafı gerekse ekonomiye yeniden kazandırılması noktasında projeler geliştirilmiştir. Bu aşamada yeni nesil teknoloji kullanılarak atıkların bertarafı için entegre katı atık tesislerinin yaygınlaştırılması yönünde çevre politikaları uygulamaya konulmuş, bu durum yaygınlaştırılması düşünülen bu tesislerin çevreye verilmesi muhtemel zararı en az düzeye indirecek en uygun alana kurulmasını önemli bir araştırma konusu haline getirmiştir.

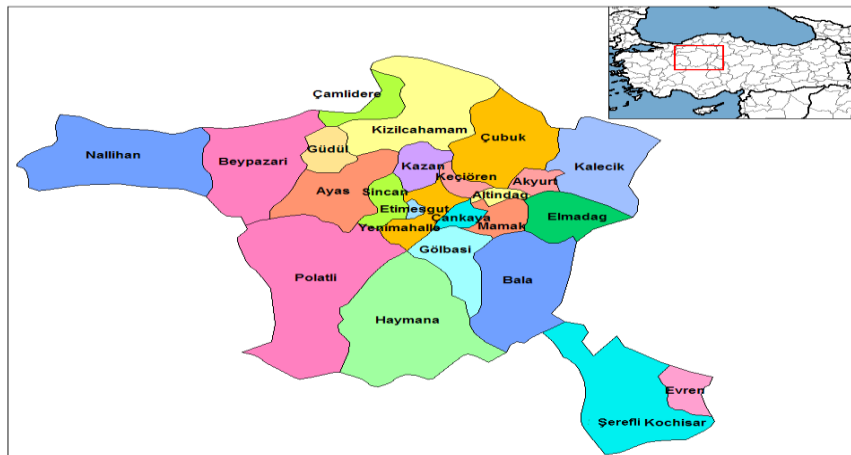
1.2. Tezin Amacı ve Yöntemi

Türkiye İstatistik Kurumu (URL-1) nüfus tahmin verilerine göre 2023 yılında toplam nüfusunun 6 milyona yaklaşacağı tahmin edilmekte olan Ankara ili için, daha sonraki yıllar göz önüne alındığında nüfus artışı ve endüstriyel gelişmelerin oluşacak atık miktarını ve türünü artırarak çevre üzerinde risk ve baskı unsuru oluşturacağı öngörülmektedir. Bu bağlamda tez çalışmamızda, Ankara il sınırları içerisinde gelecekte oluşabilecek çevre kirliliğinin kontrolüne yönelik olarak kurulması muhtemel bir entegre katı atık bertaraf tesisi için doğal yaşama ve ekonomik şartlara en uygun alanın Analitik Network Prosesi (ANP) yardımıyla tayin edilmesi amaçlanmıştır. Tesisin kuruluş yeri seçimine etki eden 3 ana kriter 17 alt kriter ve 7 aday bölge belirlenmiş, belirlenen ana kriter, alt kriter ve aday bölgeler Atık Yönetimi konusunda bilgi sahibi ve deneyimli birden fazla uzman kişi görüşüne anket vasıtasıyla sunulmuştur. Uzmanlardan alınan görüşler sonrası elde edilen sayısal veriler, çok ölçütlü karar verme tekniklerinden Analitik Network Prosesi (ANP) yöntemi yardımıyla değerlendirilerek en uygun aday bölge belirlenmiştir.

1.3. Çalışma Alanı

1.3.1. Coğrafi Konum

İç Anadolu Bölgesinin Yukarı Sakarya Bölümünde yer alan Ankara, $38^{\circ} 33'$ ve $40^{\circ} 47'$ kuzey enlemleriyle $30^{\circ} 52'$ ve $34^{\circ} 06'$ doğu boylamları arasında bulunmaktadır. 225.706 km^2 yüzölçümüyle üçüncü büyük ili olan Ankara, Türkiye Cumhuriyetinin Başkentidir. Ankara İline bağlı ilçeleri gösteren harita Şekil 1.1'de yer almaktadır.



Şekil 1.1: Ankara il ve ilçeleri haritası (URL-2).

1.3.2. Nüfus

Ankara şehrinin başkent olmasından sonra nüfusu hızla artmıştır. Cumhuriyet öncesinde küçük bir kasaba görünümünde olan şehir, bugün Türkiye'nin nüfusu en yoğun ikinci büyük şehri, modern başkenti haline gelmiştir.

Özel ve kamu sektörü yatırımları başkent ve yöresinde yoğunlaşmış, bunun sonucu olarak ortaya çıkan çalışma olanakları büyük bir nüfus akımına yol açmıştır. 1927 yılı nüfus sayımına göre toplam nüfusu 404.581 iken, son 87 yılda toplam nüfus yaklaşık 12 kat artarak 2014 yılında 5.150.072 kişiye yükselmiştir (Çizelge 1.1). Türkiye İstatistik Kurumu nüfus tahmini verilerine göre 2023 yılında Ankara İl nüfusunun 6 milyona ulaşacağı tahmin edilmektedir.

Çizelge 1.1: Yıllara göre Ankara il nüfusu (URL-3).

Yıl	Erkek Nüfusu	Kadın Nüfusu	Toplam Nüfus
2014	2.562.805	2.587.267	5.150.072
2013	2.507.525	2.537.558	5.045.083
2012	2.474.456	2.491.086	4.965.542
2011	2.439.058	2.451.835	4.890.893
2010	2.379.226	2.392.490	4.771.716
2009	2.318.633	2.332.169	4.650.802
2008	2.267.779	2.281.160	4.548.939

1.3.3. Fiziki ve Jeolojik Yapı

Kuzeyde Bolu ve Çankırı, doğuda Çorum, Kırıkkale, Kırşehir, güneyde Aksaray ve Konya, batıda ise Eskişehir illeriyle çevrili olan Ankara, morfolojik bakımdan, İç Anadolu ile bu bölgeyi denizden ve diğer bölgelerden ayıran sıradağlar arasında yerleşime müsait doğal bir esik kuşağında bulunmaktadır.

Kuzey ve güneyindeki yer şekilleri (Şekil 1.2) farklı olan ilin; güneyinde 1.100-1.200 m. yükseklikteki çıplak platolar (Haymana ve Kızılırmak platoları) ile bunlar

arasında uzanan çöküntüler yaygın şekilde bulunmaktadır. Platolar üzerinde yer yer orta yükseklikte dağlar (Paşadağ 1.367 m., Dinekdağı 1.744 m.) yer almakta, kuzeye doğru gidildikçe engebelik artmaktadır. Ankara'nın güneyinde Elmadağ (1.862 m.), doğusunda İdrisdağı (1.992 m.), kuzeybatısında Ayaş Sırtları (1.610 m.), platolar üzerinde birbirinden ayrık çöküntülerle güneybatıya uzanmaktadır. Daha kuzeyde Köroğlu dağları ile kaplı engebelik ve ormanlık alana rastlanmakta olup, bu cihette 2.034 m. yükseklikteki Işıkdagi yer almaktadır.



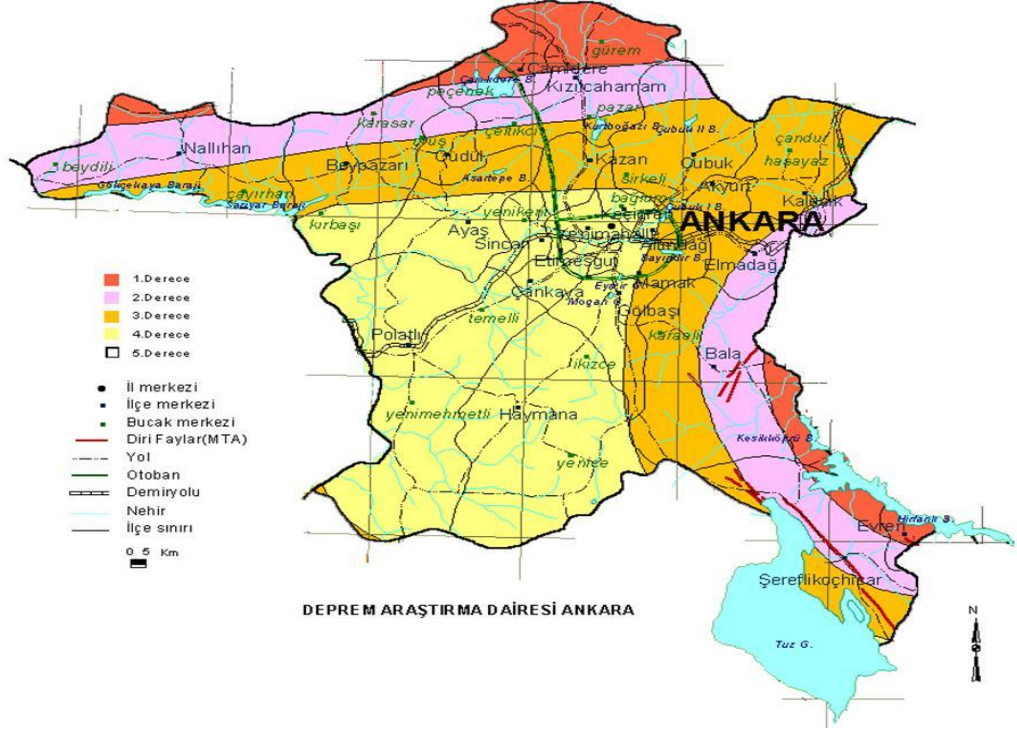
Şekil 1.2: Ankara ili fiziki haritası (URL-4).

Mürted (Kazan), Çubuk ve Balaban ile Polatlı ovaları ilin önemli ovalarıdır. Güneyde Kızılırmak platosunun batı kıyısındaki geniş ve kapalı havza konumundaki çöküntünün içinde, Türkiye'nin ikinci büyük gölü olan Tuz Gölü yer almaktadır. Ankara, Orta Anadolu Bölgesinde, doğu-batı yönünde uzanan Mürted ve Engürü kuzeyde Çubuk, güneyde Mogan ovalarının kesiştiği engebeli, ancak yerleşime müsait özellikler taşıyan bir konumdadır (ABB, 2007).

Ankara topraklarının kuzey kısımları volkaniktir. Burada andezitik ve trakitik kayalar, kuzeydoğuda granit türü kayalar, kuzeybatıda ise kireç taşları ve kumtaşları bulunur. İlin güney ve güneydoğu bölgeleri mezozoik (II. zaman) oluşumlardan meydana gelir. Sakarya Nehri çevresinde Tersiyer, Polatlı civarında Eosen, Tuz gölü dolaylarında Neojen (III. zamanın son sistemi), çukur ve düz alanlar ile akarsu boylarında Kuaterner yapılar bulunmaktadır. Başkent bölgesi büyük ölçüde volkanik yüzey malzemesine sahiptir. İlin büyük bölümü kireç taşlarından oluştuğu için kireçli topraklarla yoğunluktadır, akarsu boylarında alüvyon topraklara da rastlanır.

1.3.4. Depremsellik

Ankara İli, Türkiye Deprem Bölgeleri Haritası'nda IV. Derece Deprem Bölgesi'nde yer almaktadır. Ancak, Şekil 1.3'deki ayrıntılı haritada, büyük bir bölümü IV. Derece olmakla beraber, Ankara İli'nin kuzey ve doğu kesimlerinin yer yer III. ve II. ve hatta I. Derece Deprem Bölgesi'ne girdiği görülmektedir (URL-5).



Şekil 1.3: Ankara ili deprem haritası (URL-5).

Ankara kentinin depremselliği Ankara il merkezini 140 km çevreleyecek şekilde çizilen bölge içine düşen, 1900 - 1997 yılları arasında oluşmuş ve manyitüdü $M \geq 4$ olan depremlerden yararlanarak tespit edilmiştir. Depremlerin büyük bir çoğunluğu Kuzey Anadolu Fay Zonu ve yakın çevresiyle Güney Doğu'sunda yer alan Tuzgölü ve Kırşehir fayı civarında yoğunlaşmaktadır. Ankara bölgesinin Kuzeybatı ve Güneybatı bölgesinde oluşan depremlerin az sayıda olması bu bölgede sismik aktivitenin yok denecek kadar az olduğunu göstermektedir (ABB, 2007).

Ankara geçmiş tarihlerde, yıkıcı ve ciddi ölçüde can veya mal kaybına sebep olan depremlere ev sahipliği yapmamıştır. Bununla birlikte 100-120 km. kuzeyinde bulunan ve yeryüzünün en aktif zonlarından olan Kuzey Anadolu Fay Zonu ve 90-100 km. güneydoğusunda bulunan Kırşehir-Keskin Fay Zonu'nun sebep olduğu depremlerin etkisinde kalabilmektedir (URL-5).

1.3.5. Su Kaynakları

1.3.5.1. Akarsular

Ankara ili Türkiye'deki 3 akarsu havzası içinde kalmaktadır. Bunlar; Sakarya, Kızılırmak ve Konya Kapalı Havzaları. İl sınırları dahilindeki akarsu yüzeyleri toplam alanı 4.385 ha'dır.

Ankara'daki en önemli akarsular ve kolları aşağıda verilmiştir:

- Kızılırmak Nehri ve kolları: Terme Çayı, Balaban çayı
- Sakarya Nehri ve kolları: Aladağ Çayı, Nalderesi, Kirmir Çayı ve Ankara çayı
- Peçeneközü Çayı

1.3.5.2. Göller

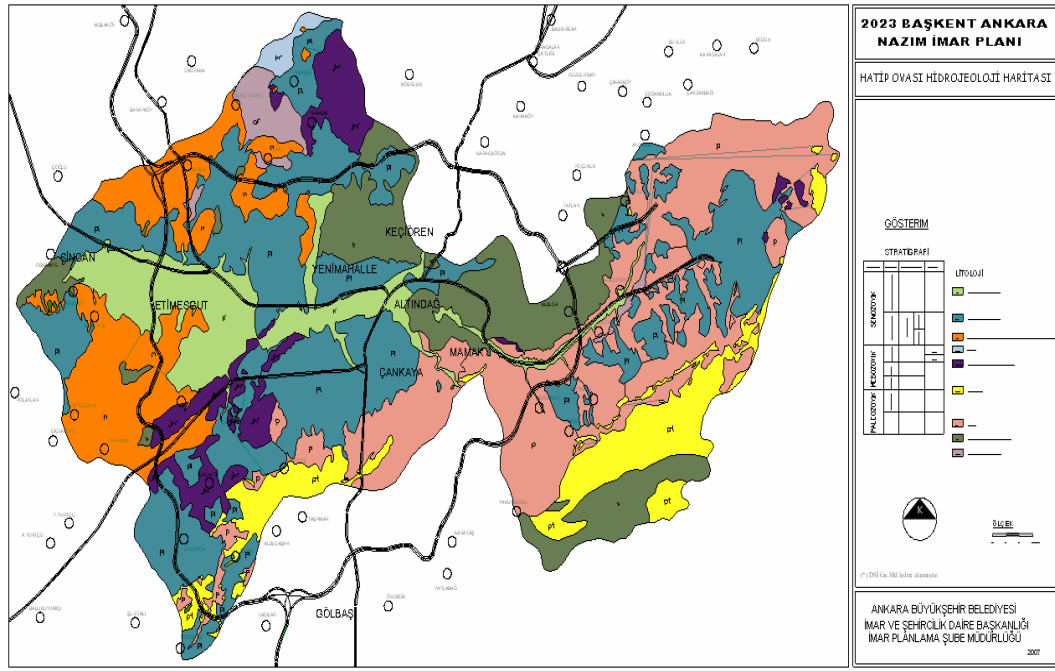
Ankara İl sınırları içinde kalan göller ve yüzey alanları aşağıda verilmiştir. Tuz Gölü Mogan ve Eymir gölleri il sınırları içerisinde bulunan önemli doğal göllerdir.

1.3.5.3. Barajlar

Halen işletmede olan barajlar ile yılda ortalama 387 milyon m³ içme ve kullanma suyu temin edilmektedir. Bunlar, Çubuk I ve II, Kayaş-Bayındır, Kurtboğazı, Ayaş-Asartepe, Çamlıdere, Eğrekkaya, Akyar, Hirfanlı, Sarıyar Kavşakkaya ve Kesikköprü barajlarıdır.

1.3.5.4. Yeraltı Suları

Ankara İli yeraltı suyu potansiyelinin (Şekil 1.4) büyük bir bölümü Ankara ovası, Kazan-Mürted ovası, Polatlı güneyi ve Şereflikoçhisar-Peçenek havzasında bulunmaktadır. Yeraltısuyu potansiyeli yönünden zengin diğer havzalar ise Kirmir havzası (Kızılcahamam-Bey pazarı arası), Nallıhan Havzası ve Çubuk ovasıdır.



Şekil 1.4: Ankara ili hidrojeolojik durum haritası (ABB, 2007).

1.3.6. Ulaşım

İl sınırları içerisinde karayolu, demiryolu ve havayolu ile ulaşım yapılmaktadır. Şehir merkezini çevreleyen O-20 çevre yolu, şehirlerarası trafiğin şehir içi trafiği aksatmadan geçişini sağlar (Şekil 1.5).



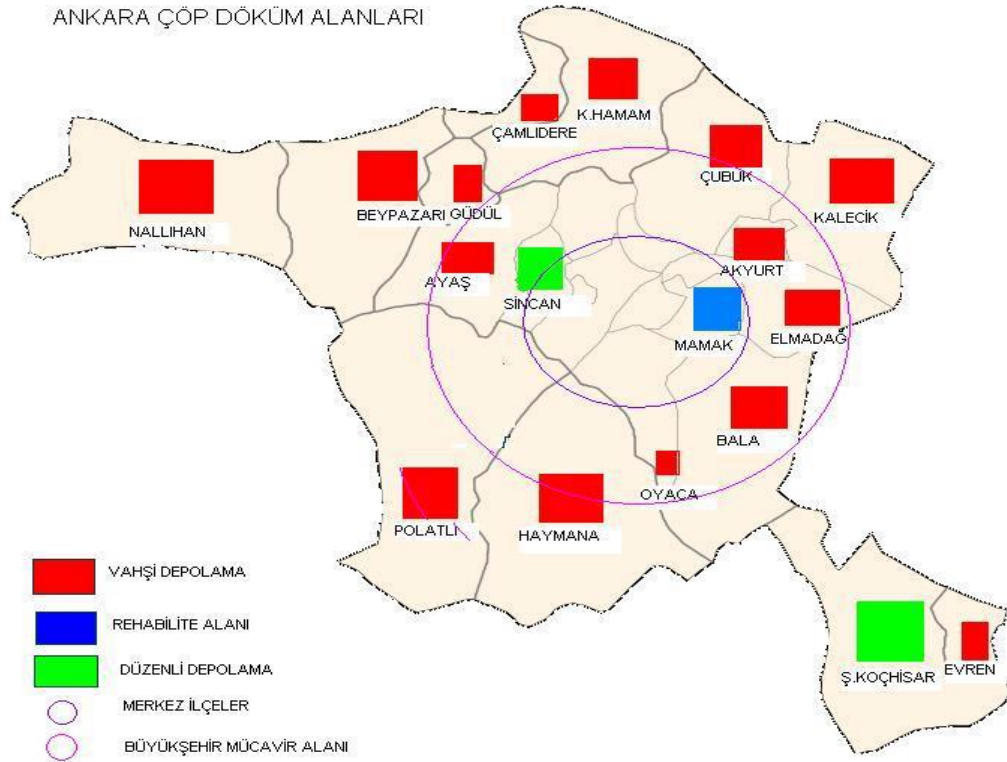
Şekil 1.5: Ankara ili karayolları haritası (URL-6).

İl merkezinin kuzeyinde yer alan Esenboğa Uluslararası Havalimanı, havayolu ile giriş çıkışı sağlayan en önemli noktadır. Esenboğa'dan Türkiye'nin hemen her iline, ayrıca Avrupa, Amerika ve Uzak Doğu'nun çeşitli şehirlerine seyahat etmek mümkündür. 2006 yılında tamamen yenilenip kapasitesi ve işlevi geliştirilen havalimanını kent merkezine bağlayan yol da tamamen yenilenmiş ve yeni geçitler devreye sokulmuştur (URL-6).

Ankara'da bunun dışında askeri amaçlar için kullanılan Kazan ilçesi Mürted Askeri Hava Üssü, Etimesgut ilçesi Güvercinlik ve Etimesgut havaalanları mevcuttur. Güvercinlik ve Etimesgut Askeri Havaalanlarının uçuş konileri, Etimesgut ilçesi yerleşik alanı ile Yenimahalle ilçesinin de önemli bir kısmını kapsadığından söz konusu askeri havalimanlarının yer değişikliği kaçınılmaz gözükmektedir.

1.3.7. Mevcut Atık Depolama Alanları

Mücvir alan sınırları içerisinde kalan Akyurt, Çubuk, Elmadağ, Kalecik, Bala, Ayaş, Kazan İlçelerine ve Oyaca Beldesine ait katı atık vahşi depolama alanları henüz rehabilite edilememiş olup, hali hazırda vahşi döküm devam etmektedir (Şekil 1.6).



Şekil 1.6: Ankara ili katı atık depolama durumu (ÇŞB, 2014).

Mamak İlçesi sınırları içerisinde yer alan ve 1980 yılından beri katı atık döküm alanı olarak kullanılan vahşi depolama alanının işletmesi 49 yıllığına Ankara Büyükşehir Belediye Başkanlığı tarafından özel bir firmaya ihale edilmiştir. Bahse konu firma tarafından Mamak depolama sahasının rehabilitasyonu gerçekleştirilmiş olup, alanda metan gazı toplama sistemi, kompostlama tesisi, elektrik üretim tesisi, ambalaj atıkları toplama-ayırma ve plastik geri dönüşüm tesisi ile hafriyat geri dönüşüm tesisleri kurularak entegre atık yönetimi gerçekleştirilmektedir. Ancak ıslah edilen bu alana hâlen Çankaya, Mamak, Altındağ, Keçiören, Yenimahalle, Gölbaşı ilçelerinden alınan evsel atıkların dökümü devam etmektedir.

Bununla birlikte, 1999 yılında inşaatı sona eren Sincan Çadırtepe Katı Atık Düzenli Depolama Sahası'na 2007 yılına kadar bireysel dökümlerin dışında atık kabul edilmemiş, 2007 yılından itibaren ise Etimesgut, Sincan ve Kazan İlçelerinden toplanan evsel atıklar dökülmeye başlanmıştır. Düzenli depolama alanında ambalaj atıkları toplama-ayırma tesisi ve gaz toplama bacaları kurularak elektrik enerjisi üretimine başlanmış, oluşan sızıntı suları ise herhangi bir arıtmaya tabi tutulmadan Ankara Su ve Kanalizasyon İşleri (ASKİ) kolektörüne bağlanmıştır.

Şereflikoçhisar İlçesi Tuz Gölü havzasında yer alması nedeniyle mülga Özel Çevre Koruma Kurumu desteği ile katı atık düzenli depolama alanı kurulmuş ve işletmesi İlçe Belediyesi tarafından yürütülmektedir. (ÇŞB, 2014).

2. LİTERATÜR ÖZETİ

Çok sayıda ve birbiriyle ilişkili unsurlar ihtiva eden karmaşık problemlerin çözümünde çok kriterli bir karar verme mekanizmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Katı atıkların kontrolüne yönelik olarak inşa edilmesi gereken katı atık tesisleri için uygun yer seçimi belirleme süreci de, barındırdığı ekonomik, çevresel ve jeolojik faktörler gibi birbirine bağımlı ve birden fazla kriter nedeniyle karar verme aşamasını zorlaştırmaktadır. Bu anlamda nicel ve nitel özelliklere haiz, çok kriterli bir karar verme tekniği olan Analitik Network Prosesi (ANP) yönteminin katı atıkların yönetiminde ve katı atık tesisi yer seçimi problemlerinin çözümünde kullanımı yaygın olmakla beraber karar verme aşamasındaki yardımı aşağıda mezkûr çalışmalarla kanıtlanmıştır.

Keramati ve Salehi (2013) internet sitelerinin tercih edilmelerindeki başarı faktörlerini araştırdıkları çalışmalarında, 383 internet kullanıcısından topladıkları veriler doğrultusunda belirledikleri başarı faktörlerini Analitik Network Prosesi (ANP) yöntemi ile açıklamışlardır.

Atmaca ve Basar (2012) Türkiye’de mevcut ve kurulması muhtemel enerji santrallerinin uygunluğunu değerlendirdikleri çalışmalarında, doğalgaz, rüzgar, jeotermal, hidroelektrik, kömür / linyit ve nükleer enerji santrallerini alternatif olarak belirlemişlerdir. Belirlenen alternatifler teknoloji ve sürdürülebilirlik, ekonomik uygunluk, yaşam kalitesi ve sosyo-ekonomik etkiler ve sair ana faktörler bağlamında Analitik Network Prosesi (ANP) yöntemi ile değerlendirmişlerdir.

Rouyendegh ve Can (2012) endüstri mühendisliği öğrencilerinin iş hayatında çalışabileceği alanlar belirlemek için yaptıkları çalışmalarında; Öğrencilerin mezun olduklarında istihdam edilebileceği 14 iş sahası belirlemiş ve bulanık Analitik Network Prosesi (ANP) yardımıyla öğrenciler için belirlenen bu alanları değerlendirmişlerdir.

Uçar (2012) yapmış olduğu çalışmada, çok kriterli karar verme yöntemlerini kullanarak ERP (Enterprise Resource Planning) yazılımı seçimi yapmıştır. 5 ana kriter ve 19 alt kriter bağlamında Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), Analitik

Network Prosesi (ANP), Bulanık AHP ve Bulanık Analitik Network Prosesi (ANP) yöntemleri yardımıyla 3 adet ERP yazılımı arasında seçim yapmıştır.

Erginel ve Şentürk (2011) bulanık Analitik Network Prosesi (ANP) yöntemini uyguladıkları çalışmalarında GSM operatörlerini değerlendirecek bir model oluşturarak Türkiye'deki GSM operatörlerini geliştirdikleri bu yöntem ile değerlendirmişlerdir.

Özgen ve Tanyas (2011) çalışmalarında, Türkiye için yeni bir durum olan lojistik sektöründe gümrük komisyoncusu acentesi ve uluslararası karayolu nakliye firmalarının ortak seçimi probleminin çözmek için bulanık analitik Analitik Network Prosesi (ANP) yöntemini kullanmışlardır.

Pires vd., (2011) yapmış oldukları çalışmalarında, Portekiz'in Setúbal Peninsula bölgesinin katı atık yönetim sisteminin sürdürülebilir büyümesi konusunda değerlendirmelerde bulunmuşlardır. Çalışmalarında, 4 ana kriter, 14 alt kriter ölçeğinde Bulanık TOPSIS (Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution)'e dayalı Analitik Network Prosesi (ANP) yöntemini kullanarak 5 alternatifin değerlendirmelerini yapmışlardır.

Balaban ve Baki (2010) yapmış oldukları çalışmalarında, Trabzon ilinde katı atık bertaraf yöntemi seçimi için 5 ana kriter, 16 alt kriter ve 3 alternatif çerçevesinde çok kriterli bir karar verme metodu olan Analitik Network Prosesi (ANP) yöntemini kullanmışlardır.

Beltran vd., (2010) yapmış oldukları çalışmalarında, İspanya'nın Valencia kentinde, kentsel katı atık tesisi için en uygun yer seçimini 21 kriter çerçevesinde 6 aday yeri Analitik Network Prosesi (ANP) yöntemiyle değerlendirerek yapmışlardır.

Özdemir (2010) yapmış olduğu çalışmada, işletmelerin atıklarını dış kaynaklar ile nasıl yönettiğini ele alarak Türkiye'de faaliyet gösteren işletmelerde hangi nedenlerle, hangi alanlarda ve hangi oranlarda dış kaynak kullanımı ile atık yönetimi hizmetinin tedarik edildiğini tespit etmeye çalışmışlardır.

Görener (2009) imalat endüstrisinde faaliyet gösteren bir işletmenin tedarikçi seçim problemini araştırdığı çalışmasında Analitik Network Prosesi yardımıyla alternatif tedarikçiler için öncelik değerleri hesaplanmıştır. Tedarikçi seçim probleminin karmaşık yapısı, geri bildirimler, birbirleriyle olan etkileşimler ve çok fazla kriter

içermesi nedeniyle, problemin çözümünde etkin ve gerçekçi çözüm metodu olan Analitik Network Prosesi (ANP) yöntemi kullanılmıştır. Belirtilen yöntem kullanılarak üç farklı alternatif tedarikçi işletme değerlendirilmiş ve en iyi alternatif seçilmiştir.

Tseng (2009) yapmış olduğu çalışmada, Filipinler'in Metro Manila bölgesi için 17 kriter ve 6 alternatif kullanarak termal proses teknolojisi ve geri kazanım kolaylıkları için kentsel katı atık yönetimi değerlendirmesinde bulunmuştur. Analitik Network Prosesi (ANP) ve DEMATEL (Decision Making Trial and Evaluation Laboratory) yöntemleri yardımıyla 6 alternatiften en uygunu araştırılmıştır.

Khan ve Faisal (2008) çalışmalarında, yerel belediyelerdeki karar vericilere, 5 ana ve 13 alt kriter çerçevesinde 3 alternatifi, Analitik Network Prosesi (ANP) yöntemini kullanarak uygun kentsel katı atık bertaraf etme metotlarını önceliklendirme ve seçim yapma imkanı tanıyan bir değerlendirme metodu sunmuşlardır.

Wagner ve Arnold (2008) yapmış oldukları çalışmalarında, Kanada'nın Nova Scotia şehrinde katı atık yönetimi için yeni bir model geliştirerek Nova Scotia kentsel katı atık stratejisi için bir analiz sunmuşlardır.

Akdoğan ve Güleç (2007) yapmış oldukları çalışmalarında, sürdürülebilir katı atık yönetimi ve bu konuda belediyelerde yetkili yöneticilerin davranış ve düşüncelerine yönelik bir analizde bulunarak Türkiye'deki il merkez belediye yöneticilerinin katı atık yönetimi konusundaki fikirlerini belirlemeye çalışmışlardır.

Anık (2007) iyi bir programlama dilinin sahip olması gereken özellikler arasındaki öncelikleri belirlemek için programlama dili seçimini kolaylaştıracak bir araç bularak süreci çok daha işlevsel ve kolay hale getirmeyi hedeflemiştir. Nesne yönetimli yazılım dili seçimi problemi, Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) ve Analitik Network Prosesi (ANP) yöntemleri ile analiz edilip, elde edilen sonuçları mukayese edilerek süreç için uygunlukları araştırılmıştır.

Muşdal (2007), bir katı atık türü olan tıbbi atıkları işleme ve bertaraf etme teknolojisi seçim problemini 4 ana, 14 alt kriter ve 5 alternatif kapsamında Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP ve Bulanık Analitik Network Prosesi (ANP) yöntemlerini kullanarak ele almıştır.

Tekel (2007) yapmış olduğu çalışmada, katı atık yönetimini entegre ve sürdürülebilir katı atık yönetimi olarak iki ayrı grupta inceleyerek katı atık yönetimi için stratejik planlama yaklaşımını araştırmıştır.

Kulaç (2006), Eskişehir Tepebaşı Belediyesi İçin Katı Atık Yönetim Sistemi Seçiminde Analitik Network Prosesi (ANP) Yaklaşımı adlı çalışmasıyla en uygun geri kazanım sistemini araştırmıştır.

Baysal ve Tecim (2006) yapmış oldukları Katı Atık Depolama Alanı Uygunluk Analizinin Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) Tabanlı Çok Kriterli Karar Yöntemleri İle Uygulaması konulu çalışmada, katı atık depolama alanının çevresindeki yerleşim yerlerine uzaklık ve depolama alanı zemin özelliklerine göre en uygun atık depolama noktasını araştırmışlardır.

Türkmen ve Taga (2005) çalışmalarında Diyarbakır kenti için belirlemiş oldukları alternatif bir katı atık düzenli depolama sahasının; jeolojisi, hidrojeoleojisi ve mühendislik jeolojisi açısından araştırmasını yapmışlardır.

Palabıyık ve Altunbaş (2004) yapmış oldukları çalışmalarında, kentsel katı atıklar ve yönetimini inceleyerek katı atık kavramını, türlerini, bertaraf yöntemleri ve entegre katı atık yönetimi konularını değerlendirmişlerdir.

Tüm dünyada olduğu gibi ülkemizde de kendine uygulama alanı bulan bu yöntemin, yeni yazılımların da yardımıyla kullanım alanları her geçen gün artmaktadır.

3. KATI ATIKLAR VE ENTEGRE KATI ATIK YÖNETİMİ

Hayat standartlarındaki iyileşme ve nüfus artışının meydana getirdiği katı atık miktarındaki artış ve türündeki farklılaşma; atıkların düzenli depolama ve yakma yöntemleriyle bertaraf edilmesi anlayışının yerine tüm atık türlerini içine alan ve atıkların sınıflandırılarak geri kazanım, geri dönüşüm, yeniden kullanım ve enerji üretimi yöntemleri yardımıyla ekonomik girdiye dönüştürülmesini amaçlayan entegre katı atık yönetimi yaklaşımını ortaya çıkarmıştır. Bu bağlamda entegre katı atık yönetiminin daha iyi anlaşılabilmesi için katı atığın tanımından sınıflandırılmasına, bertaraf yöntemlerinden katı atık yönetimi kavramına kadar bütün bilgiler bölüm başlığı altında teferruatlı bir şekilde sunulmuştur.

3.1. Katı Atıklar

3.1.1. Katı Atıkların Tanımı

Katı atıklar genel olarak, insan ve hayvan faaliyetleri sonucu açığa çıkan, işe yaramayan ve istenmeyen bütün katı maddeler olarak tanımlanabilir. Katı atıklar; endüstriyel, ticari, tarımsal ve tüketim faaliyetlerinden ortaya çıkan maddelerden meydana gelir. Katı atıklar tanımının içerisine çöp, yapı malzemesi atıkları, ticari işletme atıkları, tıbbi atıklar, içme ile atık su arıtımı tesislerinden çıkan çamurlar da dahil edilmektedir. (Battal, 2011).

Gerek nitelik gerekse nicelik olarak sürekli artan atıkların çevre üzerinde oluşturduğu olumsuz etkiler, nüfus artışı, teknolojik gelişme, sanayileşme ve şehirleşme gibi faktörlerin de etkisiyle ihmal edilemeyecek kadar ciddi bir sorun haline gelmiştir (Balaban ve Baki, 2010).

3.1.2. Katı Atıkların Sınıflandırılması

Katı atıkları 3 ana başlıkta sınıflandırabiliriz;

1. Kentsel katı atıklar,
2. Özel atıklar,
3. Tehlikeli (Endüstriyel) atıklar.

3.1.2.1. Kentsel Katı Atıklar

Tek veya çok sayıda ailelerin yaşadığı yerleşim alanları, ticarethaneler ile park ve bahçelerden müteşekkil ve içeriğinde tehlikeli atık barındırmayan katı atıklar “Kentsel Katı Atık” olarak tanımlanır. Kentsel katı atıklar, organik ve inorganik maddelerden meydana gelmektedir. Organik maddeler mutfak atıkları, kağıt-karton plastik tekstil, deri, bahçe ve ağaç atıklarından; inorganik maddeler ise kül, cam porselen konserve kutuları, alüminyum ve diğer maddelerden meydana gelmektedir (Aydın, 2007).

Katı atıkların büyük bir kısmı kentsel katı atıklardan oluşmaktadır. Kentsel katı atıklar ise; evsel atıklar, ticari atıklar, ticari ve kurumsal atıklar, park, bahçe ve pazar yeri atıkları, inşaat, yıkım ve hafriyat atıkları arıtma tesisi atıkları ve hastane atıklarından kaynaklanmaktadır (Buenrostro vd., 2001). Tchobanoglous vd. (1993) göre kentsel katı atıkların kaynakları Çizelge 3.1’de verilmiştir.

Çizelge 3.1: Kentsel katı atıkların kaynakları (Tchobanoglous vd., 1993).

Kaynaklar	Atıkların Üretildiği Yerler ve Faaliyetler	Katı Atık Türleri
Yerleşim Yerleri	Müstakil konutlar, düşük, orta ve yüksek katlı apartmanlar vb.	Yiyecek atıkları, kağıt, plastik, tekstil, cam vb.
Ticari Yerler	Dükkanlar, lokantalar, marketler, servis istasyonları vb.	Kağıt, plastik, yiyecek atığı, cam, metal, ve tehlikeli atıklar,
Kurumlar	Okullar, hastaneler, hapishaneler, devlet daireleri	Kağıt, karton, plastik, yiyecek atığı, cam, metal, özel atıklar,
İnşaat ve Yıkım	Yeni inşaat alanları, yol yapım ve onarım bölgeleri, binaların restorasyon ve yıkımı	Odun, çelik, beton vb.
Kentsel Faaliyetler	Park, bahçe, cadde ve sokak ile diğer dinlenme alanları	Özel atıklar, çöpler
Arıtma Tesisi ve Yakma Üniteleri	Su atıksu ve endüstriyel arıtım prosesleri vb.	Arıtma tesisi atıkları

Genellikle üretim ve paketlenme aşamalarında açığa çıkan sanayi atıkları içerisindeki en yoğun atık türleri gıda, plastik, kağıt, mermer, granit, cam ve kırıkları, cüruf, kül ve bunların türevlerinden oluşanlardır. (Nemerow vd, 2009). Buna ek olarak kaplama ve metal işleme atıkları, reaktif atıklar, tekstil atıkları, boyalar, reçineler, atık yağlar kirlenmiş kaplar, organik atıklar ve benzeri türden atıklar da önemli miktarda bulunmaktadır. Bu atıkların içerisinde insan ve çevre sağlığına olumsuz etkileyen türden atıkların önemli yer tutması nedeniyle bertaraf edilmesi konusunda diğer

atıklardan bağımsız ve daha dikkatli ele alınmaları gerekmektedir (Erdoğan ve Varınca, 2007).

3.1.2.2. Özel Atıklar

Radyoaktif atıklar, tehlikeli ve zararlı endüstriyel atıklar, kentsel katı atıklar içerisindeki boya, tiner, temizlik ürünleri, piller vb., lastik tekerlekler, atık su çamurları, inşaat ve yıkıntı atıkları ile hastane atıkları bu gruptandır (Palabıyık ve Altunbaş, 2004).

Özel atıklar, üç grupta değerlendirilmektedir:

- Toksik (Zehirli) atıklar,
- Radyoaktif atıklar,
- Tıbbi atıklar (Hastane atıkları).

3.1.2.2.1. Toksik (Zehirli) Atıklar

Hava, su, toprak gibi alıcı ortamlarla temas sonrasında toksik gaz bırakan, toksik ve ekotoksik özellik taşıyan atıklardır. Düşük dozlarda bile insan için öldürücü, geri dönüşü olmayan bir hastalığa sebep olan ya da belirgin katkısı olan, iyileşebilecek hastalıkları olumsuz etkileyen kimyasalları içeren atıklardır. Ayrıca sanayi sektöründen kaynaklanan katı, sıvı ve gaz atıkları ifade eder (Muşdal, 2007).

3.1.2.2.2. Radyoaktif Atıklar

Radyoaktif Atıklar, radyoaktif maddelerin değişik alanlarda kullanımları sonucu meydana gelmektedir. Araştırma laboratuvarlarından, hastanelerden ve bazı endüstriyel tesislerden kaynaklanan α , β , γ ışınları, çevre ve insan sağlığı için ciddi boyutta tehlike oluşturabilen atıklardır. Bu tür atıkların tehlikeli atık depolama tesislerinden daha güvenli tesislerde bertaraf edilmesi gerekir (Aydın, 2007).

3.1.2.2.3. Tıbbi Atıklar (Hastane Atıkları)

Tıbbi atıklar, ünitelerden kaynaklanan patolojik ve patolojik olmayan, enfekte kimyasal ve farmosotik atıklar ile kesici-delici malzemeler ve sıkıştırılmış kaplar olarak karakterize edilmektedir. Başka bir ifadeyle, aşağıdaki etkinlikler sonucunda ortaya çıkan atıklar tıbbi atıklardır:

- İnsan ve hayvanların tanı, tedavi ve bağışıklama uygulamaları,

- Enfeksiyon ajanları, serumlar, aşılar, antijen ve antitoksinlere ilişkin araştırmalar,
- Canlılara zarar verebilecek atıklar veya sivri, set köşeleri, kenarları veya kabarıklıkları olması sebebiyle kesebilecek, delebilecek atıklar (iğneler enjektörler, bisturiler ve cam kırıkları).

Hastane atıkları, hastanelerde üretilen biyolojik ve biyolojik olmayan bütün atıklara (yemekhane, kafeterya, ofis ve inşaat atıkları dâhil) denir. Tıbbi atıkların bir alt grubu olan enfekte atıklar, hastalık etkenleri bulaşmış veya bulaşması mümkün her türlü; insan doku ve organları, idrar kapları, kan veya plasenta bulaşmış atıkları bakteri kültürleri, intaniye ve acil servis atıkları, bakteri ve virüs tutucu hava filtreleri, kan elementleri örnekleri, laboratuvar canlıları, sargı bezleri ve pamuklu bezler, diğer pansuman ve ameliyat atıkları, ilaç kutuları, bulaşabilir patolojik örnekleri, dışkı bulaşmış eşyaları, araştırma amacıyla kullanılan deney hayvanlarının ölüleriyle karantinadaki hastaların atıklarını ifade eder. Bir atığın enfekte atık olabilmesi için yeterli miktarda patojen virüs ve bakteri ihtiva etmesi gerekir. Tıbbi atıkların %90–95 oranında enfekte maddeler bulaşmış kâğıt, pamuk, plastik, cam benzeri maddeler olduğu görülür (Muşdal, 2007).

3.1.2.3. Tehlikeli (Endüstriyel) Atıklar

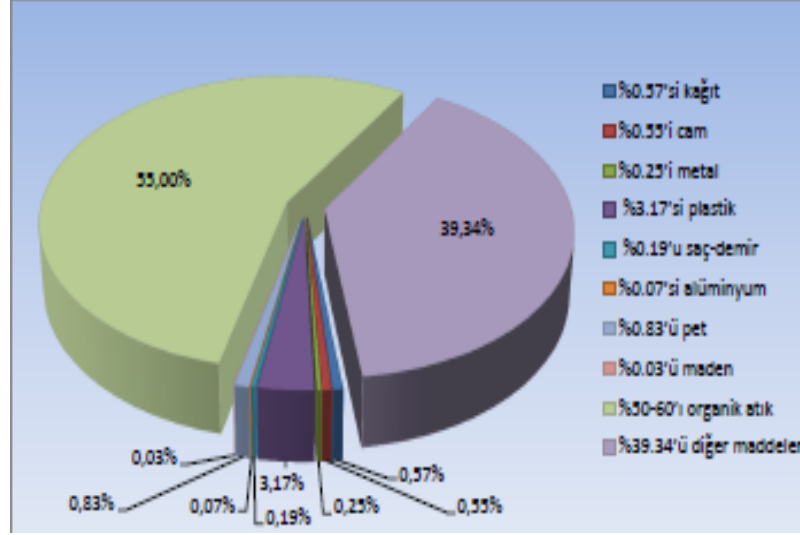
İnsan sağlığına ve çevreye zarar verebilecek, tutuşabilen ve enfeksiyon yapıcı etkilere haiz, tahriş edici, zararlı, toksik, kanserojen, korozif gibi tehlikeli kabul edilen özelliklerden birine veya birden fazlasına sahip atıklara tehlikeli atık denir (ÇŞB, 2011).

Tehlikeli atıklar, evsel ya da sanayi kökenli olabilen ve de yasal olarak tehlikeli sınıfına giren; toplanmaları, taşınmaları ve bertarafı için ilave insan sağlığı ve çevre koruma tedbirlerini gerektiren atıklardır. Bu anlamda tehlikeli atıklar teknolojik ve ekonomik gelişmelere bağlı olarak ortaya çıkan çevre ve insan sağlığını tehdit eden endüstriyel nitelikli atıklar olarak da tanımlanabilir (Aydın, 2007).

3.1.2. Katı Atık Kompozisyonu

Atık yönetiminin doğru, etkin ve verimli bir şekilde uygulanabilmesi için öncelikle Atık kompozisyonunun araştırılarak tespit edilmesi gerekmektedir. Bu nedenle atığın ekonomik ve sürdürülebilirlik açısından nasıl değerlendirileceği ve ne şekilde

bertaraf edileceği kararı ancak atığın kompozisyonunun tespit edilmesi, ne şekilde ve nasıl bir işleme tabi tutulması gerektiği belirlendikten sonra verilebilmektedir. Atık kompozisyonu atığın olduğu bölgenin sosyo-ekonomik düzeyi ve tüketim alışkanlıkları doğrudan bağlantılıdır. Ankara ili için 2013 yılına ait katı atık kompozisyonu Şekil 3.1’de gösterilmektedir.



Şekil 3.1: Ankara ili katı atık kompozisyonu (ÇŞB, 2014).

Ankara İlinde günde yaklaşık 6.000 ton evsel nitelikli katı atık oluşmaktadır. İlın katı atık kompozisyonunun % 0.57’si kağıt, % 0.55’i cam, %0.25’i metal, % 3.17’si plastik % 0.19’u saç-demir, % 0.07’si alüminyum, % 0.83’ü pet, % 0.03’ü maden, % 50-60’ı organik atık, % 39.34’ü diğer maddelerdir.

3.2. Entegre Katı Atık Yönetimi

3.2.1.Katı Atık Yönetimi

Katı atık yönetimi; katı atıkların oluşumu, geçici depolanması, toplanması, taşınması işlenmesi ve sistemli şekilde bertarafını kapsayan bir organizasyonu içerir. Katı atık yönetimi, kamu sağlığı, ekonomi, mühendislik, doğal kaynakların korunması, estetik ve diğer çevresel faktörler ile uyumlu; ayrıca halkın tepki ve davranışlarına karşı duyarlı olmak zorundadır. Katı atık yönetimi; katı atık sorunlarına karşı oluşturduğu çözümlerde, idari, finansal, yasal, planlama ve mühendislik fonksiyonlarını kapsar. Bununla yanında katı atıklara uygun çözüm oluşturma, siyaset bilimi, şehir ve bölge planlaması, coğrafya, ekonomi, halk sağlığı, sosyoloji, mühendislik ve malzeme bilimi gibi farklı disiplinlerle beraber çalışmayı da gerektirir (Muşdal, 2007).

Günümüzde atık miktarı ve türündeki çeşitlilik, plansız ve çarpık kentleşme, maddi imkânların yetersizliği, mütemadiyen gelişen teknolojilerin etkileriyle enerji ve hammadde kaynaklarının gittikçe azalması gibi faktörler şehirlerin katı atık yönetimlerine karmaşık bir hale getirmektedir. Bu kapsamda katı atık yönetimi, katı atıkların içeriği, işlenmesi, sınıflandırılması, taşınması ve nihai bertarafına kadar olan işlemler ile maliyet unsurlarını barındırmaktadır (Aydın, 2007).

20. yüzyılın ortalarına kadar nüfusun az, atıkların bertarafı için ihtiyaç duyulan alanın yeterli olması nedeniyle, katı atıklar ciddi problem oluşturmamıştır. Katı atıkların düzensiz depolanmaları neticesinde, bulaşıcı hastalıkların hızla yayılması toprak kirliliği, yüzeysel suların kirlenmesi, yeraltı sularının kirlenmesi, çevreye rahatsız edici koku yayılması, haşere ve böcek sorunları meydana getirmesi, patlama heyelan, hava kirliliği ve sair problemlerin oluşmasına neden olmuştur (Büyükbektaş ve Varınca, 2010).

3.2.2. Entegre Katı Atık Yönetimi

3.2.2.1. Entegre Katı Atık Yönetimi Kavramı ve Önemi

Entegre atık yönetimi, atıkların geri kazanımı ve nihai bertarafı için gerekli uygun yöntem, teknoloji ve yönetim esaslarının seçilmesi ve uygulanması olarak tanımlanabilir. Entegre atık yönetiminin temelini, atık önleme, atık azaltma, yeniden kullanım, geri dönüşüm, enerji geri kazanımı, bertaraf hiyerarşisine dayalı atık yönetimi meydana getirmektedir (ÇŞB, 2011).

Entegre katı atık yönetimi kavramı, kentsel katı atık yönetiminde etkinlik ve güvenliğin sağlanması amacıyla, insan ve çevre sağlığı üzerinde en az seviyede etkili olabilecek katı atıkların azaltımı, kaynağında azaltma, geri kazanım, yeniden kullanım, kompostlama, enerji kazanımı için yakma ve depolama gibi katı atık yönetimi uygulamalarının tamamının birlikte kullanılmasını ifade eder. Entegre katı atık yönetimi planlaması ise, katı atıkların miktarı ve içeriği, yerel-bölgesel, ulusal ekonomik, sosyal ve çevresel koşullar göz önüne alınarak mevcut olanaklarla atıkların üretildiği kaynakta biriktirilmesinden başlayarak toplama, taşıma, işleme ve nihai bertaraf süreçlerini kapsayan entegre planlama biçimidir (Koroneos ve Nanaki 2012).

Yakma ve depolama gibi önemli çevresel etkilere haiz bertaraf yöntemlerinin, insanlar ve endüstriyel sektörler tarafından üretilmiş büyük katı atık hacimleri ile başa çıkamayacağı aşîkârdır. Yaşanan gelişmeler ve sürdürülebilir kalkınma fikrinin ortaya çıkması, atık hacminin azaltılması için farklı bir yol olarak geri dönüşüm fikrinin gelişmesine katkı sunmuştur.

Entegre katı atık yönetiminde temel amaç, birden çok program ve teknolojinin rasyonel ve eşgüdüm içerisinde kullanımını ile katı atık yönetiminde çevresel ve ekonomik anlamda başarının yakalanmasına imkan sağlamaktır. Her toplum, kendi şartlarında üretilen atık özelliklerini, teknik ve ekonomik olanakları da göz önünde tutarak entegre katı atık yönetimi kavramı içinde belirli uygulamalara önem vermelidir. Başta mahalli idareler olmak üzere, merkezi idare kurum ve kuruluşları özel sektör, gönüllü kuruluşlar ve bireyler çevre duyarlılıkları ile birlikte sorumluluk sahibi olarak entegre atık yönetiminin tatbikine katkı sağlamalıdır (Palabıyık ve Altunbaş, 2004).

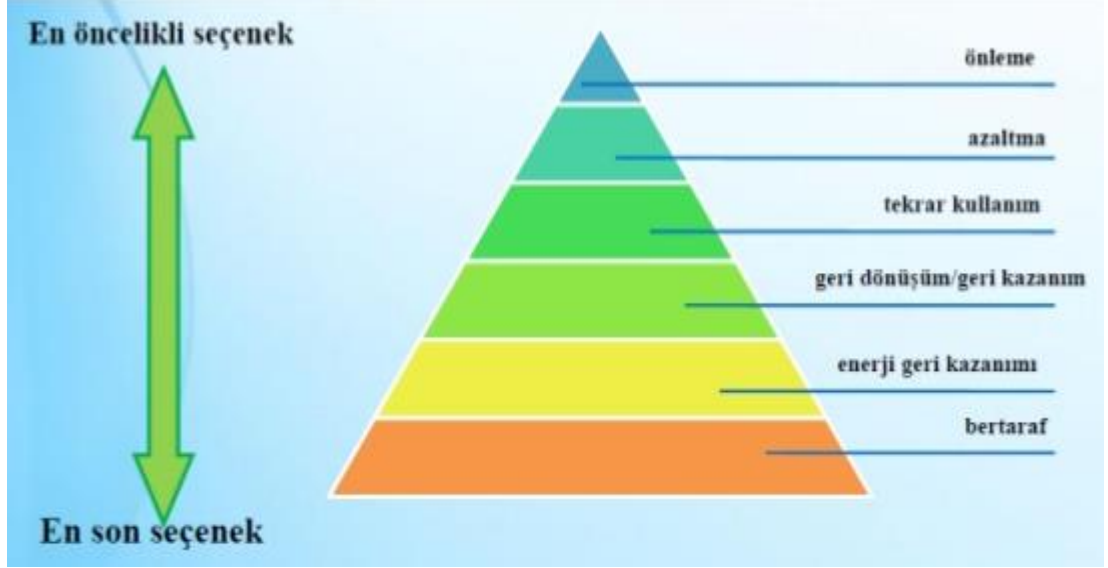
Geçmiş yıllarda atık yönetiminde atık problemini çözmek için, sadece aktarma istasyonları, taşıtların güzergahları gibi konulara odaklanılırken son yıllarda bu yaklaşımın sürdürülebilir atık yönetimi için uygun bir anlayış olmadığı sonucuna varılmış, ayrıca yine geçmişte yalnız evsel atıklar düşünülerek düzenli depolama ve yakma yöntemlerinin yanında endüstriyel atıkların da dahil olduğu yeni yöntemlere başvurulmuştur. Özellikle atıkların çevre üzerindeki etkileri konusunda yapılan araştırmalar ile canlı sağlığı üzerindeki olumsuz etkileri ortaya çıkınca, katı atık yönetiminin daha sistemli bir yönetime ihtiyacı olduğu fark edilmiştir.

Katı atık yönetimi, ne kadar şehrin sosyal kültürel yapısı, ekonomik düzeyi, teknik ve mali donanımı göz önüne alınarak yapılırsa sistemin sürdürülebilirliği ve başarısı o kadar artar. Nitekim ülkelerin atık yönetimleri bölgenin yeryüzü şekilleri, ekonomik durumu, ulaşım ve atık kanunlarının ışığında adapte edilmek suretiyle değişiklik göstermektedir (Sakai vd., 1996).

3.2.2.2. Entegre Katı Atık Yönetim Sisteminde Atık Hiyerarşisi

Sürdürülebilir Katı Atık Yönetimi (KAY)'nin amacı, daha az enerji kullanılarak daha olumlu bir çevresel etkinin ortaya çıkmasıyla birlikte atıktan kaynaklanan değerli ve yeniden kullanılabilir ürünlerin geri kazanılmasıdır (McDougall vd., 2001). Önemli kavramlar olan azaltma, yeniden kullanım ve geri dönüşüm pratikte,

sürdürülebilir kalkınma yaklaşımı ile fevkalade uyum sağlayan üç kavramdır. Entegre Katı Atık Yönetimi (EKAY) ise, bir atık azaltma hiyerarşisine bağlı kalmaktan ziyade, daha çok sistemi en uygun duruma getirmeyi tavsiye eden bir mekanizma konumundadır (Bagchi, 2004). Şekil 3.2’de entegre katı atık yönetimine ait hiyerarşi gösterilmektedir.



Şekil 3.2: Entegre katı atık yönetimi hiyerarşisi (URL-7).

Atık Önleme (Prevention): Ürünlerin yeniden kullanılması veya kullanım ömürlerinin uzatılması ile atık miktarının azaltılması, ürün üretiminde zararlı maddelerin azaltımı ve üretilen atığın çevre ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerinin en aza indirilmesine ilişkin herhangi bir madde ya da malzeme atık haline gelmeden önce alınması gereken tedbirleri kapsamaktadır.

Atık Azaltım (Reduction): Tasarım ve üretimde daha az hammadde kullanımı ve gereksiz tüketimin azaltılarak oluşan atığın miktarının da düşürülmesidir.

Yeniden kullanım (Reuse): Ürünlerin ya da atık olmayan maddelerin kullanım amacına uygun olarak aynı amaçla kullanıldığı herhangi yeni bir işlemi ifade eder.

Geri dönüşüm (Recycling): Atıkların asıl kullanım amacı ya da diğer amaçlar çerçevesinde enerji geri kazanım amacı güdülmeksizin yeniden hammadde olarak kullanılmak üzere fiziksel veya kimyasal işlemlerden geçirilerek kullanıma hazır yeni bir ürün haline getirilmesidir.

Geri kazanım (Recovery): Piyasada ya da bir tesiste kullanılan maddelerin yerine ikame edilmek üzere atıkların faydalı bir amaç için kullanıma müsait hale getirilmesi işlemleridir.

Enerji Geri Kazanımı (Energy Recovery): Oksijensiz çürütme ve ısıl yöntemlerle yakıt, ısı ve elektrik geri kazanımıdır.

Bertaraf-Düzenli Depolama (Sanitary landfilling): Katı atıkların çevresel koşullara uygun bir alanda kontrollü bir şekilde bertaraf edilmesi işlemidir.

Etkili bir entegre atık yönetimi geliştirilmesi için; güvenilir veriler, atık kompozisyonu, performans göstergeleri, alternatif teknolojiler, yeterli maliyet bilgileri gereklidir. Atık miktarı, atık içeriği, toplama şekli, taşıma şekli, geri dönüşüm/kazanım faaliyetleri, yasal mevzuat, yerel koşullar, teknik imkânlar ve maliyete göre bertaraf yöntemi tespit edilir.

Entegre atık yönetiminde, atık yönetiminin tüm unsurları bir bütün olarak değerlendirilerek hem çevresel hem de ekonomik açıdan sürdürülebilirliğin sağlanması hedeflenir. Entegre atık yönetimi hiyerarşisine göre; atık üretiminin kaynağında önlenmesi ve azaltılması esas olup, atık oluşumun kaçınılmaz olduğu koşullarda geri dönüşüm, tekrar kullanım ve ikincil hammadde elde etme amaçlı diğer işlemler ile atığın geri kazanılması veya enerji kaynağı olarak kullanılması esastır. Bu stratejiler bağımsız olmayıp aralarında karşılıklı bağımlılıklar söz konusudur. Ayrıca atık yönetim seçeneklerinin de mantıklı bir öncelik sıralamasına göre uygulanması gerekmektedir. Örneğin geri dönüşüm, kaynakta atık azaltma ile ilgili pratikte uygulanabilecek her şey yapıldıktan sonra düşünülmelidir. EKAY çerçevesinde uygulanacak teknolojik seçenekler uluslararası yaklaşım ve kararlardan da büyük ölçüde etkilenmektedir. Örneğin Avrupa Birliği (AB) ülkelerinde, düzenli depolama alanı yeri seçiminde karşılaşılan büyük sıkıntılar nedeniyle, diğer bertaraf yöntemlerine temayül doğmaktadır (Öztürk vd., 2007).

3.2.2.3. Entegre Katı Atık Yönetiminin Özellikleri

EKAY kavramı, katı atıkların miktarının kontrolü, toplanması, taşınması-aktarılması izlenmesi ve uzaklaştırılması sürecini içeren bir disiplin olarak ifade edilebilir. Bunu yaparken, insan ve çevre sağlığı, ekonomi, mühendislik, kaynakların korunması

estetik ve diğer çevresel konularla birlikte, toplumun üretim ve tüketim davranışlarını da göz önünde bulundurur (Tchobanoglous vd., 1977).

Yerel veya toplumsal düzeydeki bir EKAY aşağıdaki beş adımdan meydana gelir (Bagchi, 2004);

- Atığın kaynağından tanımlanması ve kompozisyonu
- Atığın etkin bir şekilde toplanması
- Atılmış atığın, hacminin ve zehirliliğinin azaltılması
- Geçmişteki azaltma hedefi, atığın yakılması veya sahada bertarafı
- Maliyeti ve çevresel etkiyi azaltmak için önceki dört adımın optimizasyonu

İlk dört adım üzerindeki faaliyetler birbirine bağlıdır. Örneğin, atık toplama metotları, atığın azaltılması ve bertarafı için tercih edilen yöntemle bağlıdır. KAY programının optimize edilmesi için değişik seçenekler mevcuttur. Halkın görüşleri çevre düzenlemelerine yansıtılmasına rağmen, EKAY planlamacıları için değişmeyen bazı katı kurallar bulunmaktadır. EKAY ile ilgili kurallar ve konu ile ilgili gerekli çevresel izinler için iyi bir bilgi birikimi, program açısından bir hayli önemlidir. Bir EKAY programının yürütülmesinin toplam maliyeti, adım 3'te bahsedilen atık azaltma hedefine bağlıdır. Bu adımın gerçekleştirilebilmesi veya aksi durumlar, toplam maliyeti büyük oranda etkiler. Ayrıca bu adım, atık akımında gerçekleşebilecek değişikliklere karşı duyarlı ve değişken olmalıdır. Atık profilinde meydana gelecek bu değişiklikler, kentsel depolama sahasının işletilmesini ve gelecekteki gereksinimleri etkileyebilir. Bu yüzden bir EKAY programı, bu topluluğun gereksinimlerini karşılayabilecek kadar esnek olmalıdır (Bagchi, 2004).

EKAY'ın temel katkısı, sistemin en ideal şekilde istenilen hedefe ulaşmasıdır. Kısa vadede faydalı olmasına rağmen bir geri dönüşüm planının başlangıç maliyetleri epey yüksektir. Geçmişte, KAY'de daha ziyade (özellikle evsel ve ticari katı atık dâhil olmak üzere) bertaraf (imha) işlemi üzerinde durulmuştur. Daha sonra bertaraf alanlarına yönelik estetik sorunlar ele alınmış; ileriki yıllarda ise bu sahalardaki çevresel etkileri en aza indirmek için eylemler ele alınmıştır. KAY programlarına tehlikeli olmayan endüstriyel atığın eklenmesi, yönetimin karmaşasını büyük oranda genişletmiştir. Buna rağmen, bu ilaveler, atık azaltma fikrinin büyümesine katkı sunmuştur. Endüstriler için, bertaraf minimize maliyeti, atık azaltma yöntemlerini araştırmak için itici bir güç olmuştur. Yakma yoluyla belediye KAY hacminin

azaltılması ve atıkların faydalı kullanımı (örneğin; atıksu çamurunun araziye yayılması) uygulaması epey eski bir işlem olmasına karşın, atık yönetimine doğru organize bir bütünsel yaklaşım, oldukça yenidir. Böylece, EKAY'ın mevcut yaklaşımı, gerek çevresel problemler gerekse ihtiyaçlar sebebiyle, yirminci yüzyılın son yirmi yılında ortaya çıkmıştır. Geri dönüştürülebilenler için piyasa zamanla dalgalanmalar göstermiş olsa dahi, bir EKAY yaklaşımı, uzun vadede programı çalıştırmak için gerekli finansal tahsisi gerçekleştirebilir. Aksine, geri dönüşüme bir ayarlama gibi bakmaktan ziyade EKAY, yeniden kullanım ve geri dönüşümün daha yeni anlayışlarını teşvik eder (Bagchi, 2004).

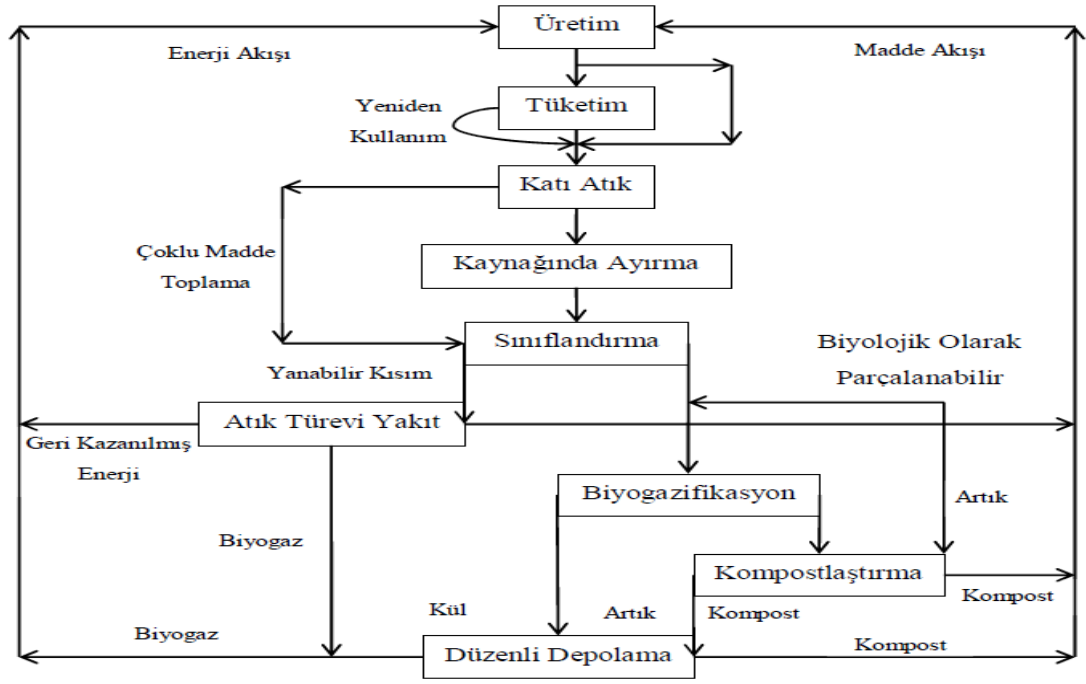
3.2.2.4. Entegre Katı Atık Yönetimi Bileşenleri

Etkili bir KAY için atığın oluşumu, biriktirilmesi, toplanması, taşınması, sınıflandırılması, işlenmesi, dönüştürülmesi ve nihai bertarafı gibi aşamaların bir bütün olarak düşünülmesi gerekmektedir (Tchobanoglous vd., 1993).

EKAY'ın bileşenleri, sürecin işleyişi açısından bir hayli önem arz etmektedir. Kusursuz bir EKAY sistemindeki her bir atık, mutlaka bu bileşenlerin meydana getirdiği süreçten geçmelidir. Bu sürece tabi tutulmamış veya bu süreçten bir şekilde sıyrılmış atıklar doğrudan son aşamaya (Atıkların nihai bertarafı aşaması) giderek depolama alanlarında fazladan yer işgaline neden olacaktır. EKAY sisteminin temeli her zaman daha az atık bertaraf etmeye yönelik olarak şekillendirildiğinden daha az nihai bertaraf gerçekleştirilmesi verimin artması anlamına gelmektedir. EKAY sisteminin bileşenleri aşağıda verilmiştir (Demir vd., 1999).

- Atığın oluşumu ve kaynağında azaltma
- Atığın biriktirilmesi ve kaynağında sınıflandırma
- Atığın toplanması ve taşınması
- Atıkların geri kazanımı ve değerlendirilmesi
- Atıkların nihai bertarafı

Ayrıca EKAY sistemi bileşenlerine ait akım şeması Şekil 3.3'de verilmiştir (Demir vd., 1999).



Şekil 3.3: Entegre katı atık yönetim sisteminin bileşenlerine ait akım şeması.

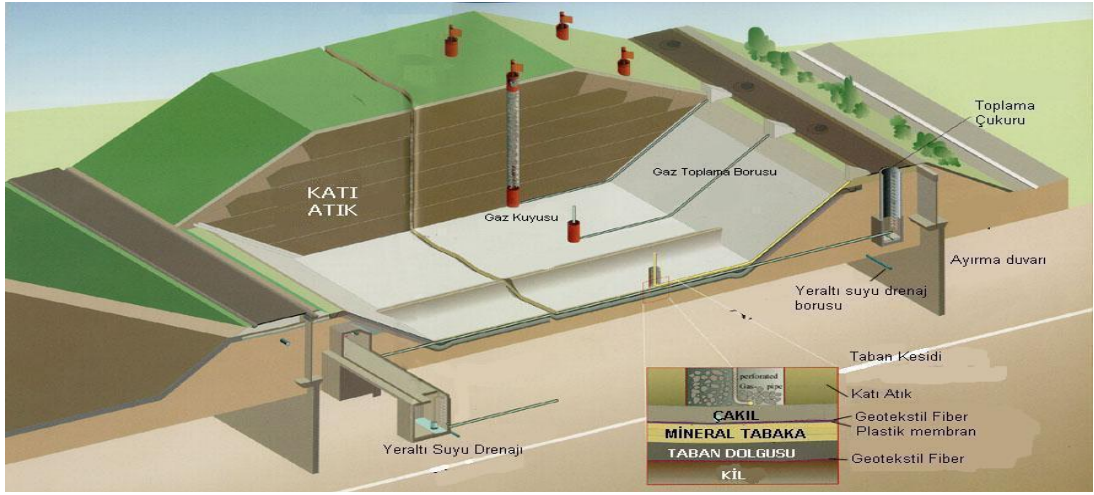
3.2.2.5. Entegre Katı Atık Yönetimi Atık Bertaraf Yöntemleri

Katı atıkların bertarafı için kullanılan yöntemleri 4 ana başlık altında sınıflandırabiliriz;

- Düzenli Depolama,
- Biyolojik Sistemler,
- Termal Sistemler,
- Geri Dönüşüm.

3.2.2.5.1. Düzenli Depolama

Atıkların toprağa gömülmesi olarak da tanımlanan düzenli depolama, atıkların araziye gelişi güzel bırakılmasından farklı olarak, katı atıkların insan ve çevre sağlığına uygun bir halde önceden bu amaçla hazırlanmış olan araziye dökülerek sıkıştırılması; günlük olarak üzerinin toprakla örtülmesi; arazi dolumu tamamlanınca üzerinin toprakla kapatılması ve çürümeye terk edilmesi; daha sonra bu alanların yeşil alan yapılmak suretiyle kullanıma açılması yöntemidir (Muşdal, 2007). Katı atık düzenli depolama alanlarına ilişkin saha kesiti Şekil 3.4 'de gösterilmektedir.



Şekil 3.4: Düzenli depolama sahası kesiti (URL-8).

Katı atıkların sızdırmazlığı temin edilmiş büyük alanlara dökülmesi, sıkıştırılması ve üzerinin örtülerek doğal biyolojik reaktör haline getirildiği bu yöntem; atık bertarafında kullanılan en ekonomik yöntem olması, çevresel açıdan makul ve emniyetli bir yöntem olması, enerji ihtiyacının çok az olması ile metan gazından elektrik enerjisi elde edilmesine imkân vermesi gibi avantajları nedeniyle tüm dünyada yaygın olarak tercih edilmektedir (Yaman, 2011).

Düzenli depolama bertaraf etme teknolojisinde en önemli konu, depolama alanı için uygun yer seçiminin yapılabilmesidir. Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'ne göre yer seçiminde dikkat edilecek hususlar ise şunlardır (ÇOB, 1991):

Evsel ve endüstriyel nitelikli katı atıkları ve arıtma çamurlarını düzenli olarak depolamak amacıyla inşa edilen depolama sahaları, Bakanlık veya ilgili belediyeler tarafından içme suyu temin edilen ve edilecek olan yüzeysel su kaynaklarının korunması ile ilgili olarak çıkarılan yönetmeliklerde, çöp dökülemeyeceği ve depolanamayacağı belirtilen koruma alanlarında kurulamaz. Depolama sahaları, en yakın meskun bölgeye uzaklığı 1000 metreden az olan yerlerde inşa edilemez. Sel baskını riskinin yüksek olduğu yerlerde, heyelan, çığ ve erozyon bölgelerinde, içme sulama ve kullanma suyu temin edilen yeraltı suları koruma bölgelerine katı atık depolama sahalarının yapılmasına müsaade edilemez. Bu alanlar işletmeye açıldıktan sonra iskâna açılmayacak şekilde planlanır ve çevresine bina yapılmasına müsaade edilemez. Yine bu alanların; işletmeye kapatıldıktan itibaren en az 40 yıl yerleşime açılmaması sağlanmalı, havaalanına en az 3 km uzaklıkta olmalı, deprem bölgelerinde inşa edilmemeli, şehircilik açısından hâkim rüzgâr yönünde

kurulmamalı ve depolama sahası en az 10 yıllık ihtiyaca cevap verecek kapasitede olmalıdır (Muşdal, 2007).

Nihai üst örtü tabakasının geçirimsizlik oranı, iklim koşulları, katı atık bileşimi, depo yaşı gibi faktörler katı atık düzenli depolama sahasındaki sızıntı suyu miktarını etkilemektedirler. Bununla birlikte nihai örtü tabakasının teşkil edilip edilmediği ve geçirimsizlik oranı da, sızıntı suyu miktarını önemli ölçüde etkilemektedir (Muşdal, 2007).

Düzenli depolama, atık bertarafında maliyet açısından avantaj sağlamasına karşın depo sahasında oluşturduğu sızıntı suyunun arıtımı noktasındaki maliyeti yüksektir. Bunun yanında düzenli depolama tesisinin içerisine kurulan sızıntı suyu arıtma tesisi sayesinde; atıklardan çıkan sızıntı sularının toplama havuzunda biriktirilmesi, ön çöktürme işleminden sonra biyolojik arıtmaya alınması mümkün olabilmekte, ayrıca biyolojik arıtma işleminden sonra da ultrafiltrelerden geçirilen sızıntı suyu alıcı ortama deşarj kriterlerine uygun olarak tahliye edilebilmektedir (Yaman, 2011).

3.2.2.5.2. Biyolojik Sistemler

- Kompostlaştırma,
- Biyometanizasyon,
- Biodrying (Biyo-kurutma).

3.2.2.5.2.1. Kompostlaştırma

Kompostlaştırma metodu, katı atıkların içerisinde bulunan biyobozunur maddelerin mikroorganizmalar tarafından, uygun koşullarda (yeterli su, hava, sıcaklık, tane yapısı, pH) biyokimyasal ayrıştırılması esasına dayanmaktadır (Muşdal, 2007).

Kompostlaştırma işlemi, nemi tutulan ve havalandırılan karışık organik atıklarda doğal olarak bulunan, kendiliğinden çoğalan mikroorganizmalar vasıtasıyla gerçekleştirilir. Başlangıçta çoğunlukla bakteri olan bu mikroorganizmaların çoğalması sırasında ısı, karbondioksit ve su buharı açığa çıkar. Şayet ısıнын açığa çıkması, ısı kaybından daha hızlı ise, sıcaklık yükselir, ısıya karşı duyarlı mikroorganizmalar ve ısıya karşı dayanıklı bakteriler çoğalır. Birinci aşamada mezofilik bakterilerle beraber actinomyces maya ve diğer mantarlar, yağlar proteinler ve karbonhidratları ayrıştırırlar. Sıcaklık 40-50 °C'ye ulaştığında kompostlaşmayı başlatan organizmaların tamamına yakını ölür ve bunların yerini

70 °C sıcaklığa kadar dayanabilen ve ısı üretebilen termofilik bakteriler alır. Bu aşamada bütün patojenik organizmalar birkaç saat içerisinde ölür. Termofilik bakteriler kendi içinde mevcut besini tükettikten sonra ısı üretmeyi durdurunca kompost soğumaya başlar. Soğuyan komposta son özelliklerini veren ölü bakterileri de içeren yeni bir grup organizma ürer. Kompostlamanın üç evresi; mezofilik evre termofilik evre ve iyileştirme evresi olarak isimlendirilebilir. Kompostlamanın son ürünü toprakta bitki ve hayvan kalıntılarına benzer biyolojik işlemlerle doğal olarak üretilen humusa oldukça benzeyen ve daha fazla parçalanamayan maddelerden oluşan organik bir kütledir (Brunt vd., 1995).

Kompostlamada ideal nem içeriği % 60'dır. Nem içeriğinin % 60'dan daha büyük olması kompost kütlesine oksijen geçişini engellemektedir. Diğer taraftan düşük nem oranları da kompostlamada verimi düşürmektedir. Mikroorganizmaların enerji kaynağı olarak tüketecekleri organik maddelerin çözünmesi için nem oranının optimum düzeyde olması gerekmektedir (Hamoda vd., 1998).

Katı atıkların çevreyle uyumlu bir hale dönüştürülmesi; bir başka deyişle, atıkların dengeli bir ürüne dönüştürülerek doğada yeniden kullanılması entegre atık yönetiminin öncelikli hedefleri arasında bulunmaktadır. Bu doğrultuda, dünyanın birçok metropol kentinde her gün yüz binlerce ton organik kökenli kentsel atık oluşmakta ve bu atıklar komposta dönüştürülerek başta tarım ve orman alanlarının iyileştirilmesi olmak üzere çeşitli amaçlarla kullanılmaktadır.

Ulusal yönetmelikler ve uluslararası direktifler atıkların yeniden kullanım, geri dönüşüm ve geri kazanımlarını teşvik etmekte olup, özellikle biyolojik atıkların düzenli depolama sahalarına dökülmesine sınırlamalar getirmektedir. Bu sebeple katı atıkların alternatif teknolojiler kullanılarak bertaraf edilmesi mecburi hale gelmektedir. Kompostlaştırma sistemleri yakma, piroliz, gazifikasyon gibi termal sistemlere nispeten daha çevre dostu bir teknoloji olup, dünya genelinde farklı uygulamalarıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Ülkemizde oluşan atığın, atık kompozisyonu açısından yaklaşık % 50'sinin organik içerikli olduğu düşünüldüğünde kompostlaştırmanın önemli ve etkin bir bertaraf yöntemi olduğu söylenebilmektedir. Bu yöntem sonucu elde edilecek kompost, katı atığın kaynağında ayrıştırılabilmesi durumunda hem daha kaliteli hem de daha verimli olmaktadır. Kompostlaştırma sonucu elde edilen kompost, gübreden farklı olarak toprağı ıslah edici, organik değeri ve su tutma kabiliyeti yüksek bir kütledir. Toprağın boşluk

hacmini arttırıp havalandırarak ve besin maddelerinin daha iyi kullanılmasını sağlayarak toprağın işlenebilirliğini kolaylaştırmaktadır (Yıldız vd., 2009).

Kompostlaştırma metodu, düzenli depolamaya göre biraz daha pahalı, termal yöntemlerden ise daha az maliyetli bir katı atık bertaraf yöntemidir. Düzenli depolamaya gidecek katı atık miktarının azalmasını temin etmesi nedeniyle de çevre dostu bir sistemdir (Muşdal, 2007).

3.2.2.5.2.2. Biyometanizasyon

Biyometanizasyon, teknolojisi açısından kaynağında ayrılmış biyobozunur kentsel atıkların kontrollü şartlarda biyogaza dönüştürülmesi yöntemidir. Biyogaz biyometanizasyon sonucu ortaya çıkan renksiz, kokusuz, havadan hafif, parlak mavi bir alevle yanan bir gazdır (Sezer, 2011).

Diğer bir tanıma göre biyometanizasyon, organik maddelerin oksijensiz ortamda anaerobik mikroorganizmalarla ayrıştırılması esnasında meydana gelen çok adımlı biyokimyasal reaksiyonlardan oluşan biyolojik bir süreçtir (Erdoğan, 2010).

Organik atıklardan biyogaz üretimi dünya genelinde çok yaygınlaşmış bir yöntemdir. İlk zamanlarda tek tip atıktan özellikle çiftlik atıklarından biyogaz üretimi yaygın olarak tercih edilirken son zamanlarda kentsel atıkların organik atıkları için de bu yöntem tercih edilmektedir. Türkiye’de ise son yıllarda organik atık, biyokütle ve biyogazdan enerji elde edilmesine yönelik kamu ve özel sektör yatırımları artmaya başlamıştır (Sezer vd., 2009).

Enerji bakımından dışarıya bağımlı bir hüviyete sahip ve evsel katı atık içerisindeki organik madde yüzdesi yüksek olan Türkiye için, Avrupa Birliği’nin düzenli depolama alanlarına gönderilecek organik içerikli atıklara uyguladığı kotaların sağlanması ve yenilenebilir enerji üretimi bakımından katı atıkların biyometanizasyonu ve diğer atıklarla birlikte arıtımı uygun bir yöntem olarak gözükmektedir. Yenilebilir enerji kaynaklarından elde edilen enerji için devlet tarafından yeterli düzeyde teşvik sağlanması durumunda, yabancı ve yerli müteşebbisin bu alandaki ilgisini artırması ihtimal dâhilindedir (Acun, 2013).

3.2.2.5.2.3. Biodrying (Biyo-kurutma)

Biyodrying, organik içeriği yüksek kentsel atıkların uygun çevresel koşullar altında iki-üç haftalık biyolojik faaliyetler neticesinde ortam sıcaklığının (60 °C) etkisiyle

nem muhtevasının azaltılarak enerji değeri yüksek alternatif ek yakıt elde edilmesi tekniğidir. Kurutma etkisi, hem biyolojik faaliyet sonrası oluşan yüksek sıcaklık hem de atık kütlelerine verilen basınçlı hava ve haftalık periyotta yapılan karıştırma etkisiyle olur. Oluşan nem içeriği, ürün atık muhtevası olmasına göre değişmekle birlikte 3500- 4500 kcal/kg enerji değerine sahiptir. Biyodrying işlemi sonrası elde edilen yüksek kalorili ürünler çimento fabrikalarında ilave yakıt olarak değerlendirilmektedir. Bu sayede atıktan enerji elde edilerek atığın bertaraf maliyeti karşılanmakta ve atık uygun şartlarda uzaklaştırılarak çevre korunmaktadır. (Acun 2013).

Biodrying ile kompost arasında birçok ortak nokta olmasına karşın aralarındaki temel fark her iki işlem için de hedeflerin farklı olmasıdır. Kompost tamamen kötü kokuları gidermek ve patojen mikroorganizmaları imha etmeyi ve biokütledeki çürümeyi amaçlamaktadır. Kompostlama süresi birkaç ay sürebilir. Biodrying ise en kısa sürede mümkün olduğu kadar su giderimini amaçlamaktadır. Süreç atık malzemenin türüne ve sisteme bağlı olmakla birlikte iki hafta kadar sürmektedir. Ayrıca biodrying sonucu oluşan kurutulmuş atık kütle biyoenerji üretimi için potansiyel değere sahipken kompostlama sonunda oluşan ürün toprak iyileştirici madde olarak değerlendirilebilmektedir (Tulun, 2013).

3.2.2.5.3. Termal Sistemler

- Yakma
- Gazifikasyon
- Piroliz
- Plazma

3.2.2.5.3.1. Yakma

Doğrudan yakma atıktan enerji elde edilmesinde kullanılan en eski ve en yaygın yöntemdir. Günümüzde atıktan enerji elde etmek için kurulan enerji üretim tesisleri doğrudan yakma sistemlerinin oluşturduğu tesislerdir (Tezçakar ve Can, 2011).

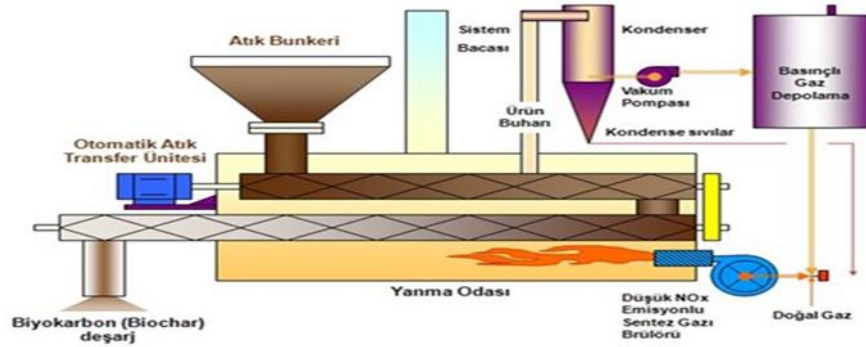
Katı atık yakma tesisleri, teknolojinin yakından takip edildii projeler oldukları için ilk yatırım ve işletme maliyetleri bir hayli yüksektir. Bunun yanında, katı atık yakma tesisleri için en önemli ve öncelikli kriter, katı atığın içeriğinin yakma işlemine uygun olup olmadığının tespit edilmesidir. Katı atığın yakılabilmesi için, birçok

araştırma yapılmalı ve o yöredeki farklı katı atık numunelerinin incelenmesi sonrasında gerekli kalorifik değeri sağladığı belirlenmelidir (Muşdal, 2007).

Katı atıkların yakılması sonucu yakma tesislerinden çoğunlukla elektrik ve ısı enerjisi elde edilmektedir. Yakma, genellikle düzenli depolama için yer sıkıntısı olan ülkelerde, gerekli depolama alanı gereksinimin azaltılması için yaygın olarak kullanılan bir yöntemdir (Tavares vd., 2011).

3.2.2.5.3.2. Piroliz

Piroliz, oksijen yokluğunda duyarlı (stabil) olmayan organik maddeleri gaz, sıvı ve katı ürünlere dönüştüren termal (400-800°C) bir arıtım sürecidir. Piroliz sistemleri literatürde çoğunlukla gazlaştırma sistemleriyle karıştırılmaktadır. Gazlaştırma ve piroliz sistemlerinin ikisi de katı atıkları gaz, sıvı ve yakıtlara dönüştürmek için kullanılmalarına rağmen iki sistem arasındaki temel fark piroliz sistemleri oksijensiz ortamda dışarıdan ısı alan ve endotermik reaksiyonlar açığa çıkarması, gazlaştırma sistemlerinin ise atıkların yakılması için kısmen oksijen ve hava kullanılmasıdır (Tchobanoglous vd., 1993; Güden, 2011). Piroliz yöntemine ait çalışma prensibini gösteren proses Şekil 3.5’de gösterilmektedir.



Şekil 3.5: Piroliz yöntemi prosesi (URL-9).

Piroliz katı atıklara hava yokluğunda uygulanarak, gaz, katı ve sıvı bileşenler elde edilir. Gaz ürünler; hidrojen, metan, karbondioksit, karbon monoksit, etilen ve diğer gazlar, sıvı ürünler asetik asit, aseton, metanol ve katran, katı ürünler ise; katı atığın muhtevasında mevcut olan inert gereç ve saf karbondan meydana gelir. Bu yöntem biyokütle için çeşitli yakıtlara çevirmek için kullanılan en iyi yöntemlerdendir (Çalışkan, 2013).

Ürün olarak elde edilen piroliz yağı, genellikle ham petrolün yarısına eş bir enerji miktarına sahiptir ve ısı ile güç üretiminde petrolün yerine ikame edilebilir. Piroliz ürünleri elektrik, ısı ve diğer yan ürünlere rahatça dönüştürülebilir. Isı pazarının potansiyeli yüksek olmasına karşın fosil yakıtlarla rekabet edebilmesi açısından maliyete bağlılığı daha fazladır. Belirlenen şartnamelere bağlı olarak biyo-yağ, hafif fuel-oil ve ağır fuel-oil olarak kullanılabilir. Piroliz gazı, jeneratörlere bağlı olan gaz türbinlerinde veya gaz motorlarında yakılarak elektrik üretimi için kullanılabilir. Ayrıca, piroliz ürünleri diğer bir yakıt türevi olan hidrojene de dönüştürülebilir. Bu ürün katalitik buhar reformasyonu arkasından sıvı-gaz yer değiştirme reaksiyonları kullanılarak hidrojen verimini arttırmak için hidrojen üretiminde kullanılabilir (Tezçakar ve Can, 2011).

3.2.2.5.3.3. Gazifikasyon

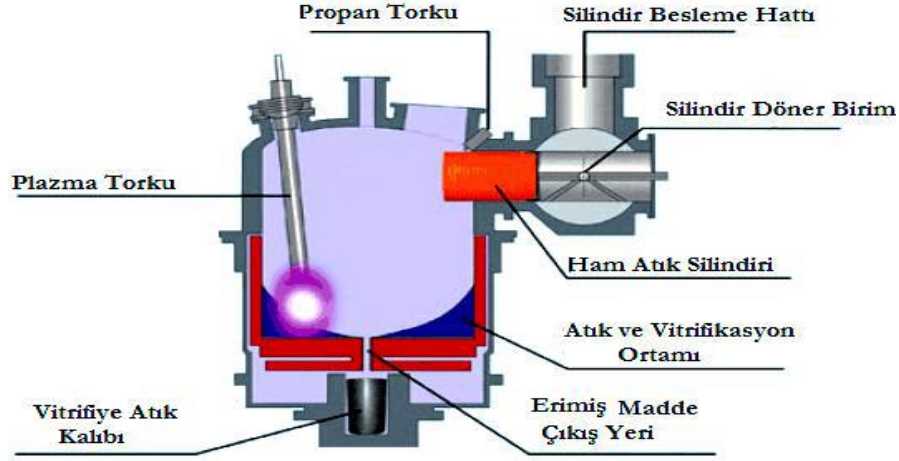
Gazifikasyon yanma için gerekli olan oksijen ihtiyacının altında bir oksijen miktarının sisteme verilerek atıkların bozunmasının sağlandığı bir yarı yakma yöntemidir. Gazifikasyon, atıkların hacmi azaltılarak bertarafı için gerekli enerji kullanımı ve üretimi açısından verimli bir yöntemdir (Hanan vd., 2012).

Gazifikasyon, yakma ile mukayese edildiğinde atık bertarafı için çevre dostu ve modern bir seçenektir çünkü yakmaya kıyasla kısıtlı oksijen miktarı nedeniyle daha düşük hacimde baca gazına sahiptir. Ayrıca, bu metotla oluşan gaz daha yüksek sıcaklıklarda yandığından daha çok enerji verimine sahiptir. Anaerobik çürütme (biyometanizasyon) ile üretilen biyogazla karşılaştırıldığında daha yüksek kalorifik değere sahiptir ve gaz motorları ile türbinlerinde daha iyi yanar. Gazifikasyon sonucu oluşan yan ürünler genellikle inert/tehlikesiz olup, stabilizasyon veya yol iyileştirme malzemesi olarak kullanılabilir (Tezçakar ve Can, 2011).

3.2.2.5.3.4. Plazma

Plazma, katı atıkların (özellikle tıbbi ve tehlikeli atıklar) oksijensiz ortamda 5000°C-15000°C aralığındaki aşırı yüksek sıcaklıklarda kimyasal bileşenlerine dönüştürülmesi işlemidir. Bu yöntemde katı atıklara yüksek miktarda termal enerji verilmesi ile atıklar element ve atom bileşenlerine ayrıştırılıp camsı bir hale dönüştürülerek bertaraf edilir, ayrıştırılmış olan moleküller kontrollü saf oksijen ve buhar katkısıyla soğutma yerinde tekrar birleştirilerek sentetik gaz oluşumu sağlanır.

Bu işlem sonucu elde edilen hidrojen, karbon monoksit, karbon dioksit ve metan gazları soğutulduktan ve temizlendikten sonra proseste yakıt olarak kullanılmak üzere gaz türbini ve jeneratör vasıtasıyla elektrik enerjisine çevrilebilmektedir. Basit bir plazma yöntemi prosesine ait kesit Şekil 3.6’da gösterilmektedir.



Şekil 3.6: Plazma yöntemi prosesine (ÇOB, 2010).

3.2.2.5.4. Geri Dönüşüm

Geri Dönüşüm, atıkların asıl kullanım amacı ya da diğer amaçlar doğrultusunda enerji geri kazanımı amacı güdülmeksizin yeniden hammadde olarak kullanılmak üzere fiziksel veya kimyasal işlemlerden geçirilerek kullanıma uygun yeni bir ürün haline getirilmesidir. Bu uygulama için atıkları kaynağında sınıflandırarak biriktirmek en etkin yöntemdir.

Doğal kaynakların kendini yenileme kapasitesinin sınırlı olduğu göz önüne alındığında, sürdürülebilir kalkınma yaklaşımı kapsamında atık yönetiminde; geri dönüşüm ve geri dönüşümün sosyal, çevresel ve ekonomik etkileri ön plana çıkmaktadır. Atık yönetiminin en önemli ayaklarından olan geri dönüşüm; değerlendirilebilir atıkların çeşitli fiziksel ve/veya kimyasal yöntemler ile ikincil hammaddeye dönüştürülerek tekrar üretim sürecine dahil edilmesi olarak ifade edilmektedir.

Atıkların çevreye zarar vermeden bertaraf edilmesi başta çevre ve insan sağlığı olmak üzere ekonomiyi de yakından ilgilendirmektedir. Geri dönüşüm uzun vadede verimli bir ekonomik yatırım olarak değerlendirilmektedir. Doğal kaynakların hızla

tükenmesine bağılı olarak üretim sürecinde kullanılan hammadde arzının azalması ve buna bağılı olarak maliyetinin yükselmesi neticesinde ekonomik sıkıntılar ortaya çıkmaktadır. Sektörlerin hammadde ihtiyacının bir kısmının geri dönüştürülebilen ve ekonomik değeri bulunan atıklardan karşılanması sürdürülebilirliğin sağlanması açısından büyük önem taşımaktadır. Etkin bir geri dönüşüm sistemi, hammadde ve ara malı ithalat bağımlılığı yüksek olan sektörlerde bu bağımlılığı azaltıcı yönde yapacağı etkiyle de sürdürülebilir ekonomik büyümeye olanak ve katkı sağlayacaktır.

Ülkemizde oluşan atıkların yarısından çoğu geri kazanılabilir özelliğe sahiptir. Çevresel bir sorun olan, bertarafı için finansal kaynak gereken ve üretim için önemli bir girdi olan bu atıkların; istihdam alanı oluşturma, etkin doğal kaynak kullanımı ekonomik fayda ve çevresel iyileştirme gibi alanlarda sağlayacağı avantajlar da dikkate alındığında, geri dönüşümün ulusal refahın yükseltilmesinde sahip olduğu büyük potansiyel göz ardı edilemez duruma gelmektedir (BSTB, 2014).

4. MALZEME VE YÖNTEM

Problemlerin çözümünde karar sürecinin kapsamına göre karar vericiler bazen birden fazla alternatif arasında seçim yaparken; bazen birbirinden farklı amaçları gerçekleştiren seçeneği, bazen de birbiriyle çelişen amaçları gerçekleştiren alternatifler içerisinde en uygun olanını tercih etmek zorunda kalır. Günümüzde birçok problem, bünyesinde çok sayıda niceliksel veya niteliksel kriter ya da amaç barındırabilmektedir. Bu itibarla, karar verici mekanizma bu tür karmaşık sorunların çözümünde genellikle çok kriterli karar verme yaklaşımlarının tavsiye ettiği yöntemleri kullanmaktadır (Başlıgil vd., 2009).

Bu bölümde, entegre katı atık tesisi yer seçimi probleminin çözümü için tercih ettiğimiz çok kriterli karar verme tekniklerinden Analitik Network Prosesi (ANP) yönteminin yanı sıra bu yöntemin dayanağı sayılan ve geliştirilmesine olanak sağlayan Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yöntemine de değinilecektir.

4.1. Çok Kriterli Karar Verme

Karar verme süreci önceleri; birbirleriyle çelişen kriterler, önem ağırlıkları, girdi sayılarının artması gibi nedenlerden dolayı kolay değildi. Çok kriterli karar verme teknikleri; daha açık, rasyonel ve etkili karar süreçleri açığa çıkararak daha sağlıklı kararların alınmasının gelişimine yardımcı oldular. Bu yöntemler, birbirleriyle çelişen kriterler, farklı bakış açıları ve yüksek düzeyde belirsizlik niteliğine sahip karmaşık problemlerin çözümünde çok yaygın olarak kullanılan güçlü metotlardır. Çok kriterli karar verme, son yirmi yıl içerisinde en hızlı şekilde gelişen problem çözme mekanizmasıdır (Temuçin vd., 2012).

4.2. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri

Çok kriterli karar verme yöntemleri, geniş manada birden çok alternatif arasından en uygun olanı seçmek üzere, nitelikli bir değerlendirme gerçekleştirmeyi, bu

değerlendirme sonucunda alternatifler arasında bir sıralama oluşturmayı ve bu sıralama dâhilinde en iyi olanı tercih etmeyi önermektedir (İnan, 2008).

Çok kriterli bir karar verme sürecinde, kriterler arasında çelişki olması ve birbirini iyileştirmek için bir kriteri seçme safhasında diğer kriterlerden sarf-ı nazar edilecek olması en iyi seçeneğin tayinini zorlaştırmaktadır. Bu kriterler arasında uzlaşma sağlamak ve alternatifler arasından en uygun olanını belirlemek için bazı yöntemler geliştirilmiştir. Çok kriterli karar verme sürecini kullandıkları veri açısından deterministik, stokastik ve bulanık olmak üzere üç bölüme ayrılabilir. Çok kriterli karar verme sürecinde kullanılacak yöntemler olarak Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), Analitik Network Prosesi (ANP), ELECTRE ve TOPSIS metotları ve Veri Zarflama Analizi (DEA) 'den bahsedilebilir. Bunların yanısıra fayda temelli SMARTS (Ağırlıklandırılmış Değer Fonksiyonu Modeli), üstünlüğe dayanan PROMETHEE ve diğer bazı fayda temelli, üstünlüğe dayan, etkileşimli ve basit yöntemler literatürde mevcuttur (İnan, 2008).

Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden Analitik Network Prosesi (ANP) tekniğini kullandığımız bu çalışmamızda; Analitik Network Prosesi (ANP) yönteminin bir önceki versiyonu olması nedeniyle öncelikle Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP) yönteminden bahsedilecektir.

4.2.1. Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP)

Analitik Hiyerarşi Prosesi (AHP), birden fazla faktör etkisi altındaki karmaşık problemlerin çözümünde kullanılmak üzere Thomas L. Saaty tarafından geliştirilen çok kriterli bir karar verme yöntemidir.

Bilginin toplanması ve analizinin yapılmasının zaman alan ve yoğun gayret gerektiren işlemler olması sebebiyle, karar verme sürecinin etkin kullanımı önem teşkil etmektedir. Bu amaçla en yaygın olarak kullanılan karar verme mekanizması, AHP yöntemidir (Barış vd., 2007).

Yöntemin dayandığı teori; gerçekte insanoğlunun hiçbir şekilde kendisine öğretilmemiş olmasına rağmen, bütünüyle içgüdüsel olarak benimsediği karar mekanizmasıdır. Çok sayıda ve birbirleriyle ilişkili öğeler kümesiyle karşılaşılıp, bunların ancak bir kısmının kontrol altında tutabileceğimizi farkettiğimizde, daha çok sezgisel olarak söz konusu öğeleri, belirli bir takım ortak özelliklere sahip olup

olmamalarına bağılı olarak gruplar halinde birleřtirmeye uęrařırız. İřte Analitik Hiyerarřı Prosesin temelde geręekleřtirmeyi hedefledięi de; insanoęluna doęuřtan verilen bu kategorilere ayırmaya dōnük zihinsel faaliyet sūrecini taklit edip, sōz konusu grupları sistemin belli bir dūzeyinin oęeleri olarak yansıtmaktır. Bu gruplar daha sonra bir bařka ōzellikler kūmesine gōre yine kendi aralarında kategorilere ayrılıp, sistemin bir ūst dūzeyini meydana getirirler ve bu sūreę sistemin en ūst dūzeyini, karar verme sūrecinin ana hedefini oluřturan oęeye ulařana kadar devam eder.

Bařka bir ifadeyle; sūrecin ilk adımı, karar verme probleminin olabildięince detaylı bir řekilde ortaya konması ve daha sonra her bir oęenin hiyerarřı aęacındaki hangi dallara yerleřtirilecek olduęunun belirlenmesidir. Bundan sonra yapılacak olan iřlem, hiyerarřının en alt dūzeyindeki oęelerin, en ūst dūzeyde bulunan ve ana hedefi ortaya koyan oęe ūzerindeki gōreliliklerinin aęıęa ęıkarılmasıdır. Bunun belirlenmesi ise, problemin her hiyerarřı dūzeyi ięin ikili karřılařtırmalar yapılmasına ve gōrelilik aęırlıklarının hesaplanmasına dayanır (Evren ve Ūlengin, 1992).

Analitik Hiyerarřı Prosesi, hiyerarřı yapısındaki esneklik ve etkinlik ile karar vericilere būyuk kolaylıklar saęlamaktadır. Karar vermek ięin bir hiyerarřik yapı kullanılarak, biręok veri tūrū bir araya toplanabilir, performans seviyelerindeki farklılıklar birbirine uygun hale getirilebilir ve farklı gōzūken oęeler arasında karřılařtırma yapılabilir.

AHP, karar teorisinde zengin uygulamaları olan, nitel ve nicel faktōrleri birleştirme imkânı veren etkin ve kolay anlaşılır bir yōntemdir. Tecrūbe ve bilginin de en az kullanılan veriler kadar değerli olduğu esasına dayanır.

AHP, karar analizi yōntemlerinden geręek hayata (endūstriden politik kararlara kadar biręok disiplinde) en ęok uyarlanıp en fazla başarılı sonuğlar elde edilenidir. AHP yōnteminin sıklıkla kullanıldığı uygulama alanlarından bazıları şunlardır: eğitim, sağlık, ęevre problemleri, veri tabanı seğimi, mimarî tasarım, finans, makro ekonomik tahminler, pazarlama, plânlama, portfōy seğimi, kaynak atama, taşımacılık, teknoloji transferi, silâhlanmanın kontrolū, politikada adayların seğimi, harp oyunları vb. (Vargas, 1990).

Analitik Hiyerarşi Prosesi, daha çok matematiksel hesaplamalara dayanmasına karşın profesyonel çalışanlar ve akademisyenler arasında yaygın olarak tercih edilmektedir. Bu tercihin sebepleri:

- İnsanlar AHP'yi doğal ve ilgi çekici olarak görmektedirler.
- İnsanların düşünceleri kadar duygu ve tecrübelerle dayalı bir yargı içermektedir.
- İleri düzeyde teknik bilgi gerektirmemekte ve neredeyse herkes tarafından kullanılabilir.
- Nitel kriterlerle birlikte nicel kriterleri de birlikte değerlendirme olanağı sunmaktadır.
- Simetrik kriterin eşlenik olma özelliği ile ölçüm kolaylığı sağlanmıştır.
- Problem amaçlarına göre ölçek değerleri yeniden yorumlanabilmektedir.
- Karar problemlerini tanımlamak için ayrıntılı hiyerarşik yapısını kurmak çok kolaydır. Uygun gösterimlerle risk, çatışma ve tahmin problemleri çözülebilmektedir.
- Kaynak tahsisi, fayda/maliyet analizi, karar çatışmaları, tasarım ve sistem optimizasyonlarına direkt olarak uygulanabilmektedir.
- Grup kararlarında farklı uzmanlık ve tercihler söz konusu olsa da, basit ve etkili bir yol ile çözüme varmayı sağlamaktadır (Saaty, 1994).

4.2.1.1. Analitik Hiyerarşi Prosesi Uygulama Adımları

AHP yöntemi, Problemin tanımı, hiyerarşik yapının oluşturulması, ikili karşılaştırmaların yapılması ve sonuçların hesaplanması olmak üzere dört temel adımdan oluşmaktadır.

1. Problemin Tanımı: Çözümü hedeflenen sorun açıkça ortaya konur ve geçmiş uygulamalar değerlendirilerek kararı etkileyen kriterler belirlenir.
2. Hiyerarşik Yapının Oluşturulması: Karar verme problemi ve kararı etkileyen kriterler etrafıca araştırılarak karar öğeleri için hiyerarşik yapı oluşturulur.
3. İkili Karşılaştırmaların Yapılması: Hiyerarşik yapının her seviyesinde yer alan kriterlerin, bir üst seviyede bulunan kriter üzerindeki göreceli önemlerine göre, ikili karşılaştırmaları yapılır.
4. Sonuçların Hesaplanması: Karar alternatiflerinin sıralamasının belirlenmesi için ana hedefe olan göreceli ağırlıkları hesaplanır.

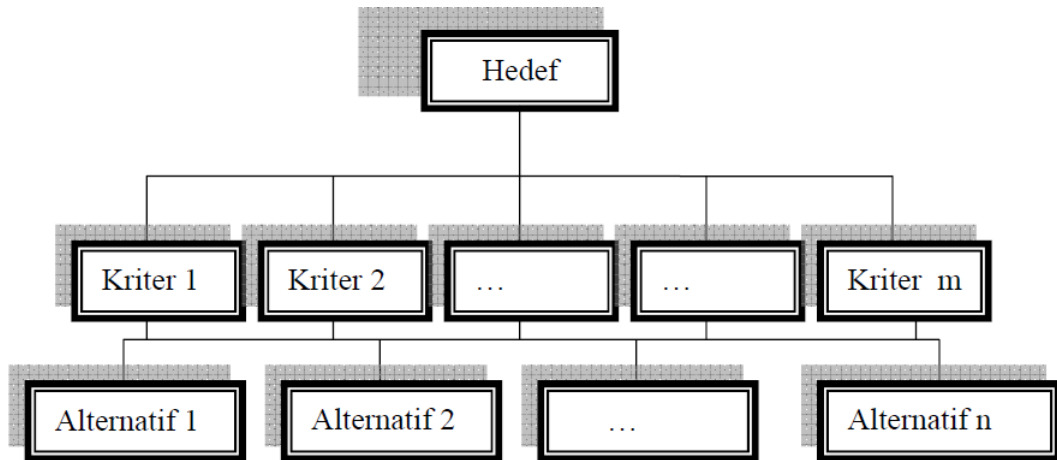
4.2.1.1.1. Problemin Tanımı

Karar vermenin başlangıcını hedefin net bir şekilde ortaya konulması ve geçmiş uygulamaların değerlendirilmesi oluştururken sağlıklı bir karar süreci için de kararı etkileyen kriterlerin belirlenmiş olması gerekmektedir.

AHP’de öncelikle ulaşılmak istenen hedef tespit edilerek hiyerarşinin en üst seviyesine yerleştirilir. Sonrasında bir alt seviyedeki kriterler ve onun alt seviyesinde varsa bu kriterlerin alt kriterleri belirlenir. En alt seviyede ise bu kriterleri sağlayan alternatifler yer alır. Bu belirlemenin ardından karar hiyerarşisi oluşturulur. Hiyerarşik yapının oluşturulması esnasında kriterlerin ve alt kriterlerin belirlenmesinde anket çalışmasına veya bu konuda tecrübe ve bilgilere sahip uzman kişilerin görüşlerine başvurulabilir (Aytürk, 2006).

4.2.1.1.2. Hiyerarşik Yapının Oluşturulması

Bir sistemin en doğru şekilde ifade edilmesi; bu sistemi oluşturan tüm ana kriter ve alt kriterler arasındaki kesinliğin ve etkileşimin hesap edilmesi veya diğer teorilerden yararlanarak izlenmesi ile sağlanır. Hiyerarşik yapı; sistemi oluşturan tüm seviye veya bileşenlerin aralarındaki fonksiyonel bağımlılığın sistem geneli üzerindeki etkisini en doğru ifade eden oluşumdur. Ancak bu durumda çok karmaşık problemler basitleştirilebilmekte ve neden-sonuç ilişkisini ortaya koyan doğrusal zincir yapısı ortaya konabilmektedir. Bu yaklaşımın diğer bir faydası da hiyerarşinin üst seviyesi ile alt seviyeleri arasındaki bağımsızlığı belirlemesidir (Cengiz, 2007). AHP modelinde genel hiyerarşik yapı aşağıda gösterilmektedir.



Şekil 4.1: AHP modelinin genel hiyerarşik yapısı (Akay, 2011).

Problemin hiyerarşik yapıya dönüştürülerek çözülmesinin avantajları şu şekilde sıralanabilir (Çakır, 2001):

1. Sistemin hiyerarşik olarak gösterimi, alt düzeydeki bir kriterin önceliğinde meydana gelecek değişimin, üst düzeylerdeki kriterlerin önceliklerini nasıl etkileyeceğini ortaya çıkarır.
2. Alt düzeyler sistemin yapısı ve işleyişi hakkında büyük ölçüde ayrıntılı bilgi verirken, üst düzeylerde problemin bir bütün olarak görülüp, ele alınmasına imkân verir. Düzeyler içindeki kriterlere ait kısıtların tatmin edilmesini garantileyerek, kısıtın bir üst düzeyde en doğru şekilde temsil edilmesini sağlar.
3. Hiyerarşi, doğal sistemlerin temsil edilmesi ve geliştirilmesi için oldukça makuldür.
4. Hem katı, hem de esnektir. Katıdır; çünkü yapı içinde yapılacak küçük değişiklikler, hiyerarşide ancak küçük etkiler meydana getirebilir. Esnektir; çünkü iyi oluşturulmuş bir yapıya daha sonradan yapılacak ilaveler, hiyerarşinin performansını bozmaz.
5. Hedefle alakalı en alt kriterin önceliklerinin tarifinin yapılması ve neler gerektirdiğinin bilinmesi, derecelendirme problemlerinde karşılaşılan bazı öncelik problemlerini azaltmaktadır. Çeşitli faktör ve derecelendirmedeki geri besleme ilişkisinden kaynaklanan karışıklıkları gidermek amacıyla hiyerarşik bir yapı içerisinde karşılaştırmalar yaparak problemleri çözme işi, analitik hiyerarşi prosesinin varoluşunun ana prensibidir.

4.2.1.1.3. İkili Karşılaştırmaların Yapılması

Analitik Hiyerarşi Prosesinde değerlendirme süreci ikili karşılaştırma kavramına dayanır. Hiyerarşinin bir düzeyindeki kriterler, bir üst düzeydeki kriterlere katkısı veya önem derecesine göre, birbirleriyle ikili olarak karşılaştırılırlar. Hiyerarşinin en alt seviyesindeki kriterlerin toplam ağırlığı, bir düzeydeki kriterlerin bir üst seviyedeki tüm kriterlere göre karşılaştırılmaları sonucu bulunan ağırlıkların toplamı ile hesap edilir. Bu duruma “Hiyerarşik Kompozisyon Prensibi” denir.

AHP, problemin hiyerarşik olarak gösterimi sayesinde karar alınması açısından etkili olabilecek tüm kriterler üzerinde ayrı ayrı yargı sahibi olmamızı sağlar. Söz konusu yargı yoğunlaştırmasının en etkin yolu ise, kriterleri ikiye ikiye ele alıp onları

sadece bir kritere göre değerlendirmek ve bu işlemi yaparken diğer kriterler ile ilgilenmemektir (Tekeş, 2002).

Hiyerarşinin bir düzeyini oluşturan kriterlerin birbirlerine olan göreceli önemleri, ikili karşılaştırmalar yoluyla belirli bir ölçeğe göre puanlandırılıp, matristeki yerine yerleştirilir. Söz konusu ölçeğin etkinliği, hem farklı kişilerle yapılan çok sayıdaki uygulama, hem de başka ölçeklerle yapılan teorik karşılaştırmalar sonucu saptanır.

Hedef, kriterler ve alt kriterler belirlendikten sonra kriterlerin ve alt kriterlerin kendi aralarındaki önem derecelerinin belirlenmesi için karşılaştırmalarda 1-9 aralığındaki rakamlar kullanılır. “1” sayısı iki özelliğin karşılaştıran kritere göre aynı önemde olduğunu “9” sayısı iki özellikten birinin diğerine göre aşırı düzeyde önemli olduğunu ifade eder. Önem ölçeğindeki 2, 4, 6, 8, değerleri ara değerlerdir. Başka bir deyişle eğer karar verici 1 ve 3 arasında kararsız kalırsa 2 değerini kullanabilir. Önem ölçeği ve açıklamaları Çizelge 4.1’de gösterilmektedir (Akay, 2011).

Çizelge 4.1: AHP ikili karşılaştırma önem ölçeği.

Önem Derecesi	Tanım	Açıklama
1	Eşit derecede önemli	İki faaliyet amaca eşit düzeyde katkıda bulunuyor
3	Orta derecede önemli	Tecrübe ve yargı bir faaliyeti diğerine orta derecede tercih ettiriyor
5	Kuvvetli derecede önemli	Tecrübe ve yargı bir faaliyeti diğerine kuvvetli derecede tercih ettiriyor
7	Çok kuvvetli derecede önemli	Bir faaliyet güçlü bir şekilde tercih ediliyor ve baskınlığı uygulamada rahatlıkla görülüyor
9	Aşırı derecede önemli	Bir faaliyetin diğerine tercih edilmesine ilişkin kanıtlar çok büyük bir güvenilirliğe sahip
2,4,6,8	Ara Değerler	Uzlaşma gerektiğinde kullanılmak üzere iki ardışık yargı arasındaki değer

Çizelgede karşılaştırmalar için kullanılan değerlerin 1’den 9’a kadar olmasının nedeni; insan beyninin iki kriter arasındaki farkı ancak dokuz kata kadar duyarlı bir şekilde fark edebilmesindendir.

Hedef, kriterler ve alt kriterler belirlendikten sonra kriterlerin ve alt kriterlerin kendi aralarındaki önem derecelerinin saptanması için Çizelge 4.2’de gösterildiği gibi ikili karşılaştırmalar yapılarak bir matris oluşturulur. İkili karşılaştırmalar AHP’nin temel yapı taşlarıdır. Matrisin a_{ij} elamanı, karar vericinin, i. özellik ile j. özelliğin bağlı olduğu bir üst seviyedeki kritere göre ne kadar önemli olduğu sorusuna verdiği cevabı ifade eder (Akay, 2011).

Çizelge 4.2: İkili karşılaştırma matrisi.

	Kriter 1	Kriter 2	...	Kriter (n-1)	Kriter (n)
Kriter 1	$a_{11}=1$	$a_{12}=1/3$	...	...	$a_{1n}=3$
Kriter 2	$a_{21}=3$	$a_{22}=1$	...	...	...
...	...	...	...	...	...
Kriter (n-1)	...	...	...	...	...
Kriter (n)	$a_{n1}=1/3$	...	...	$1/9$	$a_{nn}=1$

Karar vericinin karşılaştırmalara verdiği puanlar Çizelge 4.1’de verilen önem ölçeği tablosundan alınır ve A matrisi,

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & \ddots & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & \dots & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} = A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ \frac{1}{a_{12}} & \ddots & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{1}{a_{1n}} & \dots & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (4.1)$$

olarak elde edilir. Burada i. özellik j. özellikten a_{ij} kadar daha önemlidir. j. özellik ise i. özellikten $1/a_{ij}$ kadar daha önemlidir.

Oluşturulan ikili karşılaştırma matrisinin özellikleri:

- Karşılaştırma matrisi bir kare matristir ve tüm elemanları pozitif sayıdır. Matris tam tutarlı ise i, j, k için $a_{ij} \cdot a_{jk} = a_{ik}$ eşitliği sağlanır.
- Matris tam tutarlıysa herhangi bir satırdan matrisin diğer tüm elemanları elde edilir. Matrisin en büyük özdeğerine karşılık gelen özvektör, AHP matrisinde ağırlık veya göreceli önem vektörü olarak ifade edilir.
- A matrisinin köşegenleri 1’dir. Alt üçgen matrisinin değerleri üst üçgen matrisinin değerlerinin çarpmaya göre tersidir (Aslan, 2005).

4.2.1.1.4. Sonuçların Hesaplanması

Karar verici tek bir şahıs olduğunda AHP’de alternatiflerin ortaya konulup karar alınması daha kolaydır. AHP uygulamalarında kararların birden fazla kişi tarafından verildiği durumlarda birden çok kişinin tercihleri göz önüne alınarak tek bir hüküm çıkarmak gerekmektedir. Bu konuda bazı araştırmacılar karar vericilerin tercihlerinin aritmetik ortalamalarını kullanmaktadırlar. Ancak tutarlılık açısından bunun sakıncaları vardır. Bu sakıncaları ortadan kaldırmak için geometrik ortalamanın kullanılması daha uygun kabul edilmektedir (Özden, 2008).

Geometrik ortalamanın tercih edilmesinin sebebi, karşılaştırma matrisindeki simetrik elemanların birbirinin tersi olması gerektiği kuralını ($X_{ij} = 1/ X_{ji}$) sağlamaya olanak sağlamasıdır. Problem için n tane karar verici olduğu düşünülerek aritmetik ortalama yöntemi kullanıldığında, karşılaştırma matrisinin i. satır ve j. sütunda yer alacak değer X_{ij}^k , k karar vericinin i-j elemanı için verdiği puan olmak üzere,

$$X_{ij} = (X_{ij}^1 + X_{ij}^2 + X_{ij}^n) /n \quad (4.2)$$

biçimindedir. X_{ij} elemanının simetriği olan X_{ji} elemanı ise,

$$X_{ji} = \left(\frac{1}{X_{ij}^1} + \frac{1}{X_{ij}^2} + \dots + \frac{1}{X_{ij}^n} \right) /n \quad (4.3)$$

olarak hesaplanır. Bu durumda ($X_{ji} \neq 1/ X_{ij}$) olur.

Oysa geometrik ortalama kullanıldığında bu şartı şu şekilde sağlamaktadır.

$$X_{ij} = \sqrt[n]{(X_{ij}^1 \cdot X_{ij}^2 \dots X_{ij}^n)} \quad (4.4)$$

$$X_{ji} = \sqrt[n]{\frac{1}{X_{ij}^1} \cdot \frac{1}{X_{ij}^2} \dots \frac{1}{X_{ij}^n}} \quad (4.5)$$

elde edilir. Bu durumda ($X_{ji} = 1/ X_{ij}$) olacağı için geometrik ortalama aritmetik ortalamaya tercih edilmektedir (Bulut ve Soylu, 2009).

İkili karşılaştırmaların önem derecelerinden oluşan A matrisi geliştirildikten sonra, A matris değerinin (a_{ij}) normalleştirilmesi gerekmektedir. Bu amaçla kullanılan bir çok yöntem bulunmaktadır. Ancak uygulamada en sık kullanılan normalleştirme

yönteminde, her bir sütun elemanı, bulunduğu sütunun toplamına bölünür. b_j , j 'inci sütunun toplam değerini belirtmek üzere, sütunların toplam değeri,

$$b_1 = \sum_{i=0}^n a_{i1} \quad (4.6)$$

eşitliğinden hesaplanır. Daha sonra ikili karşılaştırma matrisinin elemanları kendi bulundukları sütunun toplam değerine bölünür.

$$c_{ij} = \frac{a_{ij}}{b_i} \quad (4.7)$$

Bu şekilde c_{ij} elemanlarından elde edilen ve ikili karşılaştırmaların normalleştirilmiş halini gösteren $n \times n$ boyutlu C matrisi,

$$C = \begin{bmatrix} c_{11} & c_{12} & \dots & c_{1n} \\ c_{21} & c_{22} & \dots & c_{2n} \\ \vdots & \vdots & \dots & \vdots \\ c_{n1} & c_{n2} & \dots & c_{nn} \end{bmatrix} \quad (4.8)$$

şeklinde oluşturulur. C matrisinden yararlanarak, kriterlerin birbirlerine göre önem değerleri elde edilir.

$$W_i = \frac{\sum_{j=1}^n c_{ij}}{n} \quad (4.9)$$

eşitliği kullanılır. Eşitlik (4.9)'de gösterildiği gibi C matrisini oluşturan satır bileşenlerinin aritmetik ortalaması alınır. Böylece C matrisinin satır ortalamalarından oluşan ve kriterlerin önem değerlerini gösteren W sütun vektörü Eşitlik (4.10) kullanılarak,

$$W = \begin{bmatrix} w_1 = \frac{(c_{11}+c_{12}+\dots+c_{1n})}{n} \\ w_2 = \frac{(c_{21}+c_{22}+\dots+c_{2n})}{n} \\ \vdots \\ w_n = \frac{(c_{n1}+c_{n2}+\dots+c_{nn})}{n} \end{bmatrix} \rightarrow \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} \quad (4.10)$$

biçiminde hesaplanır.

Matristeki her bir satırın her bir elemanının, önem değerleri vektörü W sütunundaki elemanlarla çarpılıp toplanmasıyla V_1 sütun vektörü hesaplanır. Daha sonra bu vektörün her elemanı önem değerleri vektöründe karşılık gelen elemana bölünerek V_2 vektörü elde edilir. V_2 vektörünün aritmetik ortalaması, en büyük öz değer olan λ_{max} 'ı vermektedir.

$$V_1 = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{12} & \dots & a_{2n} \\ \vdots & \dots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & a_{nn} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V_1 \\ V_2 \\ \vdots \\ V_n \end{bmatrix} \quad (4.11)$$

$$V_2 = \frac{V_i}{w_i} \quad (i = 1, 2, \dots, n) \quad (4.12)$$

$$\lambda_{max} = \frac{\sum_{i=1}^n V_{2i}}{n} \quad (4.13)$$

$$\text{Tutarlılık göstergesi (CI)} = (\lambda_{max} - n) / (n-1) \quad (4.14)$$

$$\text{Tutarlılık Oranı (CR)} = (CI) / (RI) \quad (4.15)$$

eşitliklerinden hesaplanır. Tutarlılık oranının 0.1 den küçük hesaplanması halinde matrisin tutarlı olduğu kabul edilir. Aksi takdirde, yapılan değerlendirme tekrar gözden geçirilmelidir. Saaty tarafından yapılan çalışma sonucunda 1-15 boyutundaki matrisler için rassallık göstergeleri Çizelge 4.3'deki gibi elde edilmiştir. N matris boyutunu göstermektedir. Ele alınan problemde kriter sayısının çok fazla olması durumunda kriterlerin tamamı beraber değerlendirildiğinde tutarlı sonuçlar elde etme ihtimali de zayıflamaktadır (Akay, 2011).

Çizelge 4.3: Rassallık indeksi

N	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Rassallık İndeksi	0	0	0.58	0.9	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

Kriterler bakımından alternatiflerin ikili karşılaştırmalarının yapılması, önem değerlerinin hesaplanması ve tutarlılık analizlerinin yapılması safhasında alternatifler, her bir kriter açısından Çizelge 4.1'deki önem dereceleri kullanılarak ikili karşılaştırmalara tabi tutulur. Dolayısıyla n tane kriter ve m tane alternatif varsa m adet alternatif için n (kriter sayısı) tane ikili karşılaştırma yapılır. Daha sonra kriterler için yapıldığı gibi, alternatiflerin kriterler açısından yapılmış ikili karşılaştırma sütun değerleri (sij) sütun toplamına (ti) bölünerek normalleştirilmiş değerler (uij) saptanır.

Çizelge 4.4: Kriterler açısından alternatiflerin karşılaştırılması.

İkili Karşılaştırmalar					Normalleştirilmiş Hali				Önem değeri	
Alternatifler					Alternatifler					
		1	2	...	m	1	2	...	m	v_{ij}
Alternatifler	1	s_{11}	s_{12}	...	s_{1m}	$u_{11} = \frac{s_{11}}{t_1}$	...	...	$u_{1m} = \frac{s_{1m}}{t_m}$	$v_{i1} = \frac{\sum_{j=1}^m u_{1j}}{m}$
	2	s_{21}	s_{22}	...	s_{2m}	$u_{21} = \frac{s_{21}}{t_1}$	...	...	$u_{2m} = \frac{s_{2m}}{t_m}$	$v_{i2} = \frac{\sum_{j=1}^m u_{2j}}{m}$
	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
	m	s_{m1}	s_{m2}	...	s_{mm}	$u_{m1} = \frac{s_{m1}}{t_1}$	...	...	$u_{mm} = \frac{s_{mm}}{t_m}$	$v_{im} = \frac{\sum_{j=1}^m u_{mj}}{m}$
Toplam		$t_1 = \sum_{i=1}^m s_{i1}$	...	...	$t_m = \sum_{i=1}^m s_{im}$	1	1	...	1	1

Her kritere göre, her bir alternatif için normalleştirilmiş bu değerlerin satır ortalamaları alınarak ilgili kritere göre alternatiflerin önem değerleri (v_{ij}) elde edilir (Çizelge 4.4). v_{ij} i. kriter açısından j. alternatifin önem değerini gösterir. Sonrasında kriterler için yapıldığı gibi, her bir kritere göre hesaplanmış önem değerleri dikkate alınarak alternatifler için de tutarlılık oranları elde edilir. i. ($i=1,2,...,n$) kriter açısından alternatiflerin tutarlılık oranları $CR < 0.10$ ise, i. kritere göre alternatiflerin ikili karşılaştırmalarında karar vericinin tutarlı davrandığı anlamına gelir. Aksi durumda i. kriter açısından alternatiflerin ikili karşılaştırma önem derecelerinin yeniden gözden geçirilmesi gerekir.

Hedef için alternatiflerin göreceli önem değerlerinin hesaplanması: AHP’de karar verirken son olarak problemin çözüm aşamalarında elde edilen ağırlıklardan yola çıkarak, hedef açısından alternatiflerin göreceli önem değerleri tespit edilir.

Burada her bir alternatif için her bir kriter açısından yüzde ağırlıklar (v_{ij} $i=1,2,...,n$; $j=1,2,...,m$) ile kriterlerin ikili karşılaştırmalarından elde edilen önem değerleri (w_i $i=1,2,...,n$) bire olarak çarpılır. Daha sonra Çizelge 4.5’de görüldüğü üzere her alternatife ait bu çarpım değerleri toplanarak, alternatiflerin göreceli önem değerleri (Z_j) elde edilmiş olur (Akay, 2011).

Çizelge 4.5: Alternatiflerin genel göreceli önem değerleri.

<i>Kriterler</i>	<i>Alternatiflerin i.kriter açısından önem değeri</i>				<i>Kriter önem değeri</i>
	1	2	...	m	
Kriter 1	v_{11}	v_{12}	...	v_{1m}	w_1
Kriter 2	v_{21}	v_{22}	...	v_{2m}	w_2
...	...	...	...	...	...
Kriter n	v_{n1}	v_{n2}	...	v_{nm}	w_n
Z_j ($j=1,2,...,m$)	$\sum_{i=1}^n v_{i1} \cdot w_i$	$\sum_{i=1}^n v_{i2} \cdot w_i$	...	$\sum_{i=1}^n v_{im} \cdot w_i$	

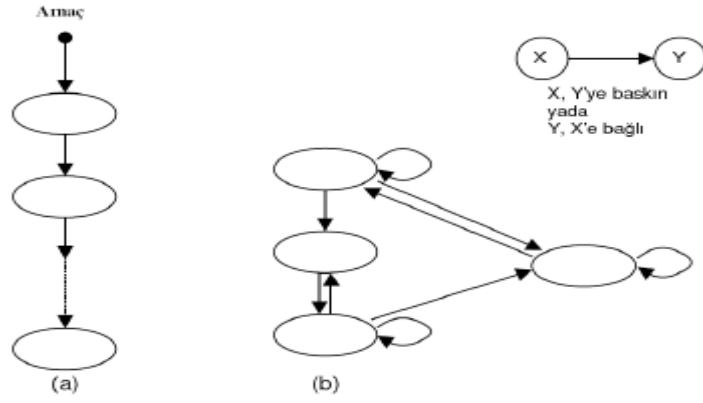
4.2.2. Analitik Network Prosesi (ANP)

Analitik Network Prosesi, Analitik Hiyerarşi Süreci yöntemiyle çözülemeyen çok yönlü ilişkilere haiz daha karmaşık problemlere çözüm üretmek amacıyla Thomas L. Saaty tarafından AHP yönteminin geliştirilmesi ile literatüre kazandırılan çok kriterli bir karar verme yöntemidir.

AHP yönteminde karar verme problemleri tek yönlü olarak aynı kümedeki kriterler hiyerarşik bir yapıda değerlendirilirken, farklı kümelerdeki kriterlerin birbirleriyle olan ilişkileri yok sayılmaktaydı. Halbuki gerçek hayatta karar verme problemlerini etkileyen birçok kriter birbiriyle etkileşim halinde bulunmakta ve en doğru kararın verilmesi kriterler arasındaki bu ilişkilerin dikkate alınmasını gerektirmektedir.

Analitik Network Prosesi yöntemi ile karar verme problemi bir ağ yapısı ile karakterize edilmekte ve modelleme safhasında kriterler arasındaki etkileşimler, kriter kümeleri arasındaki geri bildirimler ve kriter kümeleri içindeki iç bağımlılıklar hesaba alınmaktadır. ANP yöntemi bu niteliğiyle çok karmaşık karar verme problemlerinin daha etkin ve gerçekçi bir şekilde çözülmesine imkân vermektedir.

Bunların yanında AHP hiyerarşik ilişkileri tek yönlü bir iskelet ile gösterirken, ANP karar seviyeleri ve özellikler arasında daha karmaşık ilişkilerin dikkate alınmasına olanak sağlar. Bu haliyle hiyerarşik yapılar ile modellenemeyen karmaşık problemlerin kolay bir şekilde modellenmesini sağlar. Bir hiyerarşi ve bir ağ arasındaki yapısal farklılık Şekil 4.2’de gösterilmiştir (Dağdeviren vd., 2006).



Şekil 4.2: (a) Hiyerarşi, (b) Ağ (Dağdeviren vd., 2006).

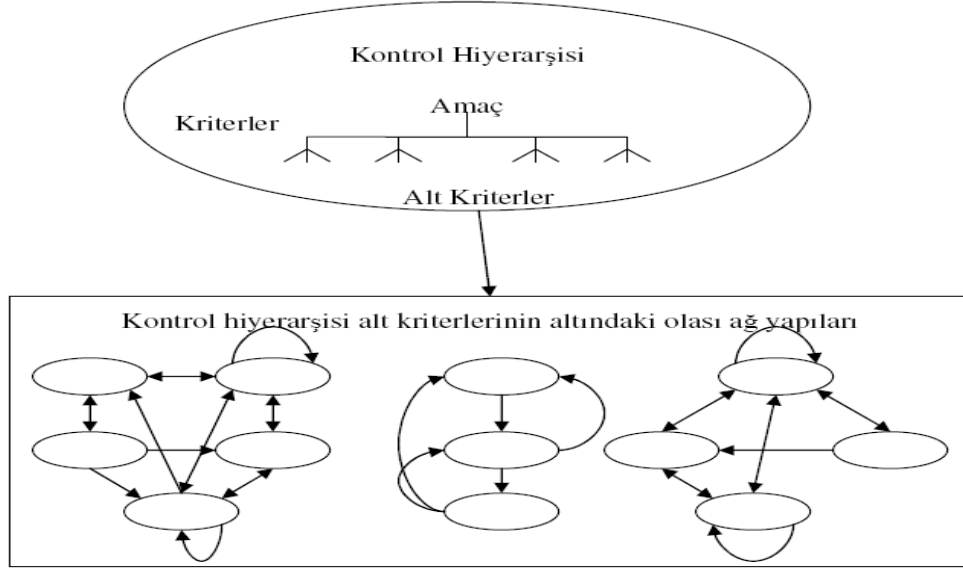
Şekil 4.2’de görülen ağ yapıları, sistemdeki kümeleri ifade ederken, bu kümeleri birbirine bağlayan oklar ise aralarındaki bağımlılığı gösterir. Eğer kümelerin içleri dolu olsaydı onlar da kümenin elemanları olarak adlandırılacaktı. Ağ yapısında, kümeler arasında görülen okların ciheti bağımlılığı ifade eder, buradan hangi kümenin diğerini etkilediğini veya baskın olduğunu anlayabiliriz. Okların yönü her zaman etkileyen kümeden etkilenen kümeye doğrudur. Analitik Network Prosesi yaklaşımında kümeler arasında karşılıklı bağımlılıklar da söz konusu olduğundan ağ yapısı gösteriminde iki yönlü oklar bulunabilir. Bunun yanında eğer bir kümenin elemanlarının kendi aralarında etkileşimi söz konusu ise bu durum kümeden çıkan bir okun yine aynı kümeye dönmesi ile gösterilir.

ANP’de bir karar sorununun gösteriminde detaylı yapıların kullanılması önemlidir. Verilen kararın geçerliliği, kullanılan çözüm yöntemine bağlı olduğu kadar kurulan ağ yapısının ve yapıdaki ilişkilerin zenginliğine ve doğruluğuna da bağlıdır. Genellikle bir ağ, belirli bir varlığa göre elemanların başka elemanlar üzerindeki etkilerinin dağılımıyla ilişkilidir.

Analitik Network Prosesi iki alt kısımdan oluşmaktadır. İlk kısım modeldeki karşılıklı etkileşimleri kontrol eden faktörlerin oluşturduğu kontrol hiyerarşisidir. İkincisi ise faktörler ve faktörlerin meydana getirdiği kümeler arasındaki etkileşimlerin oluşturduğu alt gruplardır.

Kontrol hiyerarşisi, üzerinde çalışılan sistemin amacına yönelik üstünlüklerin türetildiği, kriterler ve alt kriterlerden oluşan bir hiyerarşidir. Kontrol hiyerarşileri, incelenen karar probleminin temel unsurlarının ötesindeki faktörlerin karara katılmasına imkan verir. Bir kontrol hiyerarşisi Şekil 4.3’de görülebileceği üzere

amaç, kriterler ve alt kriterlerden müteşekkil hiyerarşik bir yapıdır. Kontrol hiyerarşisindeki amaç, kriterler ve alt kriterler karar probleminin kontrol unsurları olarak nitelendirilmektedir. Kontrol hiyerarşisinin bir başka şekli kontrol kriterlerinin birbirlerine bağımlı olabildiği kontrol ağı yapısıdır. Ancak böyle bir yapı, çözüm aşamasını çok karmaşık hale getireceğinden tercih edilmemektedir (İnan, 2008).



Şekil 4.3: Kontrol Hiyerarşisi (Saaty, 1996).

ANP sürecinde problemin yapılandırılmasının ardından kriterlerin önemlerinin belirlenerek alternatiflerin kriterlere göre öncelik değerlerinin elde edilmesine ve problemin modellenmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu aşamada önem ölçeklerinden yararlanılmaktadır. ANP, önem ölçeklerine dayanan bir teoridir. Saaty'e (1996) göre davranışlarımızın büyük bir kısmı, onları birbirlerine göre karşılaştırma işlemi neticesinde elde edilen oranlarla açıklanabilir. Aynı şekilde somut veya soyut varlıklara anlamlı büyüklükler tayin etmenin yolu ise onları başka varlıklarla ilişkilendirerek karşılaştırmaktır.

ANP'de kullanılan ikili karşılaştırma yöntemi elemanların bağlı oldukları kriterlere olan katkılarıyla ilgili verileri elde etmek, bilgi ve deneyime dayanan yargılara göre gerçekleşir. Elemanlar, sahip oldukları ortak bir özelliğe ya da bir kriterin gerçekleştirilmesine ilişkin katkılarına göre ikili olarak karşılaştırılırken dikkate alınması gereken bir mefhum baskınlıktır. Bir elemanın baskın olması, onun diğer elemandan daha önemli olması, daha mümkün olması ya da daha çok tercih edilmesi

anlamına gelmektedir ki eleman baskınlıklarına göre karşılaştırılırken elemanlardan küçük olan birim olarak seçilir ve büyük olan o birimin katı şeklinde tanımlanır.

Saaty'nin bağıl önemler ölçeğine göre kriterler arası değerlendirmede bir i elemanı bir j elemanı ile karşılaştırıldığında ölçekteki pozitif değerlerden birini alıyorsa, j elemanı i elemanı ile karşılaştırıldığında bu değer i elemanı ile j elemanı arasında çarpmaya göre tersi olan değeri alacaktır. Ağ yapısında elemanlar bağlı oldukları kriterlere göre karşılaştırılırlar ANP'de ikili karşılaştırmalar etkileyen kritere göre söz konusu kriterden etkilenen kriterlerin karşılaştırılması şeklinde ele alınır.

ANP'de ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulmasından sonra çözüme doğru ilerlemek için bu matrislerin üstünlük vektörlerinin saptanması gerekmektedir. Hesaplanan üstünlüklerin ikili karşılaştırma matrisindeki yargıları doğru biçimde yansıtması önem arz etmektedir. Üstünlük vektörlerinin saptanması için; sağ özvektör, sol özvektör, en küçük kareler yöntemi, logaritmik en küçük kareler yöntemi gibi farklı yöntemler kullanılmaktadır. Üstünlük vektörünün bulunması için farklı yollar olmakla birlikte en doğru sonucu veren yollardan biri, A matrisinin her sütunundaki elemanları sütun toplamalarına bölmek suretiyle normalize etmek ve elde edilen matristeki satırların aritmetik ortalamasını almaktır. Üstünlük vektörü ayrıca ANP için kullanılan "Super Decisions" paket programıyla da hesaplanabilir.

Geri beslemeli bir sistemde öğelerin üstünlüklerinin analizi dikkat isteyen bir süreçtir. Bir ağ yapısında hiyerarşik yapıda olduğu haliyle üstünlüklerin sırayla en alt seviyeden en üst seviyeye kadar çarpılması mümkün değildir. Sistemin elemanları çok sayıda farklı elemanla etkileşim içerisinde olabilirler.

ANP'de bir elemanın üstünlüğünün kayda değer olabilmesi için, söz konusu elemanın bağımlı olduğu veya etkilediği tüm elemanların ve ağ üzerinde etkilenen elemanlara kadar, etkileyen elemanlardan da ayrılan tüm olası yolların hesaplamaya dâhil edilmesi gerekmektedir. Geri beslemeli sistemlerde üstünlük belirlemede kümeler ve elemanlar arasındaki tüm bağımlılıkların hesaplamaya katılabilmesi için süpermatris yöntemi geliştirilmiştir. Süper matris genel olarak ağ yapısında mümkün olan tüm ikili karşılaştırmalar sonrasında elde edilen üstünlük vektörlerinden oluşan bir kare matristir (İnan, 2008). Süpermatris yapısı Markov zinciri yapısına benzemektedir ve parçalı bir matristir. Buradaki her matris bölümü bir sistem içinde bulunan iki bileşen arasındaki ilişkiyi gösterir (Görener, 2009). Süpermatrisin genel

formatı aşağıda gösterilmiştir. Burada gruplar C_h ($h=1,2,3,\dots,n$) ve h adet grubun m_h tane ögesi $e_{h1}, e_{h2}, \dots, e_{hm}$ simgeleri ile ifade edilmektedir. W_{ij} , j grubundaki öğelerin etkileşiminin temel özvektörünü göstermektedir. Eğer j grubun i grubu üzerinde herhangi bir etkisi yoksa $W_{ij} = 0$ değerini alır (Aytürk, 2006). Süpermatris,

$$W = \begin{matrix} & \begin{matrix} C_1 & & C_2 & & C_n \end{matrix} \\ & \begin{matrix} e_{11} & \dots & e_{1m1} & e_{21} & \dots & e_{2m2} & e_{n1} & \dots & e_{nmn} \end{matrix} \\ \begin{matrix} C_1 \\ C_2 \\ \vdots \\ C_n \end{matrix} & \begin{bmatrix} e_{11} & & & & & & & & \\ e_{12} & & & & & & & & \\ & w_{11} & & w_{12} & & & w_{13} & & \\ e_{1m1} & & & & & & & & \\ e_{21} & & & & & & & & \\ e_{22} & & w_{21} & & w_{22} & & w_{23} & & \\ \vdots & & & & & & & & \\ e_{2m2} & & & & & & & & \\ e_{n1} & & & & & & & & \\ e_{n2} & & w_{n1} & & w_{n2} & & w_{n3} & & \\ \vdots & & & & & & & & \\ e_{nmn} & & & & & & & & \end{bmatrix} \end{matrix} \quad (4.16)$$

biçiminde elde edilir. Burada;

$$W_{ij} = \begin{bmatrix} W_{i1}^{(j1)} & W_{i1}^{(j2)} & \dots & W_{i1}^{(jmj)} \\ W_{i2}^{(j1)} & W_{i2}^{(j2)} & \dots & W_{i2}^{(jmj)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ W_{imi}^{(j1)} & W_{imi}^{(j2)} & \dots & W_{imi}^{(jmj)} \end{bmatrix} \quad (4.17)$$

olarak ifade edilmektedir (Muşdal, 2007).

Bir ağ yapısında tüm elemanların diğer kümelerdeki ve bulundukları kümedeki bütün elemanlarla etkileşim halinde olmaları gibi bir durum söz konusu olmadığında süpermatriste elemanlar arasında herhangi bir etkileşimin olmadığı yerlere sıfır değeri atanmaktadır. Bir karar sorununun yapılandırılmasında kontrol hiyerarşisi de kullanılmışsa kontrol hiyerarşisindeki her bir kontrol kriteri için ayrı süpermatrisler oluşturulmalıdır.

Oluşturulmuş olan bir süpermatris üzerinde çözüme odaklı işlemlerin yapılabilmesi için matrisin stokastik olma zorunluluğu vardır. Negatif olmayan bir kare matriste her bir sütunun toplamı 1'e eşitse bu tür bir matrise sütun stokastik veya kısaca stokastik matris denir. Bir kümedeki elemanların birbirleriyle ve başka kümedeki elemanlarla karşılaştırılmaları sonucunda ortaya çıkan özvektör değerleri süpermatrise konulduğunda elde edilen matris stokastik olmayabilir. Bu durumda

süpermatrisin ağırlıklandırılması yoluyla sütun toplamalarının 1'e eşit olması sağlanmalıdır. Bunun için elemanların değil de kümelerin birbirlerine veya varsa kontrol kriterlerine göre ikili olarak karşılaştırılmaları gerekmektedir. Kümelerin karşılaştırılmaları sonucu elde edilen üstünlük değerlerinden her biri süpermatriste kendilerine karşılık gelen bloktaki tüm değerlerle çarpılır. Elde edilen yeni matrise "ağırlıklandırılmış süpermatris" denir.

ANP'de bu aşama sonrasında amaçlanan, her bir elemanın diğer elemanlarla olan etkileşimini gösteren sınır üstünlüklerin elde edilmesidir. Bir W süpermatrisinde elemanların sınır üstünlüklerinin, yani sınır matrisin bulunması genel olarak W^∞ ile gösterilmektedir. Bu gösterim gerek süpermatrisin doğrudan kuvvetlerini alarak gerekse farklı şekillerde sınır üstünlüklerin bulunmasını ifade eder.

Sınır üstünlükleri elde etmek üzere matris işlemlerinin yapılması çok zor olduğundan, ANP yöntemiyle karar problemlerinin çözülebilmesi için kullanılan bir paket program mevcuttur. "Super Decisions" adlı bu program özellikle sınır matrislerin elde edilmesi konusunda her türlü teorik bilgiyi işleme katarak kayda değer sonuçların bulunmasına olanak tanımaktadır (İnan, 2008).

4.2.2.1 Analitik Network Prosesi Uygulama Adımları

4.2.2.1.1. Problemin Tanımı, Ana Kriter, Alt Kriter ve Alternatiflerin Belirlenmesi, Ağ Yapısının Kurulması

Karar verme yöntemlerinde problemin çözümü için öncelikle hedefin net bir şekilde ortaya konulması gerekmektedir. Hedefin ortaya konmasını müteakip problemin çözümünü etkileyen tüm ana kriter, alt kriter ve alternatifler belirlenip bu öğelerin birbirleriyle olan ve kendi içlerindeki bağımlılıkları tespit edilerek bir ağ yapısı oluşturulur.

4.2.2.1.2. İkili Karşılaştırma Matrislerinin Oluşturulması

Birinci aşamada elde edilen ağ yapısına göre gerekli olan ikili karşılaştırmalar uzmanlar tarafından yapılır. Bir x bileşenin etkilediği bütün bileşenler, x bileşenini etkileme önem dereceleri bakımından ikili olarak karşılaştırılırlar. Bu karşılaştırmalar için Çizelge 4.1'de verilen Saaty'nin 1-9 ölçeği kullanılmaktadır. İkili karşılaştırmalar bir matris çatısı altında yapılır ve lokal öncelik vektörü oluşturulur. $A.w = \lambda_{max}.w$ denkleminin analizi ile elde edilen öz vektörler tespit edilir. Burada A

ikili karşılaştırma matrisi, w özvektör, λ_{max} ise A karşılaştırma matrisinin en büyük özdeğeridir. W 'nin yaklaşık çözümü için normalleştirme önerilmiştir (Görener, 2009).

4.2.2.1.3. Tutarlılık Kontrolü

Matris normalize edildikten sonra elde edilen satır ortalama değerleri her bir bileşenin ağırlığını yansıtmaktadır. Ancak bu değerlerin makul olabilmesi için tutarlı olması gerekmektedir (Bulut ve Soylu, 2009). Karşılaştırmaların tutarlı olup olmadığını tespit etmek için her bir matris için tutarlılık oranı (CR) hesaplanmalıdır. CR, tutarlılık indeksi (CI)'nin Rasgele Tutarlılık İndeksi (RI)'ne bölünmesi ile elde edilir. CR değeri, 0.10 değerinden az ise ikili karşılaştırmaların tutarlı olduğu söylenebilir. Değerler 0.10'dan büyükse karşılaştırmalarda tutarsızlık söz konusudur ve böyle bir durumda, karar verici yapılan karşılaştırmaları tekrar gözden geçirmelidir (Görener, 2009).

4.2.2.1.4. Süpermatris, Ağırlıklandırılmış Süpermatris ve Limit Süpermatrisin Oluşturulması

Birbirine bağımlı etkilerin bulunduğu bir sistemde global önceliklerin elde edilmesi için, lokal öncelik vektörleri süper matris olarak bilinen matris bloklarına yerleştirilir. Bir kümedeki elemanların diğer kümelerdeki elemanlara etkisini (dış bağımlılık) ya da aynı kümedeki diğer elemanlara etkisini (iç bağımlılık) göstermek için bu vektörler süpermatris adı verilen bir matrise sütun olarak konulur. Süper matris, parçalı bir matristir ve buradaki her matris bölümü bir sistem içindeki iki faktör arasındaki ilişkiyi ifade eder. Kriterlerin birbiri üzerindeki uzun dönemli nispi etkileri süper matrisin kuvveti alınarak tespit edilir. Önem ağırlıklarının tek noktada eşitlenmesini temin etmek için süper matrisin $(2n+1)$. kuvveti alınır, burada n gelişigüzel seçilmiş büyük bir sayıdır ve elde edilen yeni matris limit süper matris olarak tanımlanır (Görener, 2009).

Her süpermatristeki nispi öncelikler, içinde yer aldıkları kümenin önceliğiyle çarpılarak ağırlıklandırılmış süpermatris elde edilir. Elemanların birbiri üzerindeki uzun dönemli nispi etkileri süpermatrisin satır ve sütunları durağanlaşana kadar yüksek bir kuvveti alınarak belirlenir. Elde edilen bu yeni matrise “limit süpermatris” adı verilir. Limit süpermatristeki her sütunun normalleştirilmesiyle alternatiflerle

ilgili son öncelikler elde edilerek seçim problemlerinde en fazla önem ağırlığına sahip olan alternatif, en iyi alternatif ağırlıklandırma problemlerinde ise en fazla önem ağırlığına sahip olan kriter karar sürecini etkileyen en önemli kriter olarak belirlenir.

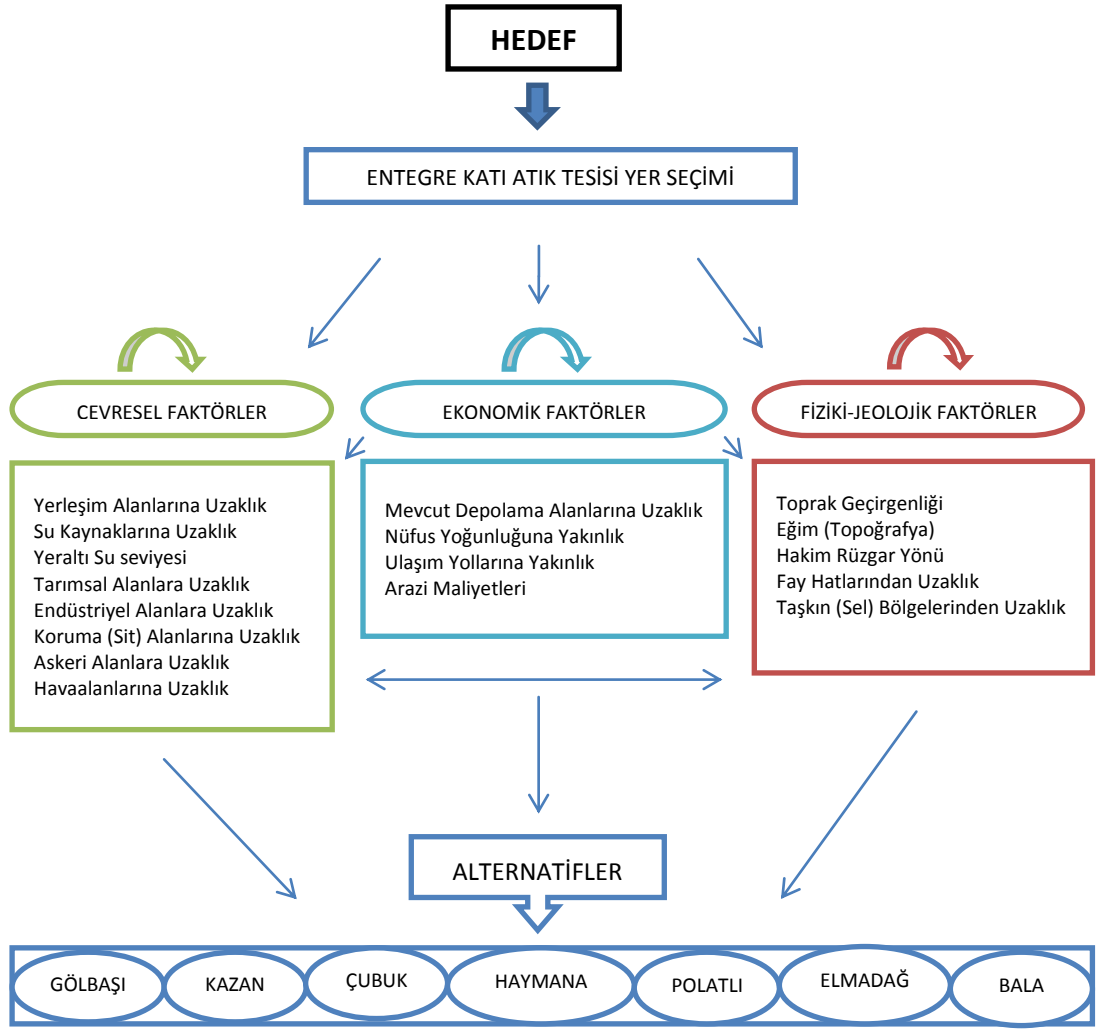
5. BULGULAR VE TARTIŞMA

Entegre Katı Atık Tesisi Yer Seçimi probleminin çözümü için tercih edilen Analitik Network Prosesi (ANP) yöntemiyle sağlıklı sonuçlara ulaşılabilmesi için hedefin net bir şekilde ortaya konulması gerektiğinden tezin bu aşamasında öncelikle problemin tanımı yapılmıştır. Hedefin ortaya konmasına müteakip problemin çözümünü etkileyen tüm ana kriter, alt kriter ve alternatifler belirlenip bu öğelerin birbirleriyle olan ve kendi içlerindeki bağımlılıkları tespit edilerek bir ağ yapısı oluşturulmuştur. Daha sonra anketlerden elde edilen ikili karşılaştırma matrislerinin tutarlılık kontrolü yapılmış, tutarsız tercihler uzmanlara yeniden başvurularak tutarlı hale getirilmiştir. Tüm matrislerin tutarlılığının sağlanmasının akabinde her matrisin ağırlık değerleri ayrı ayrı hesaplanıp tek tek super decisions programına girilerek alternatiflere ilişkin nihai sonuçlar elde edilmiştir.

5.1. Uygulama Adımları

5.1.1. Problemin Tanımı

Uygulamamızda, Ankara il sınırları içerisinde nüfus artışı ve tüketime bağlı olarak gelecek yıllarda katı atıklardan kaynaklanabilecek çevre kirliliği probleminin çözümüne yönelik muhtemel bir entegre katı atık bertaraf tesisinin doğal yaşama ve ekonomik şartlara en uygun bölgeye kurulması hedeflenmiştir. Uygun bölgenin tespiti için, mülga Çevre ve Orman Bakanlığı ve Çevre ve Şehircilik Bakanlığı mevzuatı, araştırma çalışmaları ve yayınlanmış yazılı kaynaklar, konuyla ilgili yapılmış diğer araştırmalar taranarak incelenmiş, Çevre ve Şehircilik Bakanlığı bünyesinde çalışan ve atık yönetimi konusunda tecrübe sahibi uzman kişiler akademik kariyer sahibi öğretim görevlileri, Çevre Danışmanlık ve Müşavirlik Firmaları ile Ankara Büyükşehir Belediyesi'nden ilgili uzmanların uygun görüşleri doğrultusunda katı atık tesislerinin kuruluş yerini etkileyen 3 ana kriter 17 alt kriter ölçeğinde 7 alternatif bölge belirlenmiştir. Entegre katı atık tesisi yer seçimi problemi için belirlenen analitik ağ yapısı şematik olarak Şekil 5.1'de gösterilmektedir.



Şekil 5.1: Analitik ağ yapısı.

5.1.2. Ana Kriter, Alt Kriter ve Alternatifler

5.1.2.1. Çevresel Faktörler

5.1.2.1.1. Yerleşim Alanlarına Uzaklık (YAU)

Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliğine göre (ÇOB, 1991) katı atık tesislerinin; koku, toz emisyonları ve gürültü meydana getirme potansiyelleri nedeniyle en yakın yerleşim bölgesine 1000 metreden az mesafedeki yerlere kurulması yasaklanmıştır. Ancak, tesislerin çevresinde tepe, yığın ve ağaçlandırma gibi doğal engeller varsa mahalli çevre kurullarının kararı ve gerektiğinde Çevre ve Şehircilik Bakanlığının uygun görüşü ile, bu mesafeden daha az olan yerlerde de ilgili belediye ve mahallin en büyük mülki amirliğince katı atık tesisi kurulmasına müsaade edilebilmektedir.

5.1.2.1.2. Su Kaynaklarına Uzaklık (SKU)

Katı atık depolama alanında oluşan sızıntı suyunun gerek yüzeysel akış gerekse yeraltı akışı ile akarsulara karışma riski bulunduğundan katı atık tesislerinin mevcut su kaynaklarına mümkün olduğunca uzak alanlara inşa edilmesi önerilmektedir.

5.1.2.1.3. Yeraltı Su Seviyesi (YSS)

İçme, kullanma ve sulama suyu temin edilen yeraltı suları koruma bölgelerine katı atık depolama tesislerinin yapılmasına müsaade edilmemektedir. Ayrıca yeraltı su seviyesi yüksek alanlar alternatif başka alanların olması halinde katı atık depolama tesisleri için düşük tercihli seçenek olarak puanlanmaktadır.

5.1.2.1.4. Tarımsal Alanlara Uzaklık (TAU)

Katı atık tesis sahasının tarım arazilerinin yoğun olduğu bir alana yerleştirilmesi, yol güzergâhlarındaki yoğunluk, gürültü, koku ve toz oluşumu gibi etmenleri harekete geçirerek tarımsal faaliyetleri olumsuz yönde etkileyecektir. Bu anlamda katı atık tesislerinin planlandığı bir alanda tarımsal gelişimin yavaşlayabileceği ve üretim veriminin düşebileceği öngörülmektedir.

5.1.2.1.5. Endüstriyel Alanlara Uzaklık (EAU)

Özellikle Gıda Sanayisi faaliyet kolunu barındıran endüstriyel alanlar, katı atık sahasındaki aktivitenin meydana getireceği toz ve sair olumsuz etmenlerden etkilenme riski taşımaktadır.

5.1.2.1.6. Koruma (Sit) Alanlarına Uzaklık (KAU)

Milli parklar, özel çevre koruma bölgeleri, doğal sit alanları, kültürel miras kabul edilen ve turistik değer taşıyan alanlar katı atık tesis sahası kuruluş yeri için uygun değildir. Doğada ender bulunan türleri barındıran ekolojik ve arkeolojik niteliklere haiz bu alanlara ait tampon bölgenin 150 m kadar mesafesinde katı atık tesisi kurulmasına izin verilmemektedir.

5.1.2.1.7. Askeri Alanlara Uzaklık (AAU)

Askeri personel eğitiminin yapıldığı yerler ile askeri ekipmanların testi için ayrılan sahalar kamuoyunun kullanımına açık olmadığından bu alanlarda ve tampon bölgelerde katı atık tesisi kurulmasına izin verilmemektedir.

5.1.2.1.8. Havaalanlarına Uzaklık (HU)

Katı atık depolama sahaları, muhteviyatındaki organik atık varlığı nedeniyle kuşların yoğun akınına ve sürekli bir uğrak noktasına dönüşmektedir. Bu durum uçaklar açısından tehlike arz ettiğinden katı atık tesislerinin hava alanlarına 5 km uzaklıktan daha yakın mesafelerde kurulması önerilmemektedir.

5.1.2.2. Ekonomik Faktörler

5.1.2.2.1. Mevcut Depolama Alanlarına Uzaklık (MDAU)

Kurulması düşünülen bir katı atık tesisi, taşıma maliyetlerini azaltacak ve toplam atık miktarını eşit oranda paylaştıracak şekilde mevcut katı atık depolama tesisleri göz önünde tutularak inşa edilmelidir. Ayrıca mevcut katı atık alanlarının teknolojik altyapısı, taşıma kapasitesi ve kullanım ömrü gibi faktörler de yeni tesisin kurulması aşamasında değerlendirmeye alınmalıdır.

5.1.2.2.2. Nüfus Yoğunluğuna Yakınlık (NYY)

Nakliye ve toplama maliyetlerini en ekonomik hale getirmek maksadıyla katı atık tesislerinin, nüfusun yoğun olduğu dolayısıyla tüketimin ve atık oluşumunun da fazla olduğu alanlara yakın mesafelerde inşa edilmesi gerekmektedir.

5.1.2.2.3. Ulaşım Yollarına Yakınlık (UYU)

Koku, toz oluşumu ve estetik görünüm açısından problem meydana getirebileceği için katı atık tesislerinin, ulaşım hatlarına 100 m'den daha yakın alanlara kurulması uygun görülmemekle birlikte ulaşım yollarına 1000 m'den daha uzak alanlara kurulması taşıma maliyetini artıracığı için tavsiye edilmemektedir. Atık taşıma araçlarının geçemeyecekleri kadar dik olan ve yerleşim bölgeleri içerisinde geçen yollar, atık nakliye trafiği açısından problem teşkil etmektedir.

5.1.2.2.4. Arazi Maliyetleri (AM)

Katı atık tesisi kuruluş yeri için planlanan arazinin mülkiyeti ile alanın kullanım durumu ve değeri önem arz etmektedir. Şahıs mülkiyetine haiz, kullanım durumu ve değeri nedeniyle maliyeti yüksek olan araziler, talep edilen fahiş fiyatlar ve kamulaştırma esnasındaki anlaşmazlıkların doğuracağı problemler nedeniyle kurucu

idareyi zor durumda bırakarak projenin gerçekleşmesini geciktirebilmektedir. Bu anlamda mümkün olduğunca kamuya ait arazilerin tercih edilmesi gerekmektedir.

5.1.2.3. Fiziki-Jeolojik Faktörler

5.1.2.3.1. Toprak Geçirgenliği (TG)

Toprak geçirgenliği yüksek alanlar, atıkların depolanması sonrasında ortaya çıkan sızıntı sularının yer altı suyuna karışmasına yol açarak yeraltı suyunu kirletme riskini taşımaktadır. Bu nedenle katı atık tesislerinin kurulacağı sahanın doğal zemin geçirimsizlik katsayısının 10×10^{-6} cm/s'den daha düşük olması istenmektedir.

5.1.2.3.2. Eğim (Topoğrafya) (E)

Katı atık tesislerinin çok yüksek kotlarda ve engebeli arazide kurulması taşıma maliyetini artırmakta ve tesise ulaşımı zorlaştırmaktadır. Bu yüzden atık depolama sahalarının 20° - 30° 'den daha az eğimli ve düşük kotlardaki alanlara kurulması tavsiye edilmektedir.

5.1.2.3.3. Hakim Rüzgar Yönü (HRY)

Hakim rüzgar yönüne açık olan alanlarda koku ve toz emisyonları ile kağıt ve plastik gibi atıklar rüzgar etkisiyle çevreye yayılabileceği için katı atık tesisleri kurulurken, yerleşim yerlerinde ve insan faaliyetlerinin yoğunlaştığı diğer bölgelerde bu tür olumsuz etkilerin meydana gelmesine mahal vermemek için hakim rüzgar yönü hesaba katılarak depolama alanı belirlenmelidir.

5.1.2.3.4. Fay Hatlarından Uzaklık (FHU)

Fay hatlarına ulaşan katı atık sızıntı suyunun yeraltı sularını kirletme potansiyeli bulunması nedeniyle fay hatlarından uzaklık, katı atık depolama alanları açısından önemli bir kriterdir. Bu bağlamda katı atık depolama alanlarının fay hatlarına yakın bölgelere kurulması istenmemektedir.

5.1.2.3.5. Taşkın (Sel) Bölgelerinden Uzaklık (TBU)

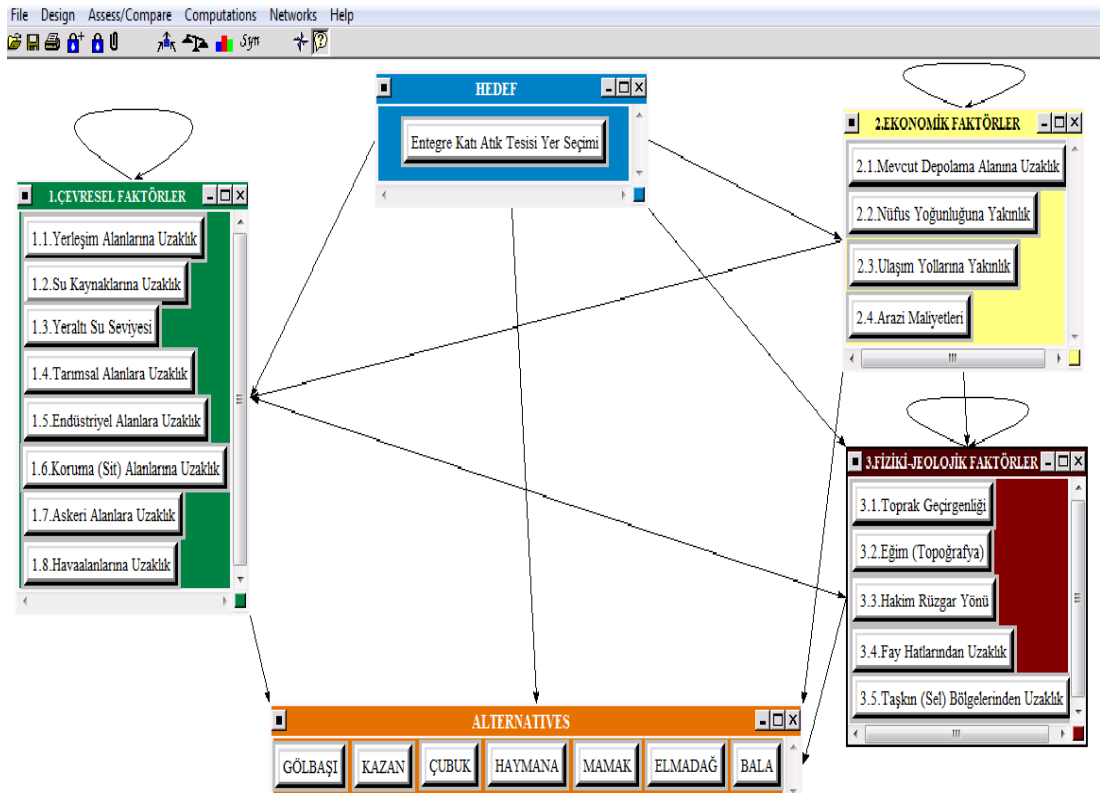
Yer altı suları, yağmur suları veya nehir suları tarafından düzenli olarak sele maruz kalan bölgeler katı atık depolama sahası yer seçimi için uygun değildir. Sel, katı atık depolama alanı zemin emniyetini olumsuz etkileyerek çevresel tahribat oluşumuna sebebiyet verebilmektedir.

5.1.2.4. Alternatifler

Entegre katı atık tesisi yer tayini için konusunda uzman kişilerin önerileri doğrultusunda metropol olarak tabir edilen Ankara ili bütünleşmiş şehir alanı içerisinde kalan ilçeler, mevcut depolama alanlarının bulunduğu ilçeler ile nüfus yoğunluğunun toplandığı alanlara en uzak noktalarda bulunan ilçelerin elenmesi neticesinde ve şehrin gelişim yönü dikkate alınarak Gölbaşı, Kazan, Çubuk Haymana, Mamak Elmadağ ve Bala ilçeleri olmak üzere 7 alternatif bölge belirlenmiştir.

5.1.3. Ağ Yapısının Kurulması

Analitik Network Prosesi yönteminde karar verme problemi, bir ağ yapısı ile karakterize edilmekte ve modelleme aşamasında kriterler arasındaki etkileşimler, kriter kümeleri arasındaki geri bildirimler ve kriter kümeleri içindeki iç bağımlılıklar super decisions paket programında hesaba katılarak sonuca ulaşılabilmektedir. Bu amaçla Entegre katı atık tesisi yer seçimi problemi modeli için super decisions paket programında kurulan ağ yapısı Şekil 5.2’de gösterilmektedir.



Şekil 5.2: Model ağ yapısının super decisions programında görünümü.

5.1.4. İkili Karşılaştırma Matrislerinin Oluşturulması

Uzmanların anketlerdeki ikili karşılaştırmalara önem derecesine göre verdiği puanlar neticesinde elde edilen sayısal veriler, geometrik ortalamaları alınmak ve tutarlılık kontrolleri yapılmak üzere Çizelge 5.1 - Çizelge 5.33 aralığındaki tablolarda gösterildiği gibi matrislere aktarılmıştır. Aşağıda yalnız 1. Anket için hesaplanan ikili karşılaştırma matrisleri çizelgelerde gösterilmiş olmakla beraber uygulama dahilindeki 7 farklı uzman görüşlerini yansıtan 7 ayrı anket için toplanan tüm ikili karşılaştırma sonuçları, 1. Anket örneğinde görüldüğü şekilde Excel programı üzerinde hesaplanarak matrislere aktarılmıştır.

Çizelge 5.1: Ana kriterler matrisi.

ANKET 1	Çevresel Faktörler	Ekonomik Faktörler	Fiziki-Jeolojik Faktörler
Çevresel Faktörler	1,00	0,20	3,00
Ekonomik Faktörler	5,00	1,00	6,00
Fiziki-Jeolojik Faktörler	0,33	0,17	1,00

Çizelge 5.2: Çevresel faktörler matrisi.

ANKET 1	YAU	SKU	YSS	TAU	EAU	KAU	AAU	HU
YAU	1,00	1,00	0,33	0,33	5,00	1,00	5,00	3,00
SKU	1,00	1,00	1,00	1,00	5,00	3,00	5,00	5,00
YSS	3,00	1,00	1,00	1,00	5,00	3,00	5,00	5,00
TAU	3,00	1,00	1,00	1,00	5,00	2,00	5,00	5,00
EAU	0,20	0,20	0,20	0,20	1,00	0,20	1,00	1,00
KAU	1,00	0,33	0,33	0,50	5,00	1,00	5,00	5,00
AAU	0,20	0,20	0,20	0,20	1,00	0,20	1,00	1,00
HU	0,33	0,20	0,20	0,20	1,00	0,20	1,00	1,00

Çizelge 5.3: Ekonomik faktörler matrisi.

ANKET 1	MDAU	NYN	UYN	AM
MDAU	1,00	0,20	0,20	0,33
NYN	5,00	1,00	3,00	3,00
UYN	5,00	0,33	1,00	2,00
AM	3,00	0,33	0,50	1,00

Çizelge 5.4: Fiziki-Jeolojik faktörler matrisi.

ANKET 1	TG	E	HRY	FHU	TBU
TG	1,00	4,00	0,25	4,00	0,20
E	0,25	1,00	0,20	4,00	0,20
HRY	4,00	5,00	1,00	6,00	1,00
FHU	0,25	0,25	0,17	1,00	0,14
TBU	5,00	5,00	1,00	7,00	1,00

Çizelge 5.5: Yerleşim alanlarına uzaklık bakımından fiziki-jeolojik faktörler matrisi.

ANKET 1	E	HRY	FHU	TBU
E	1,00	0,20	3,00	0,20
HRY	5,00	1,00	5,00	1,00
FHU	0,33	0,20	1,00	0,20
TBU	5,00	1,00	5,00	1,00

Çizelge 5.6: Su kaynaklarına uzaklık bakımından fiziki-jeolojik faktörler matrisi.

ANKET 1	TG	E
TG	1,00	5,00
E	0,20	1,00

Çizelge 5.7: Yeraltı su seviyesi bakımından fiziki-jeolojik faktörler matrisi.

ANKET 1	TG	FHU
TG	1,00	5,00
FHU	0,20	1,00

Çizelge 5.8: Tarımsal alanlara uzaklık bakımından fiziki-jeolojik faktörler matrisi.

ANKET 1	E	HRY	TBU
E	1,00	0,20	0,20
HRY	5,00	1,00	1,00
TBU	5,00	1,00	1,00

Çizelge 5.9: Endüstriyel alanlara uzaklık bakımından fiziki-jeolojik faktörler matrisi.

ANKET 1	E	HRY	TBU
E	1,00	0,20	0,20
HRY	5,00	1,00	1,00
TBU	5,00	1,00	1,00

Çizelge 5.10: Askeri alanlara uzaklık bakımından fiziki-jeolojik faktörler matrisi.

ANKET 1	E	HRY	TBU
E	1,00	0,20	0,20
HRY	5,00	1,00	1,00
TBU	5,00	1,00	1,00

Çizelge 5.11: Havaalanlarına uzaklık bakımından fiziki-jeolojik faktörler matrisi.

ANKET 1	E	HRY	TBU
E	1,00	0,20	0,20
HRY	5,00	1,00	1,00
TBU	5,00	1,00	1,00

Çizelge 5.12. Toprak geçirgenliği bakımından çevresel faktörler matrisi.

ANKET 1	SKU	YSS
SKU	1,00	4,00
YSS	0,25	1,00

Çizelge 5.13: Eğim (Topoğrafya) bakımından çevresel faktörler matrisi.

ANKET 1	YAU	SKU	TAU	EAU	KAU	AAU	HU
YAU	1,00	1,00	3,00	5,00	4,00	5,00	5,00
SKU	1,00	1,00	4,00	5,00	4,00	5,00	5,00
TAU	0,33	0,25	1,00	5,00	4,00	4,00	5,00
EAU	0,20	0,20	0,20	1,00	0,25	1,00	1,00
KAU	0,25	0,25	0,25	4,00	1,00	4,00	4,00
AAU	0,20	0,20	0,25	1,00	0,25	1,00	1,00
HU	0,20	0,20	0,20	1,00	0,25	1,00	1,00

Çizelge 5.14: Hakim rüzgar yönü bakımından çevresel faktörler matrisi.

ANKET 1	YAU	TAU	EAU	KAU	AAU	HU
YAU	1,00	2,00	5,00	3,00	5,00	5,00
TAU	0,50	1,00	5,00	3,00	5,00	5,00
EAU	0,20	0,20	1,00	0,25	1,00	1,00
KAU	0,33	0,33	4,00	1,00	5,00	5,00
AAU	0,20	0,20	1,00	0,20	1,00	1,00
HU	0,20	0,20	1,00	0,20	1,00	1,00

Çizelge 5.15: Arazi maliyetleri bakımından çevresel faktörler matrisi.

ANKET 1	YAU	TAU	EAU	KAU
YAU	1,00	4,00	7,00	4,00
TAU	0,25	1,00	5,00	3,00
EAU	0,14	0,20	1,00	0,25
KAU	0,25	0,33	4,00	1,00

Çizelge 5.16: Arazi maliyetleri bakımından fiziki-jeolojik faktörler matrisi.

ANKET 1	E	FHU	TBU
E	1,00	1,00	0,20
FHU	1,00	1,00	0,20
TBU	5,00	5,00	1,00

Çizelge 5.17: Yerleşim alanlarına uzaklık bakımından alternatifler matrisi.

ANKET 1	GÖLBAŞI	KAZAN	ÇUBUK	HAYMANA	POLATLI	ELMADAĞ	BALA
GÖLBAŞI	1,00	5,00	5,00	5,00	5,00	4,00	4,00
KAZAN	0,20	1,00	1,00	1,00	1,00	0,20	0,20
ÇUBUK	0,20	1,00	1,00	1,00	1,00	0,20	0,20
HAYMANA	0,20	1,00	1,00	1,00	1,00	0,20	0,20
POLATLI	0,20	1,00	1,00	1,00	1,00	0,33	0,33
ELMADAĞ	0,25	5,00	5,00	5,00	3,00	1,00	1,00
BALA	0,25	5,00	5,00	5,00	3,00	1,00	1,00

Çizelge 5.18: Su kaynaklarına uzaklık bakımından alternatifler matrisi.

ANKET 1	GÖLBAŞI	KAZAN	ÇUBUK	HAYMANA	POLATLI	ELMADAĞ	BALA
GÖLBAŞI	1,00	3,00	0,33	3,00	1,00	1,00	1,00
KAZAN	0,33	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00
ÇUBUK	3,00	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00
HAYMANA	0,33	0,50	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00
POLATLI	1,00	0,50	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00
ELMADAĞ	1,00	0,50	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00
BALA	1,00	0,50	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00

Çizelge 5.19: Yeraltı su seviyesi bakımından alternatifler matrisi.

ANKET 1	GÖLBAŞI	KAZAN	ÇUBUK	HAYMANA	POLATLI	ELMADAĞ	BALA
GÖLBAŞI	1,00	0,50	0,50	0,50	0,50	1,00	1,00
KAZAN	2,00	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00
ÇUBUK	2,00	1,00	1,00	2,00	2,00	2,00	2,00
HAYMANA	2,00	0,50	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00
POLATLI	2,00	0,50	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00
ELMADAĞ	1,00	0,50	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00
BALA	1,00	0,50	0,50	1,00	1,00	1,00	1,00

Çizelge 5.20: Tarımsal alanlara uzaklık bakımından alternatifler matrisi.

ANKET 1	GÖLBAŞI	KAZAN	ÇUBUK	HAYMANA	POLATLI	ELMADAĞ	BALA
GÖLBAŞI	1,00	3,00	3,00	3,00	3,00	2,00	2,00
KAZAN	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	1,00
ÇUBUK	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	3,00
HAYMANA	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	3,00
POLATLI	0,33	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
ELMADAĞ	0,50	0,33	0,33	0,33	1,00	1,00	1,00
BALA	0,50	1,00	0,33	0,33	1,00	1,00	1,00

Çizelge 5.21: Endüstriyel alanlara uzaklık bakımından alternatifler matrisi.

ANKET 1	GÖLBAŞI	KAZAN	ÇUBUK	HAYMANA	POLATLI	ELMADAĞ	BALA
GÖLBAŞI	1,00	1,00	0,25	0,25	1,00	1,00	1,00
KAZAN	1,00	1,00	0,25	0,25	0,25	2,00	0,50
ÇUBUK	4,00	4,00	1,00	1,00	3,00	3,00	3,00
HAYMANA	4,00	4,00	1,00	1,00	1,00	3,00	3,00
POLATLI	1,00	4,00	0,33	1,00	1,00	3,00	1,00
ELMADAĞ	1,00	0,50	0,33	0,33	0,33	1,00	1,00
BALA	1,00	2,00	0,33	0,33	1,00	1,00	1,00

Çizelge 5.22: Koruma (Sit) alanlarına uzaklık bakımından alternatifler matrisi.

ANKET 1	GÖLBAŞI	KAZAN	ÇUBUK	HAYMANA	POLATLI	ELMADAĞ	BALA
GÖLBAŞI	1,00	0,33	0,50	0,33	0,33	0,33	0,33
KAZAN	3,00	1,00	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
ÇUBUK	2,00	3,00	1,00	0,33	0,33	0,33	0,33
HAYMANA	3,00	3,00	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00
POLATLI	3,00	3,00	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00
ELMADAĞ	3,00	3,00	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00
BALA	3,00	3,00	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Çizelge 5.23: Askeri alanlara uzaklık bakımından alternatifler matrisi.

ANKET 1	GÖLBAŞI	KAZAN	ÇUBUK	HAYMANA	POLATLI	ELMADAĞ	BALA
GÖLBAŞI	1,00	0,25	0,25	0,25	2,00	1,00	0,25
KAZAN	4,00	1,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
ÇUBUK	4,00	0,33	1,00	3,00	3,00	3,00	3,00
HAYMANA	4,00	0,33	0,33	1,00	3,00	3,00	3,00
POLATLI	0,50	0,33	0,33	0,33	1,00	1,00	0,50
ELMADAĞ	1,00	0,33	0,33	0,33	1,00	1,00	0,50
BALA	4,00	0,33	0,33	0,33	2,00	2,00	1,00

Çizelge 5.24: Havalanlarına uzaklık bakımından alternatifler matrisi.

ANKET 1	GÖLBAŞI	KAZAN	ÇUBUK	HAYMANA	POLATLI	ELMADAĞ	BALA
GÖLBAŞI	1,00	1,00	4,00	1,00	0,50	1,00	3,00
KAZAN	1,00	1,00	3,00	1,00	1,00	1,00	1,00
ÇUBUK	0,25	0,33	1,00	1,00	0,33	0,33	0,33
HAYMANA	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	3,00	3,00
POLATLI	2,00	1,00	3,00	0,33	1,00	3,00	3,00
ELMADAĞ	1,00	1,00	3,00	0,33	0,33	1,00	1,00
BALA	0,33	1,00	3,00	0,33	0,33	1,00	1,00

Çizelge 5.25: Mevcut depolama alanlarına uzaklık bakımından alternatifler matrisi.

ANKET 1	GÖLBAŞI	KAZAN	ÇUBUK	HAYMANA	POLATLI	ELMADAĞ	BALA
GÖLBAŞI	1,00	1,00	1,00	0,20	0,50	1,00	0,50
KAZAN	1,00	1,00	1,00	0,50	1,00	2,00	0,50
ÇUBUK	1,00	1,00	1,00	0,50	2,00	2,00	0,50
HAYMANA	5,00	2,00	2,00	1,00	3,00	4,00	2,00
POLATLI	2,00	1,00	0,50	0,33	1,00	1,00	0,50
ELMADAĞ	1,00	0,50	0,50	0,25	1,00	1,00	0,50
BALA	2,00	2,00	2,00	0,50	2,00	2,00	1,00

Çizelge 5.26: Nüfus yoğunluğuna yakınlık bakımından alternatifler matrisi.

ANKET 1	GÖLBAŞI	KAZAN	ÇUBUK	HAYMANA	POLATLI	ELMADAĞ	BALA
GÖLBAŞI	1,00	0,33	0,33	0,33	2,00	0,33	1,00
KAZAN	3,00	1,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
ÇUBUK	3,00	0,33	1,00	1,00	3,00	3,00	3,00
HAYMANA	3,00	0,33	0,33	1,00	0,50	3,00	3,00
POLATLI	0,50	0,33	0,33	2,00	1,00	0,50	0,50
ELMADAĞ	3,00	0,33	0,33	0,33	2,00	1,00	1,00
BALA	1,00	0,33	0,33	0,33	2,00	1,00	1,00

Çizelge 5.27: Ulaşım yollarına yakınlık bakımından alternatifler matrisi.

ANKET 1	GÖLBAŞI	KAZAN	ÇUBUK	HAYMANA	POLATLI	ELMADAĞ	BALA
GÖLBAŞI	1,00	3,00	3,00	3,00	1,00	1,00	1,00
KAZAN	0,33	1,00	1,00	1,00	0,33	0,33	0,33
ÇUBUK	0,33	1,00	1,00	1,00	0,33	0,33	0,33
HAYMANA	0,33	1,00	1,00	1,00	0,33	0,33	0,33
POLATLI	1,00	3,00	3,00	3,00	1,00	1,00	3,00
ELMADAĞ	1,00	3,00	3,00	3,00	1,00	1,00	1,00
BALA	1,00	3,00	3,00	3,00	0,33	1,00	1,00

Çizelge 5.28: Arazi maliyetleri bakımından alternatifler matrisi.

ANKET 1	GÖLBAŞI	KAZAN	ÇUBUK	HAYMANA	POLATLI	ELMADAĞ	BALA
GÖLBAŞI	1,00	0,33	0,33	0,33	0,50	0,50	0,50
KAZAN	3,00	1,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
ÇUBUK	3,00	0,33	1,00	3,00	1,00	3,00	3,00
HAYMANA	3,00	0,33	0,33	1,00	3,00	3,00	3,00
POLATLI	2,00	0,33	1,00	0,33	1,00	3,00	0,50
ELMADAĞ	2,00	0,33	0,33	0,33	0,33	1,00	1,00
BALA	2,00	0,33	0,33	0,33	2,00	1,00	1,00

Çizelge 5.29: Toprak geçirgenliği bakımından alternatifler matrisi.

ANKET 1	GÖLBAŞI	KAZAN	ÇUBUK	HAYMANA	POLATLI	ELMADAĞ	BALA
GÖLBAŞI	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
KAZAN	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
ÇUBUK	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
HAYMANA	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
POLATLI	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
ELMADAĞ	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
BALA	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Çizelge 5.30: Eğim (Topoğrafya) bakımından alternatifler matrisi.

ANKET 1	GÖLBAŞI	KAZAN	ÇUBUK	HAYMANA	POLATLI	ELMADAĞ	BALA
GÖLBAŞI	1,00	0,33	0,33	0,33	1,00	1,00	1,00
KAZAN	3,00	1,00	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
ÇUBUK	3,00	0,33	1,00	3,00	3,00	3,00	3,00
HAYMANA	3,00	0,33	0,33	1,00	3,00	3,00	3,00
POLATLI	1,00	0,33	0,33	0,33	1,00	3,00	1,00
ELMADAĞ	1,00	0,33	0,33	0,33	0,33	1,00	1,00
BALA	1,00	0,33	0,33	0,33	1,00	1,00	1,00

Çizelge 5.31: Hakim rüzgar yönü bakımından alternatifler matrisi.

ANKET 1	GÖLBAŞI	KAZAN	ÇUBUK	HAYMANA	POLATLI	ELMADAĞ	BALA
GÖLBAŞI	1,00	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33	0,33
KAZAN	3,00	1,00	0,33	0,33	0,50	3,00	3,00
ÇUBUK	3,00	3,00	1,00	0,33	0,33	3,00	3,00
HAYMANA	3,00	3,00	3,00	1,00	2,00	3,00	3,00
POLATLI	3,00	2,00	3,00	0,50	1,00	3,00	2,00
ELMADAĞ	3,00	0,33	0,33	0,33	0,33	1,00	1,00
BALA	3,00	0,33	0,33	0,33	0,50	1,00	1,00

Çizelge 5.32: Fay hatlarından uzaklık bakımından alternatifler matrisi.

ANKET 1	GÖLBAŞI	KAZAN	ÇUBUK	HAYMANA	POLATLI	ELMADAĞ	BALA
GÖLBAŞI	1,00	3,00	3,00	3,00	1,00	3,00	3,00
KAZAN	0,33	1,00	3,00	0,33	0,50	1,00	1,00
ÇUBUK	0,33	0,33	1,00	0,33	0,50	1,00	1,00
HAYMANA	0,33	3,00	3,00	1,00	3,00	3,00	3,00
POLATLI	1,00	2,00	2,00	0,33	1,00	4,00	2,00
ELMADAĞ	0,33	1,00	1,00	0,33	0,25	1,00	1,00
BALA	0,33	1,00	1,00	0,33	0,50	1,00	1,00

Çizelge 5.33: Taşkın (Sel) bölgelerinden uzaklık bakımından alternatifler matrisi.

ANKET 1	GÖLBAŞI	KAZAN	ÇUBUK	HAYMANA	POLATLI	ELMADAĞ	BALA
GÖLBAŞI	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
KAZAN	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
ÇUBUK	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
HAYMANA	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
POLATLI	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
ELMADAĞ	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
BALA	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

5.1.5. Anketlerin Birleştirilmesi ve Tutarlılık Kontrolü

Karar verici tek bir kişi olduğunda Analitik Network Prosesi yönteminde tercihlerin ortaya konulup karar alınması daha kolaydır. Özellikle super decisions paket programı aynı sorgu için birden fazla tercih girişine izin vermediğinden kararların birden fazla uzman kişi tarafından verildiği durumlarda uzman tercihlerinin geometrik ortalaması alınmak suretiyle birleştirilerek tek bir hüküm haline getirilmesi gerekmektedir.

Uygulamamızda öncelikle her bir anket için ayrı ayrı matris bütünleri oluşturularak her bütün içindeki matrislerin tutarlılıkları tek tek kontrol edilmiş, daha sonra 7 anket için ayrı ayrı hesaplanmış olan matrisler içerisindeki veriler geometrik ortalamaları alınarak tek bir anket matris bütünü elde edilmiştir. Ayrıca elde edilen bu son matris bütünü içindeki matrislerin tutarlılıkları yeniden kontrol edildikten sonra her bir matris için kriterlerin göreceli ağırlık değerleri hesaplanmış, hesaplanan bu ağırlık değerleri super decisions paket programına girişi yapılmak üzere hazır hale getirilmiştir.

Geometrik ortalaması alınarak tek bir matris bütünü haline getirilen matrisler içerisinde ana kriterlerin ikili karşılaştırmasını içeren matris için detaylı tutarlılık kontrolü ve göreceli ağırlık değerleri hesaplamaları aşağıda Çizelge 5.34’de gösterilmektedir.

Çizelge 5.34: Ana kriterler geometrik ortalama matrisi.

GEO. ORT	Çevresel Faktörler	Ekonomik Faktörler	Fiziki- Jeolojik Faktörler
Çevresel Faktörler	1,00	1,90	2,32
Ekonomik Faktörler	0,53	1,00	1,17
Fiziki- Jeolojik Faktörler	0,43	0,85	1,00

Ana kriterler geometrik ortalama matrisindeki her bir sütun toplandığında;

	1,00	1,90	2,32
	0,53	1,00	1,17
	0,43	0,85	1,00
Toplam	1,96	3,75	4,49

değerleri elde edildi.

Ana kriterler matrisindeki her bir sütun elemanı, bulunduğu sütunun toplamına bölüldüğünde aşağıdaki yeni matris elde edildi.

0,510	0,507	0,517
0,270	0,267	0,261
0,219	0,227	0,223

Bu matriste aynı satırda bulunan değerlerin satır ortalamaları alındığında;

W	0,511	sütun vektörü elde edildi,
=	0,266	
	0,223	

bu değerler, aynı zamanda matristeki ana kriterlerin göreceli ağırlık değerleri anlamına da gelmektedir.

Ana kriterler matrisindeki her bir satırın her bir elemanı, sütun vektöründeki elemanlarla çarpılıp toplandığında ise;

V	1,534	değerlerine ulaşıldı.
=	0,798	
	0,669	

V değerleri W sütun vektör değerlerine bölünüp toplandığında elde edilen değer, ana kriter matris sütun sayısı (n) olan 3'e bölüldüğünde;

λ_{max} (en büyük öz değer) = 3,000004067 değeri bulundu.

Tutarlılık göstergesi (CI) = $(\lambda_{max} - n) / (n-1)$ (Denklem 4.14)

CI = $(3,000004067-3)/(3-1) = 0,000002034$ olarak hesaplandı.

RI = 0,58 (Rassallık İndeksinden)

Tutarlılık Oranı (CR) = $(CI) / (RI)$ (Denklem 4.15)

CR = $0,000002034 / 0,58 = 0,000004 < 0,10$ olduğundan;

Matris **Tutarlı** kabul edildi.

Sonraki matrislere ilişkin ağırlık değerleri ve tutarlılık kontrolü işlemleri Excel üzerinde hazırlanan formüllerle hesaplanmıştır. Elde edilen bulgular Çizelge 5.35-5.84 aralığında gösterilmektedir.

Çizelge 5.35: Çevresel faktörler geometrik ortalama matrisi.

GEO. ORT.	YAU	SKU	YSS	TAU	EAU	KAU	AAU	HU
YAU	1,00	0,57	0,42	0,93	2,39	1,57	1,98	1,63
SKU	1,75	1,00	1,22	2,05	2,98	2,46	3,16	3,16
YSS	2,36	0,82	1,00	2,38	3,12	2,78	3,31	3,31
TAU	1,08	0,49	0,42	1,00	1,90	1,67	2,02	1,33
EAU	0,42	0,34	0,32	0,53	1,00	0,68	0,94	0,77
KAU	0,64	0,41	0,36	0,60	1,47	1,00	1,31	0,97
AAU	0,50	0,32	0,30	0,50	1,06	0,76	1,00	0,87
HU	0,62	0,32	0,30	0,75	1,29	1,03	1,15	1,00

Çizelge 5.36: Çevresel faktörler ağırlık değerleri ve tutarlılık kontrolü.

Ağırlık Değerleri				
0,12563				
0,22693		TUTARLILIK KONTROLÜ		
0,23642				
0,11965		n	8	
0,06351		λ_{max}	8,048	
0,08328		CI	0,007	
0,06606		CR	0,005	< 0,10
0,07853		TUTARLI		

Çizelge 5.37: Ekonomik faktörler geometrik ortalama matrisi, ağırlık değerleri ve tutarlılık kontrolü.

GEO. ORT.	MDAU	NYN	UYN	AM		Ağırlık Değerleri	TUTARLILIK KONTROLÜ			
MDAU	1,00	0,47	0,76	0,54		0,15775	n	4		
NYN	2,13	1,00	1,95	1,84		0,39184	λ_{max}	4,033		
UYN	1,31	0,51	1,00	1,15		0,22085	CI	0,011		
AM	1,84	0,54	0,87	1,00		0,22957	CR	0,012	< 0,10	TUTARLI

Çizelge 5.38: Fiziki-Jeolojik faktörler geometrik ortalama matrisi, ağırlık değerleri ve tutarlılık kontrolü.

GEO. ORT.	TG	E	HRY	FHU	TBU	Ağırlık Değerleri	TUTARLILIK KONTROLÜ			
TG	1,00	2,25	0,96	0,94	0,68	0,20759	n	5		
E	0,45	1,00	0,65	0,66	0,48	0,12084	λ_{max}	5,027		
HRY	1,04	1,53	1,00	0,91	0,70	0,19344	CI	0,007		
FHU	1,06	1,51	1,10	1,00	0,84	0,20896	CR	0,006	< 0,10	TUTARLI
TBU	1,47	2,10	1,43	1,20	1,00	0,26917				

Çizelge 5.39: Yerleşim alanlarına uzaklık bakımından fiziki-jeolojik faktörler geometrik ortalama matrisi, ağırlık değerleri ve tutarlılık kontrolü.

GEO. ORT.	E	HRY	FHU	TBU	Ağırlık Değerleri	TUTARLILIK KONTROLÜ			
E	1,00	0,43	0,72	0,40	0,14035	n	4		
HRY	2,33	1,00	1,53	1,04	0,32799	λ_{max}	4,006		
FHU	1,39	0,65	1,00	0,72	0,21247	CI	0,002		
TBU	2,49	0,96	1,39	1,00	0,31919	CR	0,002	< 0,10	TUTARLI

Çizelge 5.40: Su kaynaklarına uzaklık ve yeraltı su seviyesi bakımından fiziki-jeolojik faktörler geometrik ortalama matrisleri ve ağırlık değerleri.

GEO. ORT.	TG	E	Ağırlık Değerleri	GEO. ORT.	TG	FHU	Ağırlık Değerleri
TG	1,00	1,21	0,54707	TG	1,00	1,47	0,59553
E	0,83	1,00	0,45293	FHU	0,68	1,00	0,40447

Çizelge 5.41: Tarımsal alanlara uzaklık bakımından fiziki-jeolojik faktörler geometrik ortalama matrisi, ağırlık değerleri ve tutarlılık kontrolü.

GEO. ORT.	E	HRY	TBU	Ağırlık Değerleri	TUTARLILIK KONTROLÜ			
E	1,00	0,68	0,48	0,21684	n	3		
HRY	1,47	1,00	0,59	0,30139	λ_{max}	3,003		
TBU	2,10	1,69	1,00	0,48177	CI	0,002		
					CR	0,003	< 0,10	TUTARLI

Çizelge 5.42: Endüstriyel alanlara uzaklık bakımından fiziki-jeolojik faktörler geometrik ortalama matrisi, ağırlık değerleri ve tutarlılık kontrolü.

GEO. ORT.	E	HRY	TBU	Ağırlık Değerleri	TUTARLILIK KONTROLÜ			
E	1,00	0,50	0,53	0,20475	n	3		
HRY	1,98	1,00	1,06	0,40802	λ_{max}	3		
TBU	1,90	0,94	1,00	0,38723	CI	0		
					CR	0	< 0,10	TUTARLI

Çizelge 5.43: Askeri alanlara uzaklık bakımından fiziki-jeolojik faktörler geometrik ortalama matrisi, ağırlık değerleri ve tutarlılık kontrolü.

GEO. ORT.	E	HRY	TBU	Ağırlık Değerleri	TUTARLILIK KONTROLÜ			
					n	3		
E	1,00	0,63	0,53	0,22313	λ_{max}	3,01		
HRY	1,60	1,00	1,14	0,39411	CI	0,005		
TBU	1,90	0,88	1,00	0,38275	CR	0,009	< 0,10	TUTARLI

Çizelge 5.44: Havaalanlarına uzaklık bakımından fiziki-jeolojik faktörler geometrik ortalama matrisi, ağırlık değerleri ve tutarlılık kontrolü.

GEO. ORT.	E	HRY	TBU	Ağırlık Değerleri	TUTARLILIK KONTROLÜ			
					n	3		
E	1,00	0,46	0,48	0,1886	λ_{max}	3,006		
HRY	2,19	1,00	1,32	0,44584	CI	0,003		
TBU	2,10	0,76	1,00	0,36556	CR	0,005	< 0,10	TUTARLI

Çizelge 5.45: Toprak geçirgenliği bakımından çevresel faktörler geometrik ortalama matrisi ve ağırlık değerleri.

GEO. ORT.	SKU	YSS	Ağırlık Değerleri
SKU	1,00	0,62	
YSS	1,63	1,00	
			0,38086
			0,61914

Çizelge 5.46: Eğim (Topoğrafya) bakımından çevresel faktörler geometrik ortalama matrisi.

GEO. ORT.	YAU	SKU	TAU	EAU	KAU	AAU	HU
YAU	1,00	0,56	1,37	1,79	1,57	1,47	1,26
SKU	1,78	1,00	2,90	2,99	2,90	3,06	3,06
TAU	0,73	0,34	1,00	1,39	1,43	1,15	1,19
EAU	0,56	0,33	0,72	1,00	0,74	0,82	0,77
KAU	0,64	0,34	0,70	1,35	1,00	1,49	1,15
AAU	0,68	0,33	0,87	1,22	0,67	1,00	0,85
HU	0,79	0,33	0,84	1,29	0,87	1,17	1,00

Çizelge 5.47: Eğim (Topoğrafya) bakımından çevresel faktörler ağırlık değerleri ve tutarlılık kontrolü.

Ağırlık Değerleri	TUTARLILIK KONTROLÜ			
0,15901				
0,30856				
0,12372	n	7		
0,0878	λ_{max}	7,041		
0,11338	CI	0,007		
0,09836	CR	0,005	< 0,10	TUTARLI
0,10918				

Çizelge 5.48: Hakim rüzgar yönü bakımından çevresel faktörler geometrik ortalama matrisi, ağırlık değerleri ve tutarlılık kontrolü.

GEO. ORT.	YAU	TAU	EAU	KAU	AAU	HU	Ağır. Değ.	TUTARLILIK KONTROLÜ			
YAU	1,00	2,56	3,17	2,78	2,99	2,94	0,364				
TAU	0,39	1,00	1,26	1,22	1,19	1,19	0,146				
EAU	0,32	0,79	1,00	0,64	0,77	0,77	0,102	n	6		
KAU	0,36	0,82	1,57	1,00	0,97	0,88	0,13	λ_{max}	6,019		
AAU	0,33	0,84	1,29	1,03	1,00	0,94	0,126	CI	0,004		
HU	0,34	0,84	1,29	1,13	1,06	1,00	0,131	CR	0,003	< 0,10	TUTARLI

Çizelge 5.49: Arazi maliyetleri bakımından çevresel faktörler geometrik ortalama matrisi, ağırlık değerleri ve tutarlılık kontrolü.

GEO. ORT.	YAU	TAU	EAU	KAU	Ağırlık Değerleri	TUTARLILIK KONTROLÜ			
YAU	1,00	2,03	2,37	3,31	0,44719	n	4		
TAU	0,49	1,00	1,47	1,95	0,24432	λ_{max}	4,007		
EAU	0,42	0,68	1,00	1,51	0,18183	CI	0,002		
KAU	0,30	0,51	0,66	1,00	0,12666	CR	0,003	< 0,10	TUTARLI

Çizelge 5.50: Arazi maliyetleri bakımından fiziki-jeolojik faktörler geometrik ortalama matrisi, ağırlık değerleri ve tutarlılık kontrolü.

GEO. ORT.	E	FHU	TBU	Ağırlık Değerleri	TUTARLILIK KONTROLÜ			
E	1,00	0,94	0,48	0,24662	n	3		
FHU	1,07	1,00	0,75	0,29977	λ_{max}	3,017		
TBU	2,10	1,33	1,00	0,45361	CI	0,008		
					CR	0,014	< 0,10	TUTARLI

Çizelge 5.51: Yerleşim alanlarına uzaklık bakımından alternatifler geometrik ortalama matrisi.

GEO. ORT.	GÖLBAŞI	KAZAN	ÇUBUK	HAYMANA	POLATLI	ELMADAĞ	BALA
GÖLBAŞI	1,00	0,80	0,90	0,56	0,63	0,69	0,53
KAZAN	1,25	1,00	1,22	0,70	0,82	0,76	0,38
ÇUBUK	1,11	0,82	1,00	0,48	0,53	0,56	0,37
HAYMANA	1,78	1,43	2,07	1,00	1,29	1,51	0,62
POLATLI	1,59	1,22	1,87	0,77	1,00	1,43	0,64
ELMADAĞ	1,45	1,31	1,79	0,66	0,70	1,00	0,54
BALA	1,87	2,60	2,71	1,63	1,57	1,84	1,00

Çizelge 5.52: Yerleşim alanlarına uzaklık bakımından alternatifler ağırlık değerleri ve tutarlılık kontrolü.

Ağırlık Değerleri				
0,0966	TUTARLILIK KONTROLÜ			
0,11096				
0,0876		n	7	
0,17511		λ_{max}	7,049	
0,15393		CI	0,008	
0,13209		CR	0,006	< 0,10
0,2437		TUTARLI		

Çizelge 5.53: Su kaynaklarına uzaklık bakımından alternatifler geometrik ortalama matrisi.

GEO. ORT.	GÖLBAŞI	KAZAN	ÇUBUK	HAYMANA	POLATLI	ELMADAĞ	BALA
GÖLBAŞI	1,00	0,76	0,85	0,60	0,67	0,67	0,48
KAZAN	1,32	1,00	1,57	0,77	1,17	1,00	0,64
ÇUBUK	1,17	0,64	1,00	0,52	0,73	0,70	0,48
HAYMANA	1,67	1,29	1,93	1,00	1,69	1,84	0,82
POLATLI	1,49	0,85	1,37	0,59	1,00	0,77	0,52
ELMADAĞ	1,49	1,00	1,43	0,54	1,29	1,00	0,45
BALA	2,07	1,56	2,10	1,22	1,92	2,23	1,00

Çizelge 5.54: Su kaynaklarına uzaklık bakımından alternatifler ağırlık değerleri ve tutarlılık kontrolü.

Ağırlık Değerleri				
0,09621	TUTARLILIK KONTROLÜ			
0,13964				
0,09717		n	7	
0,19081		λ_{max}	7,044	
0,12042		CI	0,007	
0,12936		CR	0,006	< 0,10
0,22639		TUTARLI		

Çizelge 5.55: Yeraltı su seviyesi bakımından alternatifler geometrik ortalama matrisi.

GEO. ORT.	GÖLBAŞI	KAZAN	ÇUBUK	HAYMANA	POLATLI	ELMADAĞ	BALA
GÖLBAŞI	1,00	0,96	1,06	0,64	1,17	1,10	0,81
KAZAN	1,04	1,00	0,85	0,64	1,10	0,65	0,55
ÇUBUK	0,94	1,17	1,00	0,58	0,91	0,69	0,51
HAYMANA	1,57	1,57	1,74	1,00	1,51	0,67	0,52
POLATLI	0,85	0,91	1,10	0,66	1,00	0,54	0,50
ELMADAĞ	0,91	1,54	1,45	1,49	1,84	1,00	0,64
BALA	1,24	1,83	1,95	1,92	1,98	1,57	1,00

Çizelge 5.56: Yeraltı su seviyesi bakımından alternatifler ağırlık değerleri ve tutarlılık kontrolü.

Ağırlık Değerleri				
0,13214	TUTARLILIK KONTROLÜ			
0,11084				
0,10951	n	7		
0,15715	λ_{max}	7,104		
0,10484	CI	0,017		
0,16553	CR	0,013	< 0,10	TUTARLI
0,21999				

Çizelge 5.57: Tarımsal alanlara uzaklık bakımından alternatifler geometrik ortalama matrisi.

GEO. ORT.	GÖLBAŞI	KAZAN	ÇUBUK	HAYMANA	POLATLI	ELMADAĞ	BALA
GÖLBAŞI	1,00	2,48	2,03	1,57	1,43	1,35	1,15
KAZAN	0,40	1,00	0,91	1,35	1,10	1,17	0,77
ÇUBUK	0,49	1,10	1,00	1,22	1,10	1,17	0,96
HAYMANA	0,64	0,74	0,82	1,00	1,29	1,29	0,79
POLATLI	0,70	0,91	0,91	0,77	1,00	0,74	0,67
ELMADAĞ	0,74	0,85	0,85	0,77	1,35	1,00	0,74
BALA	0,87	1,29	1,04	1,27	1,49	1,35	1,00

Çizelge 5.58: Tarımsal alanlara uzaklık bakımından alternatifler ağırlık değerleri ve tutarlılık kontrolü.

Ağırlık Değerleri				
0,21255	TUTARLILIK KONTROLÜ			
0,12711				
0,13535	n	7		
0,12727	λ_{max}	7,094		
0,11239	CI	0,016		
0,12363	CR	0,012	< 0,10	TUTARLI
0,16169				

Çizelge 5.59: Endüstriyel alanlara uzaklık bakımından alternatifler geometrik ortalama matrisi.

GEO. ORT.	GÖLBAŞI	KAZAN	ÇUBUK	HAYMANA	POLATLI	ELMADAĞ	BALA
GÖLBAŞI	1,00	1,29	0,82	0,34	0,57	0,67	0,41
KAZAN	0,77	1,00	0,49	0,29	0,34	0,54	0,33
ÇUBUK	1,22	2,03	1,00	0,52	0,65	1,00	0,58
HAYMANA	2,95	3,39	1,92	1,00	1,57	1,84	0,96
POLATLI	1,77	2,95	1,55	0,64	1,00	1,35	0,60
ELMADAĞ	1,49	1,84	1,00	0,54	0,74	1,00	0,60
BALA	2,42	3,07	1,74	1,04	1,67	1,67	1,00

Çizelge 5.60: Endüstriyel alanlara uzaklık bakımından alternatifler ağırlık değerleri ve tutarlılık kontrolü.

Ağırlık Değerleri				
0,08644	TUTARLILIK KONTROLÜ			
0,06396				
0,1176	n	7		
0,2299	λ_{max}	7,024		
0,16031	CI	0,004		
0,12274	CR	0,003	< 0,10	TUTARLI
0,21905				

Çizelge 5.61: Koruma (Sit) alanlarına uzaklık bakımından alternatifler geometrik ortalama matrisi.

GEO. ORT.	GÖLBAŞI	KAZAN	ÇUBUK	HAYMANA	POLATLI	ELMADAĞ	BALA
GÖLBAŞI	1,00	0,42	0,37	0,27	0,35	0,54	0,27
KAZAN	2,38	1,00	0,66	0,36	0,46	0,85	0,40
ÇUBUK	2,74	1,51	1,00	0,44	0,58	1,20	0,46
HAYMANA	3,75	2,78	2,28	1,00	1,51	2,25	1,10
POLATLI	2,87	2,16	1,74	0,66	1,00	1,49	0,70
ELMADAĞ	1,84	1,17	0,83	0,45	0,67	1,00	0,46
BALA	3,68	2,48	2,16	0,91	1,43	2,19	1,00

Çizelge 5.62: Koruma (Sit) alanlarına uzaklık bakımından alternatifler ağırlık değerleri ve tutarlılık kontrolü.

Ağırlık Değerleri				
0,05343	TUTARLILIK KONTROLÜ			
0,09104				
0,11807	n	7		
0,24052	λ_{max}	7,051		
0,16877	CI	0,009		
0,10359	CR	0,006	< 0,10	TUTARLI
0,22459				

Çizelge 5.63: Askeri alanlara uzaklık bakımından alternatifler geometrik ortalama matrisi.

GEO. ORT.	GÖLBAŞI	KAZAN	ÇUBUK	HAYMANA	POLATLI	ELMADAĞ	BALA
GÖLBAŞI	1,00	0,70	0,45	0,32	0,51	0,58	0,28
KAZAN	1,43	1,00	0,58	0,41	0,58	0,61	0,40
ÇUBUK	2,21	1,74	1,00	0,74	1,06	1,49	0,67
HAYMANA	3,17	2,46	1,35	1,00	1,67	1,92	1,06
POLATLI	1,95	1,74	0,94	0,60	1,00	1,15	0,61
ELMADAĞ	1,74	1,64	0,67	0,52	0,87	1,00	0,45
BALA	3,60	2,52	1,49	0,94	1,64	2,21	1,00

Çizelge 5.64: Askeri alanlara uzaklık bakımından alternatifler ağırlık değerleri ve tutarlılık kontrolü.

Ağırlık Değerleri				
0,06594	TUTARLILIK KONTROLÜ			
0,08476				
0,15334	n	7		
0,21806	λ_{max}	7,016		
0,13659	CI	0,003		
0,11499	CR	0,002	< 0,10	TUTARLI
0,22632				

Çizelge 5.65: Havaalanlarına uzaklık bakımından alternatifler geometrik ortalama matrisi.

GEO. ORT.	GÖLBAŞI	KAZAN	ÇUBUK	HAYMANA	POLATLI	ELMADAĞ	BALA
GÖLBAŞI	1,00	0,91	2,63	0,49	0,45	1,00	0,55
KAZAN	1,10	1,00	2,16	0,45	0,45	1,00	0,40
ÇUBUK	0,38	0,46	1,00	0,30	0,27	0,40	0,25
HAYMANA	2,03	2,25	3,33	1,00	0,91	2,52	1,00
POLATLI	2,25	2,25	3,77	1,10	1,00	2,52	1,00
ELMADAĞ	1,00	1,00	2,52	1,00	0,40	1,00	0,46
BALA	1,81	2,52	3,99	1,00	1,00	2,16	1,00

Çizelge 5.66: Havaalanlarına uzaklık bakımından alternatifler ağırlık değerleri ve tutarlılık kontrolü.

Ağırlık Değerleri				
0,10455	TUTARLILIK KONTROLÜ			
0,09795				
0,04899	n	7		
0,20615	λ_{max}	7,223		
0,21838	CI	0,037		
0,11441	CR	0,028	< 0,10	TUTARLI
0,20957				

Çizelge 5.67: Mevcut depolama alanlarına uzaklık bakımından alternatifler geometrik ortalama matrisi.

GEO. ORT.	GÖLBAŞI	KAZAN	ÇUBUK	HAYMANA	POLATLI	ELMADAĞ	BALA
GÖLBAŞI	1,00	1,00	1,00	0,56	1,00	1,35	0,38
KAZAN	1,00	1,00	1,00	0,40	1,00	1,10	0,38
ÇUBUK	1,00	1,00	1,00	0,47	1,10	1,64	0,40
HAYMANA	1,79	2,48	2,12	1,00	2,63	3,17	1,00
POLATLI	1,00	1,00	0,91	0,38	1,00	1,22	0,40
ELMADAĞ	0,74	0,91	0,61	0,32	0,82	1,00	0,32
BALA	2,63	2,63	2,52	1,00	2,52	3,15	1,00

Çizelge 5.68: Mevcut depolama alanlarına uzaklık bakımından alternatifler ağırlık değerleri ve tutarlılık kontrolü.

Ağırlık Değerleri				
0,108	TUTARLILIK KONTROLÜ			
0,1				
0,111	n	7		
0,241	λ_{max}	7,021		
0,1	CI	0,004		
0,08	CR	0,003	< 0,10	TUTARLI
0,261				

Çizelge 5.69: Nüfus yoğunluğuna yakınlık bakımından alternatifler geometrik ortalama matrisi.

GEO. ORT.	GÖLBAŞI	KAZAN	ÇUBUK	HAYMANA	POLATLI	ELMADAĞ	BALA
GÖLBAŞI	1,00	1,04	1,04	1,36	1,71	1,10	1,04
KAZAN	0,96	1,00	1,29	1,43	1,43	1,17	1,10
ÇUBUK	0,96	0,77	1,00	1,18	1,43	1,06	1,10
HAYMANA	0,74	0,70	0,85	1,00	1,00	1,17	0,77
POLATLI	0,58	0,70	0,70	1,00	1,00	0,71	0,64
ELMADAĞ	0,91	0,85	0,94	0,85	1,57	1,00	0,74
BALA	0,96	0,91	0,91	1,29	1,57	1,35	1,00

Çizelge 5.70: Nüfus yoğunluğuna yakınlık bakımından alternatifler ağırlık değerleri ve tutarlılık kontrolü.

Ağırlık Değerleri				
0,164	TUTARLILIK KONTROLÜ			
0,167				
0,149	n	7		
0,124	λ_{max}	7,021		
0,105	CI	0,004		
0,135	CR	0,003	< 0,10	TUTARLI
0,157				

Çizelge 5.71: Ulaşım yollarına yakınlık bakımından alternatifler geometrik ortalama matrisi.

GEO. ORT.	GÖLBAŞI	KAZAN	ÇUBUK	HAYMANA	POLATLI	ELMADAĞ	BALA
GÖLBAŞI	1,00	1,17	1,29	2,95	1,22	1,00	2,28
KAZAN	0,85	1,00	1,29	1,64	1,00	0,85	1,55
ÇUBUK	0,77	0,77	1,00	1,74	0,85	0,94	1,49
HAYMANA	0,34	0,61	0,58	1,00	0,49	0,45	0,70
POLATLI	0,82	1,00	1,17	2,03	1,00	1,00	2,03
ELMADAĞ	1,00	1,17	1,06	2,25	1,00	1,00	1,92
BALA	0,44	0,65	0,67	1,43	0,49	0,52	1,00

Çizelge 5.72: Ulaşım yollarına yakınlık bakımından alternatifler ağırlık değerleri ve tutarlılık kontrolü.

Ağırlık Değerleri				
0,195	TUTARLILIK KONTROLÜ			
0,155				
0,141	n	7		
0,077	λ_{max}	7,03		
0,166	CI	0,005		
0,173	CR	0,004	< 0,10	TUTARLI
0,093				

Çizelge 5.73: Arazi maliyetleri bakımından alternatifler geometrik ortalama matrisi.

GEO. ORT.	GÖLBAŞI	KAZAN	ÇUBUK	HAYMANA	POLATLI	ELMADAĞ	BALA
GÖLBAŞI	1,00	0,61	0,58	0,34	0,38	0,55	0,35
KAZAN	1,64	1,00	0,96	0,48	0,55	1,17	0,43
ÇUBUK	1,74	1,04	1,00	0,58	0,64	1,17	0,55
HAYMANA	2,98	2,10	1,71	1,00	1,67	2,78	1,06
POLATLI	2,60	1,81	1,57	0,60	1,00	1,92	0,61
ELMADAĞ	1,81	0,85	0,85	0,36	0,52	1,00	0,38
BALA	2,87	2,32	1,81	0,94	1,64	2,63	1,00

Çizelge 5.74: Arazi maliyetleri bakımından alternatifler ağırlık değerleri ve tutarlılık kontrolü.

Ağırlık Değerleri				
0,067	TUTARLILIK KONTROLÜ			
0,104				
0,116	n	7		
0,229	λ_{max}	7,041		
0,165	CI	0,007		
0,093	CR	0,005	< 0,10	TUTARLI
0,227				

Çizelge 5.75: Toprak geçirgenliği bakımından alternatifler geometrik ortalama matrisi.

GEO. ORT.	GÖLBAŞI	KAZAN	ÇUBUK	HAYMANA	POLATLI	ELMADAĞ	BALA
GÖLBAŞI	1,00	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70	0,74
KAZAN	1,43	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
ÇUBUK	1,43	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
HAYMANA	1,43	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
POLATLI	1,43	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
ELMADAĞ	1,43	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
BALA	1,35	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Çizelge 5.76: Toprak geçirgenliği bakımından alternatifler ağırlık değerleri ve tutarlılık kontrolü.

Ağırlık Değerleri				
0,106		TUTARLILIK KONTROLÜ		
0,149				
0,149		n	7	
0,149		λ_{max}	7	
0,149		CI	0	
0,149		CR	0	< 0,10
0,148		TUTARLI		

Çizelge 5.77: Eğim (Topoğrafya) bakımından alternatifler geometrik ortalama matrisi.

GEO. ORT.	GÖLBAŞI	KAZAN	ÇUBUK	HAYMANA	POLATLI	ELMADAĞ	BALA
GÖLBAŞI	1,00	0,66	0,85	0,46	0,54	1,02	0,73
KAZAN	1,51	1,00	1,17	1,00	1,00	1,17	1,17
ÇUBUK	1,17	0,85	1,00	0,91	0,91	1,17	1,06
HAYMANA	2,16	1,00	1,10	1,00	1,17	1,67	1,29
POLATLI	1,84	1,00	1,10	0,85	1,00	1,67	1,10
ELMADAĞ	0,98	0,85	0,85	0,60	0,60	1,00	0,91
BALA	1,37	0,85	0,94	0,77	0,91	1,10	1,00

Çizelge 5.78: Eğim (Topoğrafya) bakımından alternatifler ağırlık değerleri ve tutarlılık kontrolü.

Ağırlık Değerleri				
0,106		TUTARLILIK KONTROLÜ		
0,149				
0,149		n	7	
0,149		λ_{max}	7,032	
0,149		CI	0,005	
0,149		CR	0,004	< 0,10
0,148		TUTARLI		

Çizelge 5.79: Hakim rüzgar yönü bakımından alternatifler geometrik ortalama matrisi.

GEO. ORT.	GÖLBAŞI	KAZAN	ÇUBUK	HAYMANA	POLATLI	ELMADAĞ	BALA
GÖLBAŞI	1,00	1,74	2,80	0,77	0,77	2,12	1,27
KAZAN	0,58	1,00	1,57	0,39	0,41	1,74	0,58
ÇUBUK	0,36	0,64	1,00	0,25	0,26	0,71	0,35
HAYMANA	1,29	2,56	3,96	1,00	1,22	2,95	1,29
POLATLI	1,29	2,42	3,80	0,82	1,00	2,48	1,22
ELMADAĞ	0,47	0,58	1,40	0,34	0,40	1,00	0,46
BALA	0,79	1,71	2,90	0,77	0,82	2,16	1,00

Çizelge 5.80: Hakim rüzgar yönü bakımından alternatifler ağırlık değerleri ve tutarlılık kontrolü.

Ağırlık Değerleri				
0,171	TUTARLILIK KONTROLÜ			
0,098				
0,057	n	7		
0,229	λ_{max}	7,029		
0,207	CI	0,005		
0,075	CR	0,004	< 0,10	TUTARLI
0,162				

Çizelge 5.81: Fay hatlarından uzaklık bakımından alternatifler geometrik ortalama matrisi.

GEO. ORT.	GÖLBAŞI	KAZAN	ÇUBUK	HAYMANA	POLATLI	ELMADAĞ	BALA
GÖLBAŞI	1,00	1,82	1,91	0,59	0,49	2,99	1,70
KAZAN	0,55	1,00	1,51	0,34	0,36	1,59	0,89
ÇUBUK	0,52	0,66	1,00	0,34	0,36	1,41	1,00
HAYMANA	1,70	2,94	2,94	1,00	1,20	3,55	2,04
POLATLI	2,04	2,75	2,75	0,83	1,00	3,49	1,91
ELMADAĞ	0,33	0,63	0,71	0,28	0,29	1,00	0,52
BALA	0,59	1,12	1,00	0,49	0,52	1,91	1,00

Çizelge 5.82: Fay hatlarından uzaklık bakımından alternatifler ağırlık değerleri ve tutarlılık kontrolü.

Ağırlık Değerleri				
0,16	TUTARLILIK KONTROLÜ			
0,096				
0,085	n	7		
0,252	λ_{max}	7,059		
0,238	CI	0,01		
0,061	CR	0,007	< 0,10	TUTARLI
0,108				

Çizelge 5.83: Taşkın (Sel) bölgelerinden uzaklık bakımından alternatifler geometrik ortalama matrisi.

GEO. ORT.	GÖLBAŞI	KAZAN	ÇUBUK	HAYMANA	POLATLI	ELMADAĞ	BALA
GÖLBAŞI	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
KAZAN	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
ÇUBUK	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
HAYMANA	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
POLATLI	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
ELMADAĞ	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
BALA	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

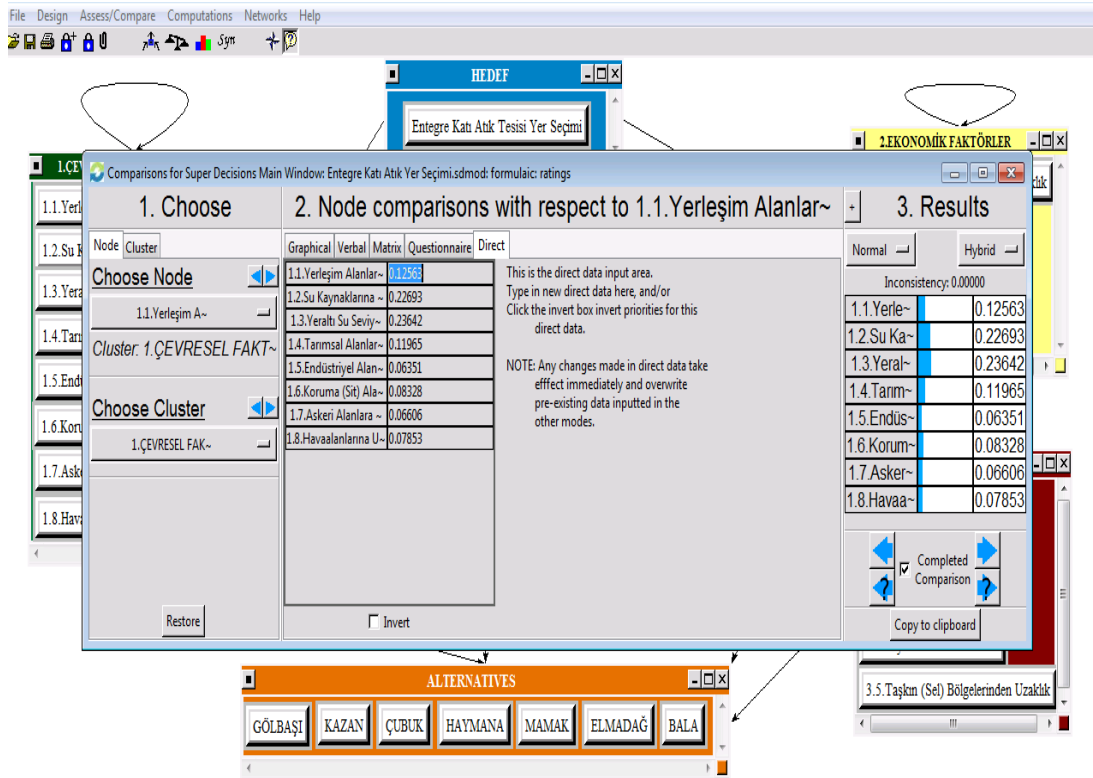
Çizelge 5.84: Taşkın (Sel) bölgelerinden uzaklık bakımından alternatifler ağırlık değerleri ve tutarlılık kontrolü.

Ağırlık Değerleri				
0,143	TUTARLILIK KONTROLÜ			
0,143				
0,143	n	7		
0,143	λ_{max}	7		
0,143	CI	0		
0,143	CR	0	< 0,10	TUTARLI
0,143				

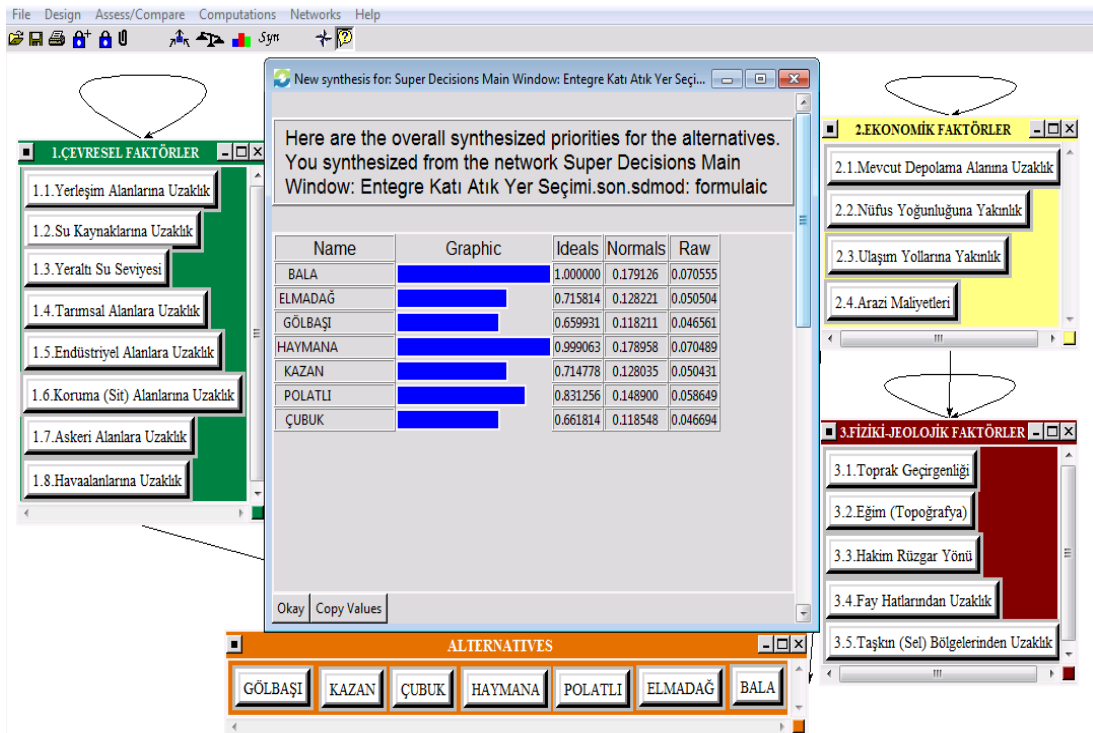
5.1.6. Ağırlık Değerlerinin Programa Girilmesi ve Analiz Sonuçları

Geometrik ortalamaları alınıp tek bir matris bütününe dönüştürülen 7 ayrı ankete ait veriler, yukarıda Çizelge 5.34'den Çizelge 5.85'e kadar ki tablolarda sunulduğu üzere matrislerin geometrik ortalamaları hesaplandıktan ve her bir matris bileşeni için değerlendirme yapılarak ana kriter, kriter ve alternatiflerin ağırlık değerleri belirlendikten sonra tutarlılık kontrolleri yapılmıştır. Belirlenen bu ağırlık değerleri, Ankara ili içerisinde Entegre Katı Atık Tesisi kuruluş yerinin hedefine yönelik en uygun yerin tayinine ilişkin nihai sonuçların tespiti için super decisions programına aktarılmıştır.

Çevresel faktörler alt kriterlerinin nisbi ağırlık değerlerinin super decisions programına doğrudan aktarımının gösterildiği Şekil 5.3'de görüldüğü gibi diğer tüm geometrik ortalamaları alınmış matrislere ait ağırlık değerlerinin programa sırasıyla girilmesi işlemleri tamamlandıktan sonra en uygun entegre katı atık tesisi yer seçimi hedefi için seçilen 7 alternatife ilişkin elde edilen sonuçlar Şekil 5.4'de gösterilmektedir. Ayrıca uygulamada yer alan tüm kriter ve alternatiflerin iç ve dış bağımlılıklarını ifade eden süpermatrislere ilişkin değerler Çizelge 5.85 - 5.87 aralığında gösterilmektedir.



Şekil 5.3: Ağırlık değerlerinin super decisions programına girilmesi.



Şekil 5.4: Entegre katı atık tesisi yer seçimi alternatiflerine ilişkin analiz sonuçları.

Çizelge 5.85: Ağırlıklandırılmamış süpermatris değerleri.

	YAU	SKU	YSS	TAU	EAU	KAU	AAU	HU	MDAU	NYU	UYU	AM	TG	E	HRU	FHU	TBU	BALU	E.DAĞ	G.BAŞI	HAYMANA	KAZAN	POLATLI	ÇUBUK
YAU	0,126	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,447	0,000	0,159	0,364	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SKU	0,227	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,381	0,309	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
YSS	0,236	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,619	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
TAU	0,120	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,244	0,000	0,124	0,146	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
EAU	0,064	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,182	0,000	0,088	0,102	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
KAU	0,083	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,127	0,000	0,113	0,130	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
AAU	0,066	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,098	0,126	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
HU	0,079	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,109	0,131	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
MDAU	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,158	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
NYU	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,392	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
UYU	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,221	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
AM	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,230	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
TG	0,000	0,547	0,596	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,208	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
E	0,140	0,453	0,404	0,217	0,205	0,000	0,223	0,189	0,000	0,000	0,000	0,247	0,121	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
HRU	0,328	0,000	0,000	0,301	0,408	0,000	0,394	0,446	0,000	0,000	0,000	0,000	0,193	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
FHU	0,212	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,300	0,209	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
TBU	0,319	0,000	0,000	0,482	0,387	0,000	0,383	0,366	0,000	0,000	0,000	0,454	0,269	0,000	0,000	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
BALU	0,244	0,226	0,220	0,162	0,219	0,225	0,226	0,210	0,261	0,157	0,093	0,227	0,148	0,137	0,162	0,120	0,143	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
E.DAĞ	0,132	0,129	0,166	0,124	0,123	0,104	0,115	0,114	0,080	0,135	0,173	0,093	0,149	0,114	0,075	0,068	0,143	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
G.BAŞI	0,097	0,096	0,132	0,213	0,086	0,053	0,066	0,105	0,108	0,164	0,195	0,067	0,106	0,102	0,171	0,068	0,143	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
HAYMANA	0,175	0,191	0,157	0,127	0,230	0,241	0,218	0,206	0,241	0,124	0,077	0,229	0,149	0,181	0,229	0,279	0,143	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
KAZAN	0,111	0,140	0,111	0,127	0,064	0,091	0,085	0,098	0,100	0,167	0,155	0,104	0,149	0,159	0,098	0,107	0,143	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
POLATLI	0,154	0,120	0,105	0,112	0,160	0,169	0,137	0,218	0,100	0,105	0,166	0,165	0,149	0,166	0,207	0,264	0,143	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
ÇUBUK	0,088	0,097	0,110	0,135	0,118	0,118	0,153	0,049	0,111	0,149	0,141	0,116	0,149	0,141	0,057	0,094	0,143	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Çizelge 5.86: Ağırlıklandırılmış süpermatris değerleri.

	YAU	SKU	YSS	TAU	EAU	KAU	AAU	HU	MDAU	NYI	UYI	AM	TG	E	HRY	FHU	TBU	BALA	E.DAĞ	G.BAŞI	HAYMANA	KAZAN	POLATLI	ÇUBUK
YAU	0,054	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,158	0,000	0,068	0,155	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SKU	0,097	0,427	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,162	0,132	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
YSS	0,101	0,000	0,427	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,265	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
TAU	0,051	0,000	0,000	0,427	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,086	0,000	0,053	0,063	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
EAU	0,027	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,064	0,000	0,038	0,044	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
KAU	0,036	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,045	0,000	0,048	0,056	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
AAU	0,028	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,042	0,054	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
HU	0,034	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,047	0,056	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
MDAU	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,073	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
NYI	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,182	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
UYI	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,103	0,000	1,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
AM	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,107	0,000	0,000	0,213	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
TG	0,000	0,135	0,147	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,051	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
E	0,035	0,120	0,100	0,054	0,088	0,000	0,096	0,081	0,000	0,000	0,000	0,047	0,030	0,247	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
HRY	0,081	0,000	0,000	0,075	0,176	0,000	0,170	0,193	0,000	0,000	0,000	0,000	0,048	0,000	0,247	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
FHU	0,053	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,057	0,052	0,000	0,000	0,432	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
TBU	0,079	0,000	0,000	0,119	0,167	0,000	0,165	0,158	0,000	0,000	0,000	0,086	0,067	0,000	0,000	0,000	0,432	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
BALA	0,079	0,074	0,072	0,053	0,124	0,225	0,129	0,119	0,139	0,157	0,050	0,056	0,048	0,044	0,053	0,068	0,081	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
E.DAĞ	0,043	0,042	0,054	0,040	0,070	0,104	0,065	0,065	0,043	0,135	0,093	0,023	0,049	0,037	0,025	0,039	0,081	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
G.BAŞI	0,031	0,031	0,043	0,069	0,049	0,053	0,037	0,059	0,058	0,164	0,104	0,016	0,034	0,033	0,056	0,039	0,081	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
HAYMANA	0,057	0,062	0,051	0,041	0,131	0,241	0,124	0,117	0,129	0,124	0,041	0,056	0,049	0,059	0,075	0,159	0,081	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
KAZAN	0,036	0,045	0,036	0,041	0,036	0,091	0,048	0,056	0,054	0,167	0,083	0,025	0,049	0,052	0,032	0,061	0,081	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
POLATLI	0,050	0,039	0,034	0,037	0,091	0,169	0,078	0,124	0,053	0,105	0,089	0,040	0,049	0,054	0,067	0,150	0,081	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
CUBUK	0,029	0,032	0,036	0,044	0,067	0,118	0,087	0,028	0,059	0,149	0,075	0,028	0,049	0,046	0,019	0,054	0,081	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Çizelge 5.87: Limit süpermatris değerleri.

	YAU	SKU	YSS	TAU	EAU	KAU	AAU	HU	MDAU	NYY	UYU	AM	TG	E	HRY	FHU	TBU	BALA	E.DAĞ	G.BAŞI	HAYMANA	KAZAN	POLATLI	ÇUBUK
YAU	0,021	0,021	0,021	0,021	0,021	0,000	0,021	0,021	0,021	0,000	0,000	0,021	0,021	0,021	0,021	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
SKU	0,123	0,123	0,123	0,123	0,123	0,000	0,123	0,123	0,123	0,000	0,000	0,123	0,123	0,123	0,123	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
YSS	0,193	0,193	0,193	0,193	0,193	0,000	0,193	0,193	0,193	0,000	0,000	0,193	0,193	0,193	0,193	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
TAU	0,043	0,043	0,043	0,043	0,043	0,000	0,043	0,043	0,043	0,000	0,000	0,043	0,043	0,043	0,043	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
EAU	0,009	0,009	0,009	0,009	0,009	0,000	0,009	0,009	0,009	0,000	0,000	0,009	0,009	0,009	0,009	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
KAU	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,000	0,011	0,011	0,011	0,000	0,000	0,011	0,011	0,011	0,011	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
AAU	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010	0,000	0,010	0,010	0,010	0,000	0,000	0,010	0,010	0,010	0,010	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
HU	0,011	0,011	0,011	0,011	0,011	0,000	0,011	0,011	0,011	0,000	0,000	0,011	0,011	0,011	0,011	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
MDAU	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
NYU	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
UYU	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
AM	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
TG	0,055	0,055	0,055	0,055	0,055	0,000	0,055	0,055	0,055	0,000	0,000	0,055	0,055	0,055	0,055	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
E	0,085	0,085	0,085	0,085	0,085	0,000	0,085	0,085	0,085	0,000	0,000	0,085	0,085	0,085	0,085	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
HRY	0,036	0,036	0,036	0,036	0,036	0,000	0,036	0,036	0,036	0,000	0,000	0,036	0,036	0,036	0,036	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
FHU	0,022	0,022	0,022	0,022	0,022	0,000	0,022	0,022	0,022	0,000	0,000	0,022	0,022	0,022	0,022	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
TBU	0,088	0,088	0,088	0,088	0,088	0,000	0,088	0,088	0,088	0,000	0,000	0,088	0,088	0,088	0,088	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
BALA	0,071	0,071	0,071	0,071	0,071	0,000	0,071	0,071	0,071	0,000	0,000	0,071	0,071	0,071	0,071	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
E.DAĞ	0,051	0,051	0,051	0,051	0,051	0,000	0,051	0,051	0,051	0,000	0,000	0,051	0,051	0,051	0,051	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
G.BAŞI	0,047	0,047	0,047	0,047	0,047	0,000	0,047	0,047	0,047	0,000	0,000	0,047	0,047	0,047	0,047	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
HAYMANA	0,070	0,070	0,070	0,070	0,070	0,000	0,070	0,070	0,070	0,000	0,000	0,070	0,070	0,070	0,070	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
KAZAN	0,050	0,050	0,050	0,050	0,050	0,000	0,050	0,050	0,050	0,000	0,000	0,050	0,050	0,050	0,050	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
POLATLI	0,059	0,059	0,059	0,059	0,059	0,000	0,059	0,059	0,059	0,000	0,000	0,059	0,059	0,059	0,059	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
ÇUBUK	0,047	0,047	0,047	0,047	0,047	0,000	0,047	0,047	0,047	0,000	0,000	0,047	0,047	0,047	0,047	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

6. SONUÇ VE ÖNERİLER

Endüstriyel gelişmeler doğrultusunda insan yaşamında meydana gelen ekonomik ve sosyal iyileşmeler ile hayat standartları ve tüketim alışkanlıklarındaki değişimin sebep olduğu atık miktarı ve türündeki artış; atıkların doğrudan toprağa gömülmesini baz alan düzenli depolama anlayışının yerine tüm atık türlerini içine alan ve atıkların sınıflandırılarak geri kazanım, geri dönüşüm, yeniden kullanım ve enerji üretimi vasıtasıyla ekonomik girdiye dönüştürülmesini amaçlayan entegre katı atık yönetimi yaklaşımını ortaya çıkarmıştır

Türkiye'deki ortalama nüfus artış oranının üzerinde bir nüfus artış hızına sahip Ankara ili, başkent olma vasfının beraberinde getirdiği kamu ve özel hizmet sektöründeki insan ihtiyacının yanında mütemadiyen gelişen endüstrisi için sanayi sektöründe doğacak insan gücü talebi nedeniyle de ülke içindeki nüfus hareketliliği noktasında çekim merkezi konumunu devam ettirecek gibi gözükmektedir. 2015 yılı toplam nüfusu 5 milyonun üzerinde olan bu ilimiz için nüfus projeksiyonu verilerine göre 20 yıl sonraki nüfusunun 8 milyona, 30 yıl sonraki nüfusunun ise 10 milyona ulaşarak bugünkü nüfusunun 2 katına çıktığını düşündüğümüzde; halihazırdaki yapılaşmanın iki misli bir yapılaşmaya daha gidileceği, metropol şehir alanı sınırlarının değişerek bazı ilçelerin şehir ile bütünleşeceği ve mevcut katı atık depolama alanlarının meskun alanlar içerisinde kalacağı kuvvetle muhtemeldir. Bu anlamda artan nüfusun artıracacağı katı atık miktarının çevresel bir felakete yol açmadan kontrol edilmesi amacı güdülerek yapılan bu araştırma çalışmamız ile gelecekte şehirleşmenin getireceği yapılaşmanın içerisine alacağı ilçeler ve şehrin gelişim yönü dikkate alınarak mevcut katı atık depolama alanlarını ikame edecek alternatif bir Entegre Katı Atık Tesisi için uygun yer tayini hedeflenmiştir. Belirlenen 3 ana kriter 17 alt kriter ve 7 alternatif alanın, atık yönetimi konusunda tecrübeli 7 farklı uzman tarafından ikili karşılaştırmalar yoluyla puanlandırılmasını müteakip elde edilen anket sonuçları çok kriterli karar verme tekniklerinden Analitik Network Prosesi yöntemi kullanılarak değerlendirilmiştir.

Değerlendirmeler sonucunda uzmanlar tarafından yapılan mukayese tercihlerinde; kriterlerin birbirlerine göre önemlilik yüzdesini ifade eden ağırlık değeri oranları, ana kriterler arasında Çevresel Faktörler % 51.1, Ekonomik Faktörler % 26.6 ve Fiziki-Jeolojik Faktörler % 22.3 şeklinde ortaya çıkarken Çevresel Faktörler kümesinde % 23.6 ile Yeraltı Su Seviyesi, Ekonomik Faktörler kümesinde % 39.1 ile Nüfus Yoğunluğuna Yakınlık, Fiziki-Jeolojik Faktörler kümesinde ise % 26.9 ile Taşkın (Sel) Bölgelerinden Uzaklık alt kriteri en yüksek orana sahip alt kriterler olarak tercih edilmiştir. Bununla birlikte uygulama sonucunda elde edilen nihai veriler neticesinde, Ankara İli Entegre Katı Atık Tesisi uygun yer tespiti çalışması için Bala ilçesi % 17.91 ağırlık değeri oranı ile en uygun alternatif olarak belirlenmiş diğer alternatifler ise Haymana % 17.90 Polatlı % 14.89, Elmadağ % 12.82, Kazan %12.80, Çubuk % 11.85 ve Gölbaşı % 11.82 şeklinde sıralanmıştır.

Alternatiflere ilişkin bu sonuçlar incelendiğinde; Bala İlçesi, şehrin gelişim yönüne en uzak bölgede olması ve en yüksek ağırlık yüzde oranına sahip alt kriterlerden biri olan nüfus yoğunluğuna yakınlık bakımından nüfusun en yoğun olduğu Çankaya ilçesine bitişik konumda olması nedeniyle en uygun alternatif olarak öne çıkarken; Haymana ilçesi de, fay hatlarından uzaklık ve hâkim rüzgâr yönü bakımından en müsait konuma sahip alternatif olduğu için Bala İlçesi'nden sonra en yüksek ağırlık yüzdesine sahip seçenek olarak belirlenmiştir. Diğer taraftan Polatlı ve Kazan ilçeleri mevcut depolama alanına yakın olmaları, Elmadağ hem mevcut depolama alanına yakın olması hem de deprem kuşağı içerisinde yer alması, Çubuk Esenboğa Havaalanına çok yakın konumda olması, Gölbaşı İlçesi ise hızlı yapılaşmanın devam ettiği şehrin gelişim yönünde bulunması ve arazi maliyetleri bakımından uygun olmaması saikleriyle düşük yüzde oranlarına sahip alternatifler olarak ortaya çıkmıştır.

Bala ve Haymana alternatifleri arasında binde bir oranında ve neredeyse başa baş denilebilecek çok küçük bir fark olduğu ayrıca bu iki alternatifin diğer 5 alternatifi büyük bir yüzdelik oran farkıyla geride bıraktığı aşikâre göze çarpmaktadır. Bala ve Haymana alternatifleri için ortaya çıkan bu yakın sonuçların, katı atık tesisinin kurulacağı süre zarfına kadar ekonomik şartlar ve stratejik planlama açısından oluşabilecek değişkenlikler nazara alındığında katı atık tesisi kurmaya yetkili idareyi tek seçeneğe bağımlılıktan kurtarıp ikili tercih noktasında esneklik sağlayarak kolaylıklar sunacağı düşünülmektedir.

Ankara il sınırları içerisinde Entegre Katı Atık Tesisi kuruluş yeri için en uygun alternatif ilçenin belirlenmesine yönelik bir bölgesel çalışma niteliği taşıyan bu araştırma sonuçlarının, ileriki dönemlerde Bala ilçesi özelinde yapılacak bir Entegre Katı Atık Tesisi noktasal saha belirleme çalışmasına ışık tutacağı öngörülmektedir. Bu bölgede yapılacak muhtemel bir noktasal saha belirleme çalışmasında araştırmamızla tespit edilen yer seçimi kriterlerinin; mekânsal verilere ait sözel bilgileri veri tabanında entegre bir şekilde saklayabilen, sorgulama ve istatistiksel analiz gibi klasik veri tabanı işlemlerini görselleştiren Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yöntemi kullanılarak değerlendirilmesinin sağlıklı ve net sonuçlar elde edilmesi açısından uygun olacağı tavsiye edilmektedir.

KAYNAKLAR

- Acun, S., 2013. Entegre Katı Atık Yönetiminde Biyoreaktör Depolama Alanı Yaklaşımı - İstanbul Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas.
- Akay, Ö., 2011. Cep Telefonu Seçiminin Bulanık Analitik Hiyerarşi ve Bulanık Analitik Ağ Süreci İle Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Akdoğan, A. ve Güleç, S., 2007. Sürdürülebilir Katı Atık Yönetimi ve Belediyelerde Yöneticilerin Katı Atık Yönetimiyle İlgili Tutum ve Düşüncelerinin Analizine Yönelik Bir Araştırma, Hacettepe Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi, Cilt:25, Sayı:1, 39-69.
- Ankara Büyükşehir Belediyesi, ABB, 2007. 2023 Başkent Ankara Nazım İmar Planı Açıklama Raporu, Ankara.
- Aslan, N., 2005. Analitik Network Prosesi, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Atmaca, E., 2004. Sivas İl Merkezi Katı Atık Yönetimin İrdelenmesi ve Yeniden Planlanması, Doktora Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas.
- Aydın, N., 2007. Katı Atık Yönetiminde Optimal Planlama için Bulanık Doğrusal Planlama Yaklaşımı, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Aytürk, S., 2006. Askeri Savunma Sistemlerinde Analitik Hiyerarşi ve Analitik Şebeke Prosesi ile Hafif Makineli Tüfek Seçimi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Bagchi, A., 2004. Design of Landfills and Integrated Solid Waste Management, J. Wiley, Hoboken, New Jersey, USA.
- Balaban, Y. ve Baki, B., 2010. Analitik Ağ Süreci Yaklaşımıyla En Uygun Katı Atık Bertaraf Sisteminin Belirlenmesi: Trabzon İli Örneği, Atatürk Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi, Cilt:24, Sayı:3, 183-192.
- Barış, N., Şimşek, C., Gündüz, O. ve Elçi, A., 2007. Cumaovası Yüzeysel Su Kalitesinin Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) İle Değerlendirilmesi, 7. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi Yaşam Çevre Teknoloji, İzmir, 229-237.
- Başılgil, H., Yetiz, E., Alcan, P. ve Özkır V., 2009. Application of Fuzzy AHP and Methods for Chemical Reactions in Nitrochlorobenzene Formation, Sigma Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi, 27, 177-189.
- Battal, E.R., 2011. Entegre Katı Atık Yönetimi Türkiye Uygulaması, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, Kocaeli.

- Beltran, P.A. Fernando, J.P.P. Garcia, F. ve Agullo, A.P., (2010). An Analytic Network Process Approach for Siting a Municipal Solid Waste Plant in the Metropolitan Area of Valencia (Spain), *Journal of Environmental Management*, 91, 1071–1086.
- Bilim, Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, BSTB, 2014. Ulusal Geri Dönüşüm Strateji Belgesi ve Eylem Planı 2014-2017, Ankara.
- Brunt, L.P., Dean, R.B. ve Patrick, P.K., 1995. Kompostlama, Katı Atık Yönetimi Çevre Mühendisleri Odası Yayını, Ankara, 37-77.
- Buenrostro, O., Bocco, G. ve Cram, S., 2001. Classification of Sources of Municipal Solid Wastes in Developing Countries, *Resources, Conservation and Recycling*, 32, 1 29-41.
- Bulut, K. ve Soylu, B., 2009. Öğretim Üyelerinin İş Yükü Seviyelerini Ölçmek İçin Bir Analitik Ağ Modeli Ve Mühendislik Fakültesinde Bir Uygulama, *Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 25, 150-167.
- Büyükbektaş, F. ve Varınca, K.B., 2010. Entegre Atık Yönetimi Kavramı ve AB Uyum Sürecinde Atık Çerçeve Yönetmeliği, 1-6.
- Çakır, S., 2001. Türk Kara Kuvvetleri Ana Muharebe Tankı Seçiminde Analitik Hiyerarşi Metodu ve Bulanık Kümeler, *Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul*.
- Çevre ve Orman Bakanlığı, ÇOB, 1991. Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, Ankara.
- Çevre ve Orman Bakanlığı, ÇOB, 2010. PCB Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Ankara.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, ÇŞB, 2011. Türkiye Çevre Durum Raporu-2011, Ankara.
- Çevre ve Şehircilik Bakanlığı, ÇŞB, 2014. Ankara İl Çevre Durum Raporu-2013, Ankara.
- Dağdeviren, M., Dönmez, N. ve Kurt, M., 2006. Bir İşletmede Tedarikçi Değerlendirme Süreci İçin Yeni Bir Model Tasarımı ve Uygulaması, *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 21, 247-255 .
- Demir, İ., Altınbaş, M. ve Arıkan, O., 1999. Katı Atıklar İçin Entegre Katı Atık Yönetimi Yaklaşımı, *Kent Yönetimi İnsan ve Çevre Sorunları Sempozyumu, İstanbul Büyükşehir Belediyesi, İstanbul, 17-19 Şubat*, 252-262.
- Erdinç, G. ve Varınca, K.B., 2007. Organize Sanayi Bölgelerinde Katı Atık Yönetimi ve Tuzla Mermerciler Organize Sanayi Bölgesi Örneği, *AB Sürecinde Türkiye’de Katı Atık Yönetimi ve Çevre Sorunları Sempozyumu (TÜRKAY 2007), İstanbul Lütfi Kırdar Uluslararası Kongre ve Sergi Sarayı, İstanbul, 28-31 Mayıs 2007*.
- Erdoğan, D., (2010). Belediye Atıkları Yönetiminde Biyometanizasyon Teknolojisi, *Sunu, Çevre ve Orman Bakanlığı, Atık Yönetimi Dairesi Başkanlığı, İstanbul*, 1-26.
- Erginel, N. ve Şentürk, S., 2011. Ranking of GSM Operators with Fuzzy ANP, *World Congress on Engineering (The 2011 International Conference of*

Computational Intelligence and Intelligent Systems-ICCIIS), Vol II, WCE 2011, London, U.K.

- Evren, R. ve Ülengin, F., 1992. Yönetimde Karar Verme, İTÜ Yayını, No.1478 İstanbul.
- Görener, A., 2009. Kesici Takım Tedarikçisi Seçiminde Analitik Ağ Sürecinin Kullanımı, Havacılık ve Uzay Teknolojileri Dergisi, Cilt 4, Sayı 1, 99-110.
- Güden, H.Ö., 2011. Amasya Merzifon Organize Sanayi Bölgesinde Endüstriyel Atık Yönetiminin İncelenmesi ve Çözüm Önerileri, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Hamoda, M.F., Abu Qdais, H.A. ve Newham, J., 1998. Evaluation of Municipal Solid Waste Composting Kinetics, Resources, Conservation and Recycling, 23, 4, 209-223.
- Hanan, D. Burnley, S. Cooke D., 2012. A Multi-Criteria Decision Analysis Assessment Of Waste Paper Management Options, Waste Management, 1-8.
- İnan, U.H., 2008. Kalite Yönetim Sistemlerinde Tetkik Performansının Bulanık Mantık ile Analitik Hiyerarşi Süreci ve Bulanık Analitik Ağ Süreci Kullanılarak Ölçülmesi, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Khan, S. ve Faisal, M. N., 2008. An Analytic Network Process Model for Municipal Solid Waste Disposal Options, Waste Management, 28, 1500-1508.
- Koroneos, C.J. ve Nanaki, E.A., 2012. Integrated Solid Waste Management and Energy Production – A Life Cycle Assessment Approach: The Case Study of the City of Thessaloniki, Journal of Cleaner Production 27, 141-150.
- Kulaç, A., 2006. Eskişehir Tepebaşı Belediyesi İçin Katı Atık Yönetim Sistemi Seçiminde Analitik Network Prosesi (ANP) Yaklaşımı, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Menikpura, S.N.M. Sang-Arun, J. Bengtson, M. (2013). Integrated Solid Waste Management: An Approach for Enhancing Climate Co-benefits Through Resource Recovery, Journal of Cleaner Production, 1-9.
- Muşdal, H., 2007. Tıbbi Atıkları İşleme ve Bertaraf Etme Teknolojisi Seçme Problemine Bulanık Analitik Hiyerarşi Prosesi ve Bulanık Analitik Ağ Prosesi Yaklaşımı, Yüksek Lisans Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul.
- Nemerow, L.N., Agardy, F.J., Sullivan P. ve Salvato J.A., (2009). Environmental Engineering, Environmental Health and Safety for Municipal Infrastructure, Land Use and Planning and Industry, Sixth Edition.
- Özdemir, A.H., 2010. Atık Yönetiminde Dış Kaynak Kullanımı ve Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Marmara Üniversitesi, İstanbul.
- Özden, Ü.H., 2008. Analitik Hiyerarşi Yönetimi ile İlkokul Seçimi, Marmara Üniversitesi İ.İ.B.F. Dergisi, 14, 299-320.
- Özgen, A. ve Tanyas, M., 2011. Joint Selection of Customs Broker Agencies and International Road Transportation Firms by a Fuzzy Analytic Network Pocess Approach, Expert Systems with Applications (ESWA), Issue 7, Volume 38, pp. 8251-8258.

- Öztürk, İ., Demir İ., Akgül, O., Yıldız, S., Özabalı, A. ve Tezer H., 2007. İstanbul için AB ile Uyumlu Entegre Katı Atık Yönetimi Stratejisi Planı, AB Sürecinde Türkiye'de Katı Atık Yönetimi ve Çevre Sorunları Sempozyumu, ss.240-256.Edition John Willey & Sons, Hoboken, New Jersey, USA.
- Palabıyık, H. ve Altunbaş, D., 2004. Kentsel Katı Atıklar ve Yönetimi, Çevre Sorunlarına Çağdaş Yaklaşımlar: Ekolojik, Ekonomik, Politik ve Yönetimsel Perspektifler, 103-124.
- Pires, A. Chang, N. ve Martinho, G., 2011. An AHP-based Fuzzy İnterval TOPSIS Assessment for Sustainable Expansion of the Solid Waste Management System in Setúbal Peninsula, Portugal, Resources, Conservation and Recycling 56, 7-21.
- Saaty, T. L., 1994. Fundamentals of Decision Making and Priority Theory with the Analytic Hierarchy Process, RWS Publications, Pittsburgh, USA.
- Saaty, T.L., 1996. The Analytic Network Process (2nd version), 4922 Ellsworth Avenue, PA 15213, 2001, Pittsburgh, USA.
- Sakai, S., Sawell, S.E., Chandler, A.J., Eighmy, T.T., Kosson, D.S., Vehlow, J., Slood, H.A., ve Hjelm, O., 1996. World Trends in Municipal Solid Waste Management. Waste Management, 16, 341.
- Sezer, K., 2011. Entegre Katı Atık Yönetimi ve Son Teknolojiler, İSTAÇ A.Ş., Sunu, Giresun Katı Atık Yönetimi Semineri, 10 Haziran, 1-69.
- Sezer, K., Yıldız, Ş., Saltabaş, F., Balahorlı, V., Yağmur, K., 2009. Organik Atıklardan Biyogaz Üretimi (Biyometanizasyon) Projesi – İstanbul Örneği, Yıldız Teknik Üniversitesi, Türkiye’de Katı Atık Yönetimi Sempozyumu, 15-17 Haziran, 1-8.
- Tavares, G., Zsigraiova, Z., ve Semiao, V., 2011. Multi-criteria GIS-based Siting of an Incineration Plant for Municipal Solid Waste, Waste Management, 31, 1960-1972.
- Tchobanoglous, G. Theisen, H. ve Eliassen, R., 1977. Solid Wastes: Engineering Principles and Management Issues, McGraw – Hill, 1055p, New York, USA.
- Tchobanoglous, G., Theisen, H. ve Vigil, S., 1993. Integrated solid waste management, First Edition, Mc Graw -Hill Book Company, New York, USA.
- Tekeş, M., 2002. Çok Ölçütlü Karar Verme Yöntemleri ve Türk Silahlı Kuvvetlerinde Kullanılan Tabancaların Bulanık Uygunluk İndeksli Analitik Hiyerarşi Prosesi ile Karşılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Temuçin, T., Tozan, H., Valicek, J. ve Harnicarova, M., 2012. A Fuzzy Based Decision Support Model for Non-traditional Machining Process Selection, The Proceedings, 170-175.
- Tezçakar, M. ve Can, O., 2011. Atıktan Enerji Eldesinde Termal Bertaraf Teknolojileri, Recydia A.Ş., 1-6.
- Tseng, M. L., 2009. Application of ANP and DEMATEL to Evaluate the Decision-Making of Municipal Solid Waste Management in Metro Manila Environmental Monitoring and Assessment, 156, 181-197.

- Tulun, Ş., 2013. Katı Atıkların Biyodrying (Biyo-Kurutma) Yöntemiyle Hacimlerinin Azaltılması, Yüksek Lisans Tezi, Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray.
- Türkmen, S. ve Taga, H., 2005. Engineering Geological Assessment of the Diyarbakır Solid Waste Landfill Site, Bulletin of Engineering Geology and the Environment, 64, 433-440.
- Uçar, M., 2012. Çok Kriterli Karar Verme Yöntemleri ile ERP Yazılımı Seçimi Yüksek Lisans Tezi, Hava Harp Okulu, İstanbul.
- Vargas, L.G., 1990. An Overview of the Analytic Hierarchy Process and Its Applications, European Journal of Operational Research, Vol.48, pp.2-8.
- Yaman, C., 2011. İstanbul'da Atık Yönetimi, Sunu, İstanbul Büyükşehir Belediyesi Çevre Koruma ve Kontrol Daire Başkanlığı, İstanbul, 1-30.
- Wagner, T. ve Arnold, P., 2008. A New Model for Solid Waste Management: an Analysis of the Nova Scotia MSW Strategy, Journal of Cleaner Production 16, 410-421.

İnternet Kaynakları

- URL-1<http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1027>, 10 Şubat 2015.
- URL-2<<http://www.turkiyerehberi.gen.tr/sehirler/ankara-haritasi>>, 10 Mayıs 2015.
- URL-3<<http://www.nufusu.com/il/ankara-nufusu>>, 18 Şubat 2015.
- URL-4<https://tr.wikipedia.org/wiki/Ankara_coğrafyası>, 12 Haziran 2015.
- URL-5<<http://www.karemaden.com.tr/ankdep.html> >, 16 Haziran 2015.
- URL-6<<https://tr.wikipedia.org/wiki/Ankara>>, 12 Haziran 2015.
- URL-7<<http://www.csb.gov.tr/file/atikyönetimi>>, 01 Ocak 2014
- URL-8<<http://www.muglayenigun.com/50-milyon-modern-tesis>>, 02 Temmuz 2015.
- URL-9<http://www.megametrik.com/enerji/biyokutle_biyogaz/>, 08 Temmuz 2015.
- URL-9< <http://www.superdecisions.com>>, 05 Mayıs 2014.

ÖZGEÇMİŞ

Adı ve Soyadı : Mustafa BAYHAN
Doğum Yılı : 1987
E-posta adresi : mustafabayhan@hotmail.com.tr

EĞİTİM BİLGİLERİ

Lisans : Harran Üniversitesi, Çevre Mühendisliği Bölümü (2011)
Yüksek Lisans : Aksaray Üniversitesi, Çevre Mühendisliği A.B.D. (2015)