



**SİVAS İL MERKEZİ  
KATI ATIK YÖNETİMİNİN  
İRDELENMESİ VE YENİDEN  
PLANLANMASI**

**Eyüp ATMACA**

**DOKTORA TEZİ**

**ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**2004**

**169949**

**149949**

**SİVAS İL MERKEZİ  
KATI ATIK YÖNETİMİNİN  
İRDELENMESİ VE YENİDEN  
PLANLANMASI**

**Eyüp ATMACA**

**DOKTORA TEZİ**

**ÇEVRE MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**2004**

**Danışman: Prof.Dr. Ali YILMAZ -CÜ Çevre Mühendisliği Bölümü**

*Bu tez Cumhuriyet Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyon Başkanlığı tarafından M- 206 nolu Doktora Tez Projesi ile desteklenmiştir.*

**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜ'NE**

Bu çalışma, jürimiz tarafından Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Doktora Tezi olarak kabul edilmiştir.

**Başkan :** Prof. Dr. Osman Nuri ERGUN

**Üye :** Prof. Dr. Ali YILMAZ

**Üye :** Prof. Dr. Hülya GÜLER

**Üye :** Yrd. Doç. Dr. Meltem SARIOĞLU CEBECİ

**Üye :** Yrd. Doç. Dr. Semra ÇORUH

**ONAY**

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

28.07/2004

**FENBİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRÜ**

Prof. Dr. Rauf AMİROV



Bu tez, Cumhuriyet Üniversitesi Senatosunun 05/01/1984 tarihli toplantısında kabul edilen ve daha sonra 30/12/1993 tarihinde Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'nce hazırlanan ve yayımlanan "Yüksek Lisans ve Doktora Tez Yazım Kılavuzu" adlı yönergeye göre hazırlanmıştır.

**İÇİNDEKİLER**

	<u>Sayfa</u>
ÖZET .....	iv
ABSTRACT .....	vi
TEŞEKKÜR .....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xi
1. GİRİŞ .....	1
1.1. Sorunun Tanımı .....	1
1.2. Çalışmanın Amacı .....	3
1.3. Çalışmanın Kapsamı .....	4
2. GENEL BİLGİLER.....	5
2.1. Katı Atıkların Tanımı.....	5
2.2. Katı Atıkların Sınıflandırılması.....	5
2.2.1. Kentsel katı atıklar.....	5
2.2.2. Endüstriyel atıklar.....	7
2.2.3. Tarımsal ve hayvansal atıklar.....	8
2.2.4. Tehlikeli atıklar .....	8
2.3. Kentsel Katı Atıkların Özellikleri.....	9
2.3.1. Fiziksel özellikler.....	9
2.3.1.1. Katı atıkların miktar ve özellikleri.....	9
2.3.1.2. Katı atıkların birim hacim ağılıkları.....	11
2.3.1.3. Katı atıkların nem içeriği.....	11
2.3.2. Kimyasal özellikler.....	12
2.3.2.1. Enerji içeriği.....	13
2.3.2.2. Kimyasal içeriği.....	13
2.4. Katı Atık Yönetimi.....	14
2.5. Katı Atıkların Uzaklaştırılması (Bertarafı).....	16
2.5.1. Düzenli depolama.....	17
2.5.1.1. Alan yöntemi.....	19
2.5.1.2. Hendek yöntemi.....	19
2.5.1.3. Çukur yöntemi.....	20
2.5.2. Yakma.....	21

	<u>Sayfa</u>
2.5.3. Kompostlaştırma.....	22
2.5.4. Piroliz.....	23
2.5.5. Geri kazanım.....	24
<b>3. SİVAS İL MERKEZİ GENEL ÖZELLİKLERİ.....</b>	<b>26</b>
3.1. Coğrafik Durum.....	26
3.2. Nüfus.....	26
3.3. Topoğrafik Durum.....	27
3.4. İklim.....	27
3.5. Akarsu ve Göller.....	28
3.6. Sanayi ve Teknoloji.....	28
<b>4. MATERYAL VE YÖNTEM.....</b>	<b>30</b>
4.1. Sivas İli Deponi Alanı Dolayının Çevre Jeolojisi.....	30
4.1.1. Sivas ili deponi alanı dolayının jeolojik ve hidrojeojik özellikleri ile ilgili çalışmalar.....	30
4.1.2. Sivas ili deponi alanının jeo-mühendislik özellikleri ile ilgili çalışmalar.....	31
4.2. Sivas İli Katı Atık Deponi Alanı Çöp Bileşimi İle İlgili Çalışmalar..	31
4.2.1. Örnekleme yöntemi.....	32
4.2.2. Madde grubu tayini.....	32
4.2.3. Analitik örneğin hazırlanması.....	33
4.2.4. Katı atık bileşimi ile ilgili deneyler.....	34
4.2.5. Katı atık miktarı ve çöp deponi alanının ömrü ile ilgili çalışmalar.....	34
4.3. Sızıntı Suyu ile İlgili Çalışmalar.....	35
<b>5. SİVAS İLİ DEPONİ ALANI DOLAYININ ÇEVRE JEOLJİSİ .....</b>	<b>37</b>
5.1. Deponi Alanı Dolayının Jeolojik Özellikleri.....	37
5.1.1 Stratigrafi.....	42
5.1.2. Tektonik.....	51
5.2. Deponi Alanı Dolayının Hidrojeolojik Özellikleri.....	54
5.2.1. Stratigrafik birimlerin hidrojeolojik özellikleri.....	54
5.2.2. Yeraltı ve yüzey sularının konumu.....	57
5.2.3. Çöp deponi alanı dolayının yeraltısuyu kalitesi.....	58
5.3. Deponi Alanı Dolayının Bazı Mühendislik Özellikleri.....	61

	<u>Sayfa</u>
5.3.1. Deponi alanı ve yakın dolaylarındaki zeminin tane boyu dağılımı.....	62
5.3.2. Deponi alanı zeminlerinin kıvam limitleri.....	67
5.3.3. Deponi alanı zeminlerinin geçirimsizlik özellikleri.....	71
5.4. Arazi Kullanım Durumu ve Öneriler.....	72
<b>6. SİVAS İLİ KATI ATIK DEPONİ ALANI ÇÖP BİLEŞİMİ VE MİKTARI İLE İLGİLİ ÇALIŞMALAR.....</b>	<b>74</b>
6.1. Çöp Bileşimi ile İlgili Çalışmalar.....	74
6.2. Katı Atık Miktarı ve Çöp Deponi Alanının Ömrü ile İlgili çalışmalar.....	80
<b>7. SIZINTI SUYU İLE İLGİLİ ÇALIŞMALAR.....</b>	<b>90</b>
<b>8. SİVAS İL MERKEZİ DEPONİ ALANININ YENİDEN PLANLANMASI..</b>	<b>112</b>
8.1. Mevcut Durum.....	112
8.2. Deponi Alanının Yeniden Planlanması.....	114
8.2.1. Giriş yolları ve iç trafik.....	115
8.2.2. Deponi alanı giriş yapıları.....	115
8.2.3. Deponi alanı çevre çiti.....	117
8.2.4. Sızıntı suyu kontrolü.....	119
8.2.5. Yüzey suyu boşalım kontrolü.....	121
8.2.6. Deponi alanında oluşacak biyogazın kontrolü.....	121
8.2.7. Deponi sahasının kapatılması.....	123
<b>9. TARTIŞMA VE SONUÇLAR.....</b>	<b>124</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>131</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>	<b>137</b>

**ÖZET****Doktora Tezi****SİVAS İL MERKEZİ KATI ATIK  
YÖNETİMİ'NİN İRDELENMESİ VE YENİDEN  
PLANLANMASI****Eyüp ATMACA****Cumhuriyet. Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Çevre Mühendisliği Anabilim Dalı****Danışman : Prof. Dr. Ali YILMAZ  
Yardımcı Danışman: Prof. Dr. Osman Nuri ERGUN**

Son yıllarda, ekonomik ve teknolojik gelişmelere koşut olarak, katı atık miktarı ve türü giderek artmaktadır. Ortaya çıkan atıklar, teknik ve hijyenik koşullara uygun olarak bertaraf edilmedikleri takdirde; hava, su ve toprak kirlenmesine neden olmaktadır. Dolayısıyla katı atıkların çevreye en az zarar verecek şekilde bertarafını sağlayacak yöntemlerin kullanılması gerekmektedir.

Katı atıkların uzaklaştırılmasında geçerli yöntemlerden biri, bu atıkların düzenli olarak deponi alanlarına boşaltılmasıdır. Deponi alanının yer seçimi ve planlaması doğru bir biçimde yapılmazsa, deponi alanlarının çevre üzerindeki olumsuz etkileri kaçınılmaz olarak ortaya çıkar. Dolayısıyla deponi alanının yer seçiminde ve planlamasında önemli bir yer tutan jeolojik, hidrojeolojik ve bazı mühendislik verilerinin de deponi alanı özelinde irdelenmesinde yarar vardır. Sunulan çalışmada, Sivas il merkezi deponi alanının jeolojik, hidrojeolojik ve bazı mühendislik özelliklerinin araştırılması, katı atık bileşimi ve özellikleriyle buna bağlı olarak en uygun bertaraf yönteminin belirlenmesi, deponi alanının işletilmesiyle ortaya çıkması olası çevresel etkilerin ve gerekli önlemlerin ortaya konulması amaçlanmıştır.

Deponi alanının yer olarak uygunluğu kapsamında; Sivas ili deponi alanı dolayının temel jeolojik, hidrojeolojik ve bazı mühendislik özellikleri deponi alanı özelinde güncelleştirilmiştir. Bu çalışmaların sonuçlarına göre , deponi alanının temelini oluşturan Oligo-Miyosen yaşlı karasal kırıntılı kayalar, heterojenliği nedeniyle birleştirilmiş zemin sınıflamasına göre SW (iyi derecelenmiş kum) ve ML (düşük plastisiteli inorganik silt) sınıflarına, Kuvaterner yaşlı alüvyon ve toprak örtü ise CL (düşük plastisiteli inorganik kil) sınıfına karşılık gelmektedir. Özellikle, Oligo-Miyosen



yaşlı karasal kayaların yeraltıları açısından sınırlı bir akifer niteliğinde olduğu belirtilebilir. Kuvaterner yaşlı örtü, ayrıca elek analizi sonuçlarına göre kum ve silt içeren killi bir zeminle temsil edilmekte ve bu zeminin ortalama likit limiti % 19.73 ve plastisite indisi % 15.39 olarak saptanmıştır. Diğer taraftan, zemini oluşturan Kuvaterner yaşlı örtünün geçirimsizlik katsayısının  $1.2 \times 10^{-6}$ - $3.11 \times 10^{-6}$  m/sn arasında değiştiği belirlenmiştir. Bu değer Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'nde öngörülen asgari  $1 \times 10^{-8}$  m/sn'lik geçirimsizlik katsayısı değerinden oldukça yüksektir.

Sivas il merkezi katı atık deponi alanının çevresel etkilerinin araştırılması kapsamında, sızıntı suyu ve Kızılırmak'tan alınan su örneklerinde pH, BOİ<sub>5</sub>, KOİ, TKN, CI, AKM, TKM, TUKM, ağır metaller, alkalinite ve EC analizleri yapılmıştır. Sızıntı suyunun özellikleri incelendiğinde atıksu altyapı tesislerine ve alıcı ortama deşarj standartlarının sağlanamadığı, ancak sızıntı suyunun Kızılırmak'a ulaştığında büyük bir seyrelmeye uğradığı belirlenmiştir. Kızılırmak'tan alınan örneklerde ise sızıntı suyunun Kızılırmak'ın debisinin düşük olduğu yaz dönemlerinde az da olsa etkisinin olduğu görülmektedir.

Katı atıkların özelliklerinin ve en uygun bertaraf yönteminin belirlenmesi için; katı atıkların bileşimi, nem içeriği, C/N oranı, ısı değeri gibi parametreler incelenmiş ve en uygun bertaraf modeli önerilmiştir.

Yukarıda sunulan temel özellikler ışığında, deponi alanı sızıntı sularının yeraltılarını sınırlı olarak da olsa kirletme potansiyeline sahip olduğu, deponi alanının 500 m güneybatısında akmakta olan Kızılırmak'ın ise gelecekte kirlenme riski altında olduğu görülmektedir. Buna göre, Sivas il merkezi katı atık yönetiminin planlanması kapsamında; deponi alanı zeminin Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'nde öngörülen bir kil katmanı ya da aynı özelliklere sahip yapay bir membranla örtülmesinde, sızıntı sularının ön arıtmayı takiben atıksu altyapı tesislerine taşınmasında, oluşan deponi gazının kontrolü için gaz bacalarının oluşturulmasında yarar vardır.

**Anahtar Kelimeler :** Sivas, Katı atıklar, Yer seçimi, Katı atık yönetimi, Sızıntı suyu,

Düzenli depolama

**ABSTRACT****Ph. D. Thesis****EXAMINATION AND REPLANNING OF SOLID  
WASTE MANAGEMENT OF SIVAS  
CITY CENTER****Eyüp ATMACA****Cumhuriyet University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Environmental Engineering****Supervisor: Prof. Dr. Ali YILMAZ  
Co-Supervisor: Prof. Dr. Osman Nuri ERGUN**

Parallel to the economical and technological developments in recent years, the amount and type of solid wastes generated have gradually been increasing. If the wastes that generated have not been disposed of under appropriate technical and hygienic conditions; it would cause air, water and soil pollution. Therefore, it becomes necessary to implement the methods that allow for solid waste removal to give minimal harm to the environment.

Among the currently employed methods of solid waste removal is the landfilling. If the planning and site selection of these landfill areas are not well organized, negative impacts would inevitable be observed on the environment. Thus, careful examination should be done regarding geological, hydro-geological and certain engineering data which have significant importance in the planning and site selection of landfill areas. In the study presented, the objective has been to present certain data specific to the geological, hydro-geological and certain engineering characteristics of the landfill area at the Sivas provincial center to determine the most appropriate specific method to the composition and characteristics of the solid waste. Furthermore, it was also aimed to find the environmental effects that appear from the management of such landfill areas as well as necessary precautionary measures that can be taken.

Towards finding the suitability of the landfill area; fundamental geological, hydro-geological and certain engineering characteristics were updated specific to the surroundings of the landfill area at the Sivas provincial center. From the results of these studies, in accordance with the unified soil classification, owing to the heterogeneity of the Oligo-Miocene terrestrial mented rock units forming the landfill area basement, it

falls under the equivalence of SW (well graded sand) and ML (low capacity inorganic silt) class, while Quaternary alluvium and the soil cover can be classified equivalent to CL (low plasticity inorganic clay). In particular, it may be said that the Oligo-Miocene terrestrial rock units show limited aquifer characteristics regarding underground water. Results of sieve analysis showed that the Quaternary cover represents a clay soil containing sand and silt and has an average liquid limit and plasticity index of 19.73 % and 15.39 % respectively. On the other hand, the Quaternary cover forming the soil was determined to have a permeability coefficient ranging between  $1.2 \times 10^{-6}$  –  $3.11 \times 10^{-6}$  m/s. This value is substantially higher in comparison to the recommended  $1 \times 10^{-8}$  m/s given in the Solid Waste Control Regulations.

Towards studying the environmental effects of the Sivas provincial center solid waste landfill area, samples taken from leachate and Kızılırmak River were subjected to pH, BOD<sub>5</sub>, COD, TKN, Cl<sup>-</sup>, suspended solids, total solids, total volatile solids, heavy metals, alkalinity and EC analysis. When examining the characteristics of the leachate, it was found that the wastewater infrastructure facilities and the receiving environment discharge standards had not been met, however, it was determined this leachate became rather diluted when finally arriving at the Kızılırmak River. From the sample taken from the Kızılırmak River, it was seen that the leachate had a slight effect during the river's dry weather flow in summer period.

Within the scope of determining the solid waste characteristics and most appropriate method of disposal; parameters such as solid waste composition, moisture content, C/N ratio and energy content were examined and the most appropriate method of disposal was proposed accordingly.

In the light of the above presented fundamental characteristics, it is seen that although slight, Sivas provincial center solid waste landfill area has the potential to pollute the underground water, and the Kızılırmak River flowing at a distance of 500 m southwest of the landfill area creates risk of pollution in the future. Accordingly, towards management of the Sivas provincial center solid waste landfill area and in accordance with the standards anticipated in the Solid Waste Control Regulations, it would be beneficial that a layer of clay or an artificial membrane should be laid; leachate could undergo primary treatment before being conveyed to the wastewater infrastructure facilities; and gas flues be fitted to control the landfill gases.

**Key Words:** Sivas, Solid wastes, Site selection, Solid waste management, Leachate, Sanitary landfill,

**TEŞEKKÜR**

Çalışma konusunun belirlenmesinden sonuçlandırılmasına kadar geçen süre içerisinde değerli önerileri ve eleştirileri ile beni yönlendiren, maddi, manevi katkılarını ve hoşgörüsünü hiçbir zaman esirgemeyen, Danışman Hocam Prof. Dr. Ali YILMAZ'a ve Yardımcı Danışman Hocam Prof. Dr. Osman Nuri ERGUN'a teşekkürü bir borç bilirim.

Zemin örneklerinin mühendislik özelliklerinin belirlenmesine ilişkin deneylerde ve değerlendirilmesinde katkı sağlayan Yrd.Doç. Dr. Işık YILMAZ ve Öğretim Görevlisi Zeki Ünal YÜMÜN'e, metal analizlerinin yapımında yardımcı olan başta Öğr.Gör.Dr. Nevzat BEYAZIT olmak üzere Ondokuz Mayıs Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü Öğretim Üyelerinden Yrd.Doç.Dr. Semra ÇORUH'a ve literatür temininde yardımcı olan Yrd.Doç.Dr. N.Gamze GÖKBULUT'a; katı atık bileşimi ile ilgili deneylerde yardımlarını esirgemeyen Uzman İbrahim KULAKSIZ'a; katı atık örneklerinin alınmasında ve laboratuvara getirilmesinde zaman ve emeğini esirgemeyen Sivas Belediyesi Temizlik İşleri Müdürlüğü elemanlarına sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmaları sırasında değerli öneri ve eleştirini esirgemeyen Prof. Dr. Mustafa DEĞİRMENCİ'ye, Prof.Dr. Hülya GÜLER'e ve Yrd.Doç.Dr. Orhan CERİT'e; deneysel çalışmalarım esnasında katkılarından dolayı Yrd.Doç.Dr. Bünyamin KARAGÖZOĞLU ve Yrd.Doç.Dr. Ulusoy BALI'ye; tüm çalışma dönemi içerisinde değerli öneri, eleştiri ve manevi destekleriyle katkıda bulunan Dr.Ahmet ALTIN'a ve Dr. Süreyya ALTIN'a teşekkürü bir borç bilirim.

Son olarak, eşim Çevre Mühendisi Ayla ATMACA'ya çalışma süresince gösterdiği ilgi ve sabır nedeniyle teşekkürlerimi sunarım.

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 2.1. Katı atık yönetimi ve unsurları.....	15
Şekil 2.2. Entegre katı atık yönetim akım diyagramı.....	17
Şekil 4.1. Düşen seviyeli permeabilite deney düzeneği.....	32
Şekil 4.2. Çöp bileşimi ile ilgili çalışmaların akım diyagramı.....	33
Şekil 5.1. Mühendislik jeolojisi ile hidrojeolojik verilerin derlendiği alanın bulduru haritası.....	38
Şekil 5.2. Sivas ili deponi alanı dolayının mühendislik jeolojisi haritası.....	39
Şekil 5.3. Sivas il merkezi çöp deponi alanı dolayının hidrografi haritası.....	41
Şekil 5.4. Sivas il merkezi deponi alanı dolayının genelleştirilmiş dikme kesiti.....	43
Şekil 5.5. Sivas il merkezi deponi alanı dolayının ayrıntılı jeoloji ve mühendislik haritası.....	45
Şekil 5.6. Sivas il merkezi deponi alanının Şekil 5.5'te sunulan haritada yer alan birimlerin ayrıntılı dikme kesiti.....	46
Şekil 5.7. Sivas il merkezi deponi alanı bölgesel enine kesiti ve derin yapılarla olası ilişkisi.....	47
Şekil 5.8. Sivas ili deponi alanının konuya özel jeoloji haritası.....	48
Şekil 5.9. Deponi alanı dolayının Şekil 5.8'de sunulan haritada yer alan birimlerin ayrıntılı dikme kesiti.....	49
Şekil 5.10. Deponi alanının ayrıntılı enine kesitleri.....	52
Şekil 5.11. Deponi alanının ayrıntılı boyuna kesitleri.....	53
Şekil 5.12. Sulama sularının sınıflandırılmasında kullanılan tuzluluk diyagramı.	61
Şekil 5.13. Deponi alanı zeminine ait örneklerle ilişkin elek analizi grafikleri.....	66
Şekil 5.14. Deponi alanı zeminine ait örneklerle ilişkin elek analizi ve kıvam limitleri deney sonuçlarına göre belirlenen zemin sınıfının konumu...	70
Şekil 5.15. Sivas ili deponi alanı dolayının arazi kullanım potansiyeli haritası.....	73
Şekil 6.1. Sivas il merkezi kentsel katı atık bileşiminin mevsimlere göre dağılımı.....	77
Şekil 6.2. Sivas il merkezi yiyecek atıklarının mevsimlere göre dağılımı.....	78
Şekil 6.3. Sivas il merkezinin gelecekteki nüfus tahmin grafiği.....	84
Şekil 7.1. Sivas çöp deponi alanı sızıntı suyunda BOİ <sub>5</sub> ve KOİ değerlerinin aylık değişimi.....	97
Şekil 7.2. Sivas çöp deponi alanı sızıntı suyunda BOİ <sub>5</sub> , KOİ, AKM, TKM, TUKM değerlerinin aylık değişimi.....	97

	<u>Sayfa</u>
Şekil 7.3. Sivas çöp deponi alanı sızıntı suyunda BOİ <sub>5</sub> /KOİ oranlarının aylık değişimi.....	101
Şekil 7.4. Sızıntı suyundaki BOİ <sub>5</sub> ve KOİ değerleri ile çöp içerisindeki yiyecek atıkları arasındaki ilişki.....	102
Şekil 7.5. Sızıntı suyundaki TUKM, BOİ <sub>5</sub> ve EC değerleri ile çöp içerisindeki yiyecek atıkları arasındaki ilişki.....	103
Şekil 7.6. Sivas çöp deponi alanı sızıntı suyu ve Kızılırmak'a deşarj öncesi sızıntı suyundaki BOİ <sub>5</sub> Değerlerinin Aylık Değişimi .....	105
Şekil 7.7. sivas çöp deponi alanı sızıntı suyu ve Kızılırmak'a deşarj öncesi sızıntı suyundaki KOİ değerlerinin aylık değişimi.....	105
Şekil 7.8. Sivas çöp deponi alanı sızıntı suyu ve Kızılırmak'a deşarj öncesi sızıntı suyundaki TKN değerlerinin aylık değişimi.....	105
Şekil 7.9. Sivas çöp deponi alanı sızıntı suyu ve Kızılırmak'a deşarj öncesi sızıntı suyundaki AKM değerlerinin aylık değişimi.....	107
Şekil 7.10. Sivas çöp deponi alanı sızıntı suyu ve Kızılırmak'a deşarj öncesi sızıntı suyundaki TKM değerlerinin aylık değişimi.....	107
Şekil 7.11. Sivas çöp deponi alanı sızıntı suyu ve Kızılırmak'a deşarj öncesi sızıntı suyundaki TUKM değerlerinin aylık değişimi.....	107
Şekil 7.12. Sivas çöp deponi alanı sızıntı suyu ve Kızılırmak'a deşarj öncesi sızıntı suyundaki alkalinite değerlerinin aylık değişimi.....	108
Şekil 7.13. Sivas çöp deponi alanı sızıntı suyu ve Kızılırmak'a deşarj öncesi sızıntı suyundaki alkalinite değerlerinin aylık değişimi.....	108
Şekil 7.14. Kızılırmak'ta deşarj noktası öncesi ve deşarj noktası sonrası BOİ <sub>5</sub> değerlerinin aylık değişimi.....	110
Şekil 7.15. Kızılırmak'ta deşarj noktası öncesi ve deşarj noktası sonrası KOİ değerlerinin aylık değişimi.....	110
Şekil 7.16. Kızılırmak'ta deşarj noktası öncesi ve deşarj noktası sonrası TKN değerlerinin aylık değişimi .....	111
Şekil 7.17. Kızılırmak'ta deşarj noktası öncesi ve deşarj noktası sonrası değerlerinin aylık TUKM değişimi.....	111
Şekil 8.1. Sivas kenti katı atıklarının depolanması sistemi.....	114
Şekil 8.2 Deponi alanı giriş yapıları.....	116
Şekil 8.3. Deponi alanı çevre drenaj hendeği ve çevre çiti kesiti.....	118
Şekil 8.4. Deponi alanı zemin geçirimsizlik sistemleri.....	120
Şekil 8.5. Düşey gaz drenaj borusu detayı.....	122

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 2.1. Kentsel katı atıkların kaynakları.....	6
Çizelge 2.2. Bazı ülkelerde kişi başına günde üretilen katı atık miktarı.....	10
Çizelge 2.3. Katı atıkların bileşiminin değişik ülkelerdeki dağılımı.....	10
Çizelge 2.4. Kentsel katı atık bileşiminin düşük,orta ve yüksek gelir seviyesine sahip ülkelerdeki dağılımı.....	11
Çizelge 2.5. Kentsel katı atık bileşenlerinin birim hacim ağırlıkları ve nem içerikleri.....	12
Çizelge 2.6. Kentsel katı atıkların enerji içeriği ve kimyasal bileşimine ait tipik değerler.....	13
Çizelge 2.7. Katı atık bertaraf yöntemlerinin çeşitli ülkelerdeki dağılımı.....	18
Çizelge 2.8. Çeşitli atık materyallerin üretimde yeniden kullanılması halinde, kaynaklarda olabilecek tasarrufların %'de dağılımı.....	25
Çizelge 3.1. Sivas'ın 1927-2000 yılları arasındaki nüfusunda meydana gelen değişimler.....	26
Çizelge 3.2. Sivas ilinde sanayi kuruluşlarının sektörsel dağılımı .....	29
Çizelge 5.1. Çöp deponi alanı dolayında açılmış olan kuyuların ve bu kuyulardan alınan su örneklerinin özellikleri.....	59
Çizelge 5.2. Suların tuzluluk ve sodyum miktarına göre sınıflandırılması.....	60
Çizelge 5.3. Deponi alanı zeminine ait örneklere ilişkin elek analizi sonuçları..	63
Çizelge 5.4. Deponi alanı zeminine ait örneklere ilişkin likit limit sonuçları ve grafikleri.....	67
Çizelge 5.5. Deponi alanı zeminine ait örneklere ilişkin plastik limit değerleri..	69
Çizelge 5.6. Deponi alanı zeminine ait örneklere ilişkin kıvam limitleri deney sonuçları ve belirlenen zemin sınıfları.....	70
Çizelge 5.7. Deponi alanı zeminine ait geçirimsizlik katsayısı ölçüm sonuçları..	71
Çizelge 5.8. Çeşitli zeminler için ortalama k değerleri.....	71
Çizelge 6.1. Sivas il merkezi katı atık bileşiminin aylara göre değişimi.....	75
Çizelge 6.2. Sivas il merkezi katı atık bileşiminin mevsimlere göre dağılımı	76
Çizelge 6.3. Sivas ve bazı illerdeki katı atık bileşiminin % dağılımı.....	78
Çizelge 6.4. Sivas kenti organik içerikli katı atıklarının özellikleri.....	79
Çizelge 6.5. Sivas il merkezi nüfus sayım sonuçları.....	80
Çizelge 6.6. Sivas il merkezinin gelecekteki nüfus tahmin sonuçları.....	83

	<u>Sayfa</u>
Çizelge 6.7. İller bankası yöntemindeki nüfus verilerine göre depolanacak olan katı atıklar için gerekli hacim.....	86
Çizelge 6.8. Lineer regrasyon yöntemindeki nüfus verilerine göre depolanacak olan katı atıklar için gerekli hacim.....	88
Çizelge 7.1. Sivas kenti çöp deponi alanı Ocak ayı sızıntı suyu ölçüm sonuçları.....	91
Çizelge 7.2. Sivas kenti çöp deponi alanı Şubat ayı sızıntı suyu ölçüm sonuçları.....	91
Çizelge 7.3. Sivas kenti çöp deponi alanı Mart ayı sızıntı suyu ölçüm sonuçları.....	92
Çizelge 7.4. Sivas kenti çöp deponi alanı Nisan ayı sızıntı suyu ölçüm sonuçları.....	92
Çizelge 7.5. Sivas kenti çöp deponi alanı Mayıs ayı sızıntı suyu ölçüm sonuçları.....	93
Çizelge 7.6. Sivas kenti çöp deponi alanı Haziran ayı sızıntı suyu ölçüm sonuçları.....	93
Çizelge 7.7. Sivas kenti çöp deponi alanı Temmuz ayı sızıntı suyu ölçüm sonuçları.....	94
Çizelge 7.8. Sivas kenti çöp deponi alanı Ağustos ayı sızıntı suyu ölçüm sonuçları.....	94
Çizelge 7.9. Sivas kenti çöp deponi alanı Eylül ayı sızıntı suyu ölçüm sonuçları.....	95
Çizelge 7.10. Sivas kenti çöp deponi alanı Ekim ayı sızıntı suyu ölçüm sonuçları.....	95
Çizelge 7.11. Sivas kenti çöp deponi alanı Kasım ayı sızıntı suyu ölçüm sonuçları.....	96
Çizelge 7.12. Sivas kenti çöp deponi alanı Aralık ayı sızıntı suyu ölçüm sonuçları.....	96
Çizelge 7.13. Sivas kenti katı atık deponi alanı sızıntı suyu özelliklerinin aylık değişimi.....	98
Çizelge 7.14. Bazı illerde tanımlanmış düzenli depolama sızıntı suyu değerleri	99
Çizelge 7.15. Atıksuların atıksu altyapı tesislerine deşarjında öngörülen atıksu Standartları.....	100
Çizelge 7.16. Katı atık değerlendirme ve bertaraf tesislerinin alıcı ortama deşarj standartları.....	101
Çizelge 7.17. Deşarj öncesi sızıntı suyunun özelliklerinin aylık değişimi.....	104



	<u>Sayfa</u>
Çizelge 7.18. Sızıntı suyu ve deşarj öncesi sızıntı suyu özelliklerinin aylık değişimi.....	106
Çizelge 7.19. Kızılırmak'ın deşarj noktası öncesi ve deşarj noktası sonrası özelliklerinin aylık değişimi.....	109
Çizelge 9.1. Deponi alanı zeminine ait örneklerin jeolojik, hidrojeolojik ve bazı mühendislik özelliklerine göre varılan sonuçlar.....	125



## 1. GİRİŞ

### 1.1. Sorunun Tanımı

Tüm dünyada insan sağlığını olumsuz yönde etkileyen ve kimi zaman ulaştığı felaket boyutları ile toplumların yaşamını tehdit eden çevre sorunlarından biri de katı atıklardır.

Son yıllarda yerleşim birimlerindeki faaliyetler ve endüstriyel kaynaklardan oluşan katı atıkların çevreyi kirletmeden uzaklaştırılması için çağdaş yöntemler geliştirilmiş ve batılı ülkeler başta olmak üzere dünyanın pek çok yerinde yaygın olarak uygulanmaya başlanmıştır.

Diğer gelişmekte olan ülkelerde olduğu gibi ülkemizde de katı atıklara ve bunlardan kaynaklanan sorunlara gereken önem verilmemektedir. Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'nin 14 Mart 1991 tarihinde yayınlanmış ve yürürlüğe girmiş olmasına karşın, günümüz Türkiye'sinde birkaç il merkezi dışında tüm yerleşim birimlerinde kentsel ve endüstriyel katı atıklar tehlikeli atıklarla birlikte ya "çöplük" olarak bilinen alanlara gelişi güzel dökülmekte, ya da doğrudan göl, deniz ve akarsu yatakları gibi doğal ortamlara verilmektedir. Ülkemizde halen 2000'in üzerinde çöplük olduğu bilinmektedir.

Katı atıkların denetimsiz olarak doğaya atılması sonucu oluşan çöplüklerden kaynaklanan önemli çevre sorunları; sızıntı suları ve dağılan çöpler nedeniyle yeraltı ve yerüstü su kaynaklarının kirlenmesi, toprak kirlenmesi, organik maddelerin ayrışması ile oluşan hoş olmaya kokular, gazlar, partiküller ve kimi yangınlarla havanın kirlenmesi, bu alanlarda üreyen ve beslenen sinek, kuş, kemiriciler ve diğer fauna ile çeşitli bulaşıcı hastalıkların insanlara taşınmasıdır (Tchobanoglous ve diğerleri, 1993; Ergun ve diğerleri, 1998; Sorgun, 1988). Katı atıklar yoluyla 20 çeşit hastalığın fareler ve sineklerle taşınıp bulaştığı bilinmektedir. Sinekler çok çabuk ve fazla üreme kabiliyetine sahiptir. 1 dm<sup>3</sup> çöplükte 2500 sinek üreyebilir ve bunlar dizanteri gibi pek çok salgın hastalığı taşıyabilir.

Katı atık deponi alanlarındaki en önemli sorunlardan biri de ortaya çıkan sızıntı sularıdır. Sızıntı suları bileşenlerini üç grupta toplamak mümkündür. Bunlarda birincisi; deponi sahalarında aerobik ve anaerobik ayrışmalar sırasında oluşan sızıntı suyu, ikicisi; deponi sahasına dökülen ve sıkıştırılan katı atığın su içeren bileşiklerinin sıkıştırılmasından oluşan sızıntı suyu, üçüncüsü; deponi sahası yüzeyine düşen yağışların denetim altına alınmamışsa, deponi sahası kaya birimlerinden geçerek oluşturduğu sızıntı suyudur. Katı atık deponi sahalarındaki sızıntı suyu miktarı; boşaltılan atığın nem içeriği, nihai üst örtü tabakasının geçirimsizlik derecesi, iklim koşulları, yüzey suyu denetimi ve

deponi yaşı gibi faktörlere bağılı olarak değişmektedir (Chan ve diğerleri, 2002; Ress ve diğerleri, 1998). Sızıntı suyunun yüksek miktarda oksijen ihtiyacı ve ağır metal içeriği uzun sürede alıcı ortamın kalitesinin bozulmasına neden olmaktadır. Bu sorunlar alıcı ortamda anoksik ve aneorobik durumların oluşmasına, balıkların ölmesine ya da kirliliğe maruz kalmasına, alıcı ortamın su temini için kullanılması durumunda kalitenin bozulmasına neden olur bir (Korfmacher, 1997; Döngen, 1998). Dolayısıyla, sızıntı suyu öncelikle yeraltı ve yüzeysel su kaynaklarına karışmadan toplanmalı ve uygun arıtma yöntemleri kullanılmalıdır.

Metan gazı, atmosferde % 0.00022 oranında bulunan ve sera etkisi yapan bir gazdır. Bu gazın karbondioksite göre sera etkisi daha fazla olup renksiz, kokusuz ve zehirleyici olmayan yanıcı bir özelliğindedir. Hafif bir uyuşukluk yapmakta ve özellikle % 50'lik derişimlerinden sonra yüksek anestezi özelliği ortaya çıkmaktadır (Gönüllü, 1999). Metan gazı yayılması sonucu deponi alanı üstünde ve dolayındaki bitki köklerinin oksijen almaması nedeniyle, bitkilerin gelişmediği bilinen bir gerçektir. Hava içindeki metan derişimi % 5-15 arasında olduğunda patlama riski doğmaktadır. Bu tür mevcut patlama olayları, çöp deposu üstünde veya yakınındaki bina bodrumlarında gaz birikmesi sonucu meydana gelmektedir.

Enerji, hammadde kıtlığı ve çevre kirliliği günümüzün başlıca sorunları olarak değerlendirilmektedir. Bu sorunların çözümünde, bu güne kadar izlenen yöntem "çöp" olarak nitelendirilen bir çok maddeden gerek üretim sırasında, gerekse tüketim sonrasında en üst düzeyde ve en verimli biçimde yararlanmaktır. Demir, çelik, bakır, kurşun, kağıt, plastik, cam gibi maddelerin geri kazanılması ve tekrar kullanılması doğal kaynakların tüketilmesini önleyecek, kullanılan enerjiden büyük ölçüde tasarruf sağlayacak, katı atık miktarında önemli ölçüde azalma sağlayacak ve dolayısıyla deponi alanının ömrünü uzatacaktır (Kaseva ve diğerleri, 2002; Diamadopoulus ve diğerleri, 1995).

Gelişmiş ülkelerde "Katı Atık Yönetimi" kavramı uzun yıllar süren çabalar sonucu etkin bir şekilde yerleşmiş ve uygulamaya konulmuş olduğundan, katı atık hizmetleri açısından temel sağlık ve çevre sorunlarının denetimi, en uygun bir düzeyde çözümlenmiştir. Gelişmekte olan ülkeler ise, kentleşme sorunlarının tüm sıkıntılarını çekmekte ve yüksek nüfus yoğunluklarından dolayı bunlara yeterli çözüm sağlamak için gerekli mali kaynaklardan yoksun bulunmaktadır. Mevcut kaynakların kıtlığı ve kentsel çevrenin kalitesinin yükseltilmesi gereksinimi, verimli bir katı atık yönetiminin önemini göstermektedir.

Ülkemizde düzensiz bir şekilde işletilen deponi alanlarından biri olan Sivas il merkezi deponi alanı, Sivas'ın doğusunda, Sivas-Erzincan karayolunun yaklaşık 15.km'sinde, Seyfe beli dolayında Kızılırmak'a doğru açılan bir vadide yer almaktadır.

Sivas çöp deponi alanına taşınan atıklar, burada belli bir süre için katı atıkları toplama yetkisini alan firmanın işçileri tarafından son ayıklama-geri kazanma işlemine tabii tutulmaktadır. Son derece sağlıksız bir şekilde çalışan, hijyenik kuralların hiç birine uyulmayan, sigorta gibi garantisi olmayan bu işçiler "götürü usulü" ile topladıkları maddelerin miktarına göre bir ücret almaktadır.

Sivas'ta katı atıkların uzaklaştırılması için kullanılan yöntem "gelişigüzel atma" veya "vahşi depolama" olarak adlandırılabilir. Katı atıklar, hastane atıkları ve sahihsiz köpekler belediyenin çöp atma amacıyla ayırdığı sahaya getirilmekte ve burada hiçbir hijyenik önlem alınmadan atılıp terk edilmektedir. Bu çöp yığınının üstünde hayvanlar beslenmektedir. Çöplerin altında oluşan ve kirletme gücü evsel atıksuların 200 katı kadar olan sızıntı suyu dereden akarak doğrudan Kızılırmak'a boşalmaktadır. Ayrıca, çöplerin anaerobik ayrışması sonucunda oluşan metan gazı yaz aylarında 2-3 ay, yer yer tutuşmakta ve çöpler yanarak hava kirliliğine neden olmaktadır.

## 1.2. Çalışmanın Amacı

Katı atıklar, artan nüfus, sanayileşme ve kentleşme nedeniyle toprak, hava ve su kirliliği açısından önemli çevre sorunlarından biri haline gelmiştir. Özellikle uygun bertaraf yöntemi ve yer seçimi yapılmaması durumunda bu sorun ciddi boyutlara ulaşmaktadır. Bu nedenle sunulan çalışmada, Sivas il merkezi katı atık yönetiminin irdelenmesi kapsamında;

- Dört yıldır kullanılmakta olan deponi alanının jeolojik, hidrojeolojik ve bazı mühendislik özelliklerini inceleyerek, deponi yeri olarak uygun olup olmadığının ortaya konulması
- Çöp deponi alanının çevresel etkileri ile ilgili olarak, sızıntı suyu özelliklerini irdelerek sızıntı sularının yeraltı sularına ve Kızılırmak'a etkisinin araştırılması
- Katı atık bileşimi ve özelliklerini araştırarak en uygun bertaraf yönteminin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Sonuç olarak, elde edilen verilere göre deponi alanının yeniden planlanmasına çaba gösterilecektir.

### 1.3. Çalışmanın Kapsamı

Deponi alanının yer seçimi ve planlaması doğru bir biçimde yapılmazsa, deponi alanlarının çevre üzerindeki olumsuz etkileri kaçınılmaz olarak ortaya çıkar. Dolayısıyla deponi alanlarının yer seçiminde ve planlamasında önemli bir yer tutan jeolojik, hidrojeolojik ve bazı mühendislik verilerinin de deponi alanı özelinde irdelenmesinde yarar vardır. Sunulan çalışmada, Sivas ili deponi alanı dolayının temel jeolojik, hidrojeolojik ve bazı mühendislik özellikleri, deponi alanı özelinde güncelleştirilmiş ve ortaya çıkan eksiklikler de giderilmiştir. Deponi alanı dolayının bazı mühendislik özellikleri kapsamında, zeminin tane boyu dağılımı, elek analizi, kıvam limitleri ve geçirimsizlik deneyleri yapılmıştır. Ayrıca çöp deponi alanının taşkın analizi yapılmış ve katı atık deponi alanı dolayındaki yeraltısuyu kalitesi araştırılmıştır.

Katı atık deponi alanının çevresel etkileri ile ilgili olarak; sızıntı suyu özellikleri, sızıntı sularının yeraltularına etkileri olup olmayacağı ve Kızılırmak'a etkisinin araştırılması amacıyla, sızıntı suyundan, Kızılırmak'a deşarj öncesi sızıntı suyundan ve ayrıca Kızılırmak'tan deşarj noktası öncesi ve sonrası su örnekleri alınmıştır. Laboratuvara getirilen bu örneklerde pH, biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ<sub>5</sub>), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), toplam kjeldahl azotu (TKN), askıda katı madde (AKM), toplam katı madde (TKM), toplam uçucu katı madde (TUKM), Alkalinite, Klorür, Elektriksel iletkenlik ölçümleri yapılarak sızıntı suyu özellikleri ve Kızılırmak'a olan etkisi araştırılmıştır.

Katı atık bileşimi ve özellikleri ile ilgili olarak, bir yıl süre ile haftada bir çöp deponi alanından katı atık örneği laboratuvara getirilmiş, katı atıkların özellikleri belirlenmiş, atıkların aylara göre değişimi izlenmiş ve elde edilen veriler ışığında en uygun bertaraf yöntemi belirlenmiştir. Bu kapsamda, ayrıca katı atık deponi alanının hacmi ve ömrü de hesaplanarak, yeniden planlama evresinde gözetilmesi gereken önlemler ortaya konulmuştur.

## **2. GENEL BİLGİLER**

### **2.1. Katı Atıkların Tanımı**

Katı atıklarla ilgili olarak bir çok tanım yapılmış olmakla birlikte en genel anlamda; insanların sosyal ve ekonomik faaliyetleri sonucunda işe yaramaz hale gelen ve akıcı olabilecek kadar sıvı içermeyen her türlü madde ve malzemeyi “ katı atık” olarak tanımlamak mümkündür. Ev, sokak, park, okul ve hastane gibi yerlerden toplanan süprüntü ve çöpler; ticari, tarımsal ve endüstriyel faaliyetler sonucu ortaya çıkan katı atık ve artıklar ile su ve atıksu arıtım tesislerinde üretilen çamurlar bu tanıma dahildir (TÇSV, 1995).

14 Mart 1991 tarihli Resmi Gazete’de yayımlanan “Katı Atık Kontrolü Yönetmeliği”nde ise katı atıklar; üreticisi tarafından atılmak istenen ve toplumun huzuru ve özellikle çevrenin korunması bakımından, düzenli bir şekilde uzaklaştırılması gereken katı maddeleri ve arıtma çamuru şeklinde tanımlanmaktadır.

### **2.2. Katı Atıkların Sınıflandırılması**

Katı atıkların türleri ve kaynakları, katı atıkların toplanması, taşınması ve bertaraf edilmesi açısından önem taşımaktadır. Katı atıkların türleri ve kaynakları bölgenin sosyal, ekonomik ve kültürel yapısına bağlı olarak değişmekle birlikte, katı atıkları genel olarak kentsel katı atıklar, endüstriyel atıklar, tarımsal ve hayvansal atıklar ve tehlikeli atıklar olarak dört grupta incelemek mümkündür.

#### **2.2.1. Kentsel katı atıklar**

Katı atıkların çok büyük bir bölümünü kentsel katı atıklar oluşturmaktadır. Kentsel katı atıklar, evsel atıklar, ticari ve kurumsal atıklar, park, bahçe ve pazar yeri atıkları, inşaat, yıkım ve hafriyat atıkları, arıtma tesisi atıkları ve hastane atıklarından kaynaklanmaktadır (Buenrosto ve diğerleri, 2001). Tchobanoglous ve diğerlerine (1993) göre kentsel katı atıkların kaynakları Çizelge 2.1’de verilmiştir.

#### ***Evsel atıklar***

Evsel atıklar, yerleşim bölgelerinden kaynaklanmakta ve genellikle yiyecek ve diğer atıklardan (pet şişe, kağıt, karton, plastik vb.) oluşurlar. Yiyecek atıkları yemek hazırlama, pişirme ve yeme işlemleri sonucunda ortaya çıkan ve sebze, meyve, artık yemek, ekmek gibi bileşenleri içerirler.

Çizelge 2.1. Kentsel katı atıkların kaynakları (Tchobanoglous ve diğerleri,1993).

Kaynaklar	Atıkların üretildiği yerler ve faaliyetler	Katı atık türleri
Yerleşim yerleri	Müstakil konutlar, düşük, orta ve yüksek 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 restorasyonu 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

Yiyecek atıkları organik yapıda olduklarından kolayca ayrışabilir özelliğe sahiptirler. Bu özelliklerin yanısıra kısa sürede koku oluşturmaları katı atık toplama sisteminin tasarımını ve işletilmesini önemli ölçüde etkiler (Toprak, 1998). Evsel atıkların bünyesinde, özellikle kış mevsiminde bol miktarda kül ve cüruf gibi maddelerde bulunmaktadır. Isınma ve diğer amaçlar için kullanılan kömür, odun gibi yakacakların son ürünleri genelde ince pudralı yapıya sahip kül ve klinkerleri içerir.

#### *Ticari ve kurumsal atıklar*

Bunlar her türlü atölye, imalathane, satış mağazaları, gıda pazarları, oteller, lokantalar, yemekhane ve kantinler, benzinci, küçük sanayi, esnaf, bankalar, bürolar gibi işyerlerinde oluşurlar. Genellikle evsel katı atık özelliğindedirler. Ancak kaynağına göre, mutfak atığı, kağıt veya ambalaj yoğunluk göstermektedir. Bileşim oranları büyük farklılıklar gösterir. Bunlar genellikle evsel katı atıklarla birlikte toplanıp bertaraf edilebilirler.

#### *Park, bahçe ve pazar yeri atıkları*

Park bahçe yeşil alan ve pazar yerlerindeki genellikle organik atıkları içermektedir. Bunlar, bitki, çiçek, ağaçların bakımları sırasında kesilen ve sökülen, toplanan bitki ile yapraklar, sebze ve meyve atıklarından oluşmaktadır. Genelde organik yapıda olduklarından kompostlaştırılabilir veya kuruduktan sonra yakılabilirler. Ancak yanlış bir uygulama olarak yakma işlemi basit ve denetimsiz olarak toplandığı yerde yapılmaktadır. Dolayısıyla bu durumda tam yanma sağlanmadığından önemli bir hava

kirliliği ortaya çıkmaktadır. Bu gibi katı atıkların düzenli olarak bertaraf edilmeleri gerekmektedir.

### ***İnşaat, yıkım ve hafriyat atıkları***

Yeni inşaatlar, eski yapıların yıkılması, restorasyon ve onarım işlemleri, yeni caddelerin açılması veya eskilerin genişletilmesi gibi çalışmalar sonucu oluşan atıklardır (Ergun,2001).

Bu atıklar genellikle katı atık olarak algılanmakla birlikte, işletme atığı olarak değerlendirilmek durumundadırlar. Ancak diğer katı atıklarla birlikte giderilmeyip, inorganik yapıda olduklarından ayrı basit fakat düzenli depolanmaları gerekmektedir. Enkazın bünyesinde metal ve tahta parçaları bulunabilir. Ancak bunlar ülkemizde işçiliğin ucuz olması nedeniyle genelde daha yıkım yerinde eskici ve hurdacılar tarafından ayıklanarak değerlendirilmektedir.

### ***Aritma tesisi atıkları***

Su, atıksu ve endüstriyel atık arıtma tesislerinden ortaya çıkan ve yarı katı atıklardır. Bu atıkların özellikleri her bir arıtma sürecine bağlı olarak değişiklik gösterir. Endüstriyel atıksu arıtımında meydana gelen çamurlar başta olmak üzere bazı çamurlar tehlikeli atık kapsamına dahil edilebilir (Ergun, 2001).

### ***Hastane atıkları***

Hastane atıkları özel ve tehlikeli atıklar sınıfına sokulmaktadır. Bu atıklar bol miktarda enfekte atıklar içerir. Serum hortumları ve şişeleri, ameliyat atıkları, pamuk, bez gibi maddelerin ayrı toplanıp ya çöp deponi alanında kireç yataklarına gömülmesi ya da özel yakma tesislerinde yakılmaları gerekir.

### **2.2.2. Endüstriyel atıklar**

Tüm endüstri tesisleri ile çeşitli imalathanelerde ortaya çıkan istenmeyen nitelikteki katı madde ve çamurlar “endüstriyel katı atıklar” olarak tanımlanmaktadır (TÇSV, 1995). Bu tür atıklar üç grupta incelenebilir.

-Evsel nitelikte; büro, kantin ve süprüntü atıkları

-Satın alma ve satış bölümlerinden gelen iri hacimli ambalaj ve paketleme atıkları

-Üretimden gelen, üretime yönelik atıklar; Bunlar hammadde atıkları ara ürünler, kimyasal maddeler, döküm kumları, uçucu kül ve cüruflardır. Gerek atıldıkları anda,



gerekse zaman içinde insan ve diğer canlılar için tehlike yaratabilecek özellikler taşıyan her tür biyolojik, kimyasal, toksik, yanıcı, parlayıcı ve radyoaktif katı atıklar; mezbahaneler, et kombinaları ve diğer yiyecek endüstrilerinde üretilen kokuşabilir nitelikteki atıklar bu gruba dahildir.

### 2.2.3. Tarımsal ve hayvansal atıklar

Bu tip atıklar çiftliklerden, tarlalardan ve diğer zirai alanlardan kaynaklanır. Tavuk, koyun ve inek çiftliklerinin atıkları, hayvan dışkı ve atık saman bakımından oldukça zengindir. Bu tür atıklar, besi çiftliklerinden kaynaklanan hayvan leşlerini de içermektedir. Kentsel katı atık akımı ve yerel yönetimler açısından en fazla sorun oluşturan tarımsal ve hayvansal atık türü ise yerleşim alanlarına yakın bölgelerde kurulu besi çiftliklerinde ortaya çıkmaktadır.

### 2.2.4. Tehlikeli atıklar

Tehlikeli atıklar derişimi, niteliği, kimyasal ve bulaşıcı olma özellikleri nedeniyle tedavisi mümkün olmayan hastalıkların ve ölüm oranlarının artmasına sebep olan veya önemli oranda katkıda bulunan bir katı atık veya katı atık bileşimi ile arıtma, depolama, taşıma ve uzaklaştırma işlemleri uygun bir şekilde yapılmadığında çevre ve insan sağlığı üzerinde potansiyel bir tehlike yaratan atıklardır (EPA, 1991). Bu tanım katıları işaret etmesine karşın, sıvı ve gazları da içermektedir. Ülkemizde geçerli olan Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'ne göre tehlikeli atıklar; patlayıcı, parlayıcı, kendiliğinden yanmaya müsait, suyla temas halinde parlayıcı gazlar çıkaran, oksitleyici, peroksit içerikli, zehirli, korozif, hava ve su ile temasında toksik ve ekotoksik özellik taşıyan ve tehlikeli olduğu onaylanan atıklar olarak tanımlanır.

Tehlikeli atıkların yasal olarak tanımlanmasında kullanılan geçerli yöntemlerden biri de "içeren liste" yaklaşımıdır. "İçeren listeler" Belçika, Danimarka, Fransa, Almanya, Hollanda, İsveç, İngiltere ve Amerika Birleşik Devletleri gibi bir çok ülkede kullanılmaktadır. Bu listeler belirli endüstrilerden kaynaklanan bazı atıkları, özel bileşenli olan atıkları veya süreçleri ile tanımlanmış belirli atık akımlarını içerir. Tehlikeli olarak ele alınan tüm bileşik veya karışımlar listeye alınır. Diğer bir deyimle listede belirtilenlerin tümü tehlikeli atık sınıfına girer. Listelerde bulunmasa bile tutuşabilirlik, koroziflik, reaktiflik, zehirlilik özelliği gösteren atıklar da tehlikeli atık olarak adlandırılırlar (EPA,1990).

Tehlikeli atıkların oluşumunun ve sınır ötesine taşınmasının önlenmesi ya da en aza indirilmesi amacıyla, ülkemiz 20-22 Mart 1989 tarihlerinde Basel sözleşmesini imzalamıştır. Tehlikeli atıkların açık bir listesini içeren ve Basel sözleşmesi esas alınarak hazırlanan “Tehlikeli Atıkların Kontrolü yönetmeliği” ise 27 Ağustos 1995 tarih ve 22387 sayılı resmi gazetede yayımlanarak yürürlüğe girmiştir.

### **2.3. Kentsel Katı Atıkların Özellikleri**

#### **2.3.1. Fiziksel özellikler**

Katı atıkların fiziksel özellikleri ile ilgili veriler, katı atıkların toplanması ve taşınmasındaki ekipmanların seçilmesinde ve işletilmesinde, enerji dönüşümünde, geri kazanılabilir maddelerle ilgili çalışmalarda, uygun bertaraf yönteminin seçimi ve tasarımında önemli bir parametredir (Tchobanoglous ve diğerleri, 1993).

##### **2.3.1.1. Katı atıkların miktar ve özellikleri**

Uygun bertaraf yöntemini belirleyebilmek için özellikle katı atıkların bileşimi belirlenmelidir. Katı atıkların bileşimi ve miktarı bunların oluştuğu yere, mevsime, halkın yaşam biçimine, sosyal düzeye, ekonomik yapıya, beslenme alışkanlıklarına, atıklarla ilgili bazı yasalara ve atıkların geri kazanılabilirliğine bağlı olarak değişim göstermektedir (Ergun, 2001; Benitez ve diğerleri, 2003; Malgorzata, 2001). Fakat üretilen katı atık miktarını ve bileşimini etkileyen en önemli parametreler nüfus ve yaşam standardıdır (Daskalopoulos ve diğerleri, 1998).

Sosyo-ekonomik koşulların ve yaşam standartlarının olumlu yönde değişimine koşut olarak üretilen katı atık miktarı da zamanla artmaktadır. Örneğin Meksika’da üretilen katı atık miktarı 1975’de 0.68 kg/kişi/gün iken, 1999’da 1.33 kg/kişi/gün’e (Benitez ve diğerleri, 2003), İstanbul’da ise 1979’da 0.72 kg/kişi/gün iken, 1987’de ise 1.18 kg/kişi/gün’e yükselmiştir (Curi, 1990).

Katı atıkların miktarı ve özellikleri ülkeden ülkeye değiştiği gibi, aynı ülkede, bölgeden bölgeye, hatta aynı şehirde semtten semte değişmektedir. Ülkemizde kişi başına üretilen katı atık miktarı 0.95 kg/kişi/gün iken bu değer Avrupa ülkelerinde 1.5-2 kg/kişi/gün, ABD’de 2.17 kg/kişi/gün’dür (Çizelge 2.2). Ülkemizde bu değer, çok değişken olup bazı kırsal kesimlerde 0.25 kg/kişi/gün’e yaklaşırken, bazı yerleşim yerlerinde 2-3 kg/kişi/gün’e kadar çıkmaktadır.

Çizelge 2.2. Bazı ülkelerde kişi başına günde üretilen katı atık miktarı (Daskalopoulos ve diğerleri, 1998; Benitez ve diğerleri, 2003; Metin ve diğerleri, 2003, Gökbulut, 1997).

Ülke	Katı atık miktarı (kg/kişi/gün)
Gelişmiş ülkeler	
ABD	2.17
İngiltere	1.37
Orta gelir düzeyli ülkeler	
Meksika	1.33
Türkiye	0.95
Singapur	0.87
Düşük gelir düzeyli ülkeler	
Endonezya	0.56
Pakistan	0.55
Hindistan	0.51

Katı atıkların bileşimi, katı atık akımını oluşturan özel maddelerin karışım içerisindeki dağılımının genelde % ağırlık olarak ifadesidir. Kentsel katı atıkların içindeki her bir madde grubunun % olarak dağılımı yöreye, mevsime, ekonomik koşullara bağlı olarak değişmektedir. Kentsel katı atık bileşiminin bazı ülkelerdeki dağılımı Çizelge 2.3'de ülkelerin gelişmişliğine bağlı olarak dağılımı ise Çizelge 2.4'de verilmiştir.

Çizelge 2.3. Katı atık bileşiminin değişik ülkelerdeki % olarak dağılımı (Subramanian, 2000; El-Fadel ve diğerleri, 2002; Sikalidis ve diğerleri, 2002; Malgorzata, 2001; Demir ve diğerleri, 1999).

Ülke	Kağıt/ Karton	Plastik	Cam	Metal	Organik	Tekstil	Diğerleri
Avusturya	21.9	9.8	7.8	5.2	29.8	2.2	23.3
Belçika	30.0	4.0	8.0	4.0	45.0	-	9.0
Bulgaristan	8.6	6.9	3.8	6.0	36.7	-	39.2
Fransa	31.0	10.0	12.0	4.8	25.0	4.0	12.0
Almanya	17.9	5.4	9.2	3.2	44.0	-	20.3
İtalya	23.0	7.0	6.0	3.0	47.0	-	14.0
Portekiz	23.0	4.0	3.0	4.0	60.0	-	6.0
İspanya	20.0	7.0	8.0	4.0	49.0	1.6	10.4
İngiltere	34.8	11.3	9.1	7.3	19.8	2.2	10.0
İsveç	44.0	7.0	8.0	4.0	49.0	1.6	10.4
Yunanistan	24.0	14.0	8.0	4.0	40.0	3.0	7.0
Polonya	19.0	14.0	8.0	4.0	31.0	-	24.0
Amerika	31.1	12.3	6.0	5.8	14.0	4.4	26.4
Lübnan	12.57	11.69	2.3	3.71	64.5	0.69	4.54

Çizelge 2.4. Kentsel katı atık bileşiminin, düşük, orta ve yüksek gelir seviyesine sahip ülkelerdeki % olarak dağılımı (Tchobanoglous ve diğerleri, 1993).

Madde grupları	Düşük gelirli ülkeler	Orta gelirli ülkeler	Gelişmiş ülkeler
Yiyecek atıkları	40-85	20-65	6-30
Kağıt/karton	1-10	8-30	20-45
Plastik	1-5	2-6	5-15
Tekstil	1-5	2-10	2-8
Deri	1-5	1-4	1-4
Bahçe art., Odun	1-5	1-10	1-4
Cam	1-10	1-10	4-12
Metaller	1-5	1-5	2-8
Toz, kül, vb.	1-40	1-30	0-10

### 2.3.1.2. Katı atıkların birim hacim ağırlıkları

Katı atıkların birim hacim ağırlıkları oluştukları yere, mevsime, nüfusun sosyal ve ekonomik yapısına, çöp toplama araçlarının niteliklerine, depolama sahasının uzaklığına bağlı olarak değişmektedir (Peavy ve diğerleri, 1985). Gelişmiş ülkelerdeki katı atıklar düşük, az gelişmiş ülkelerdeki katı atıklar yüksek birim hacim ağırlığına sahiptir. Bunun nedeni gelişmiş ülkelerdeki atıklarda kağıt, cam, plastik ve metal gibi geri kazanılabilir atıkların çok olması, az gelişmiş ülkelerde ise yiyecek atıkları ile kül, çürük gibi maddelerin fazla olmasıdır. Katı atıkların birim hacim ağırlıkları gevşek veya sıkışık olma durumuna bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle katı atıkların birim hacim ağırlığı belirtilirken, sıkıştırılmış, konteynırdaki doğal hali, ya da gevşek gibi terimler kullanılmalıdır (Tchobanoglous ve diğerleri, 1993). Katı atık bileşenlerinin tipik birim hacim ağırlıkları Çizelge 2.5’de verilmiştir.

### 2.3.1.3. Katı atıkların nem içeriği

Katı atıkların nem içeriği yaş veya kuru maddenin birim ağırlığı başına nem ağırlığı olarak ifade edilir (Peavy ve diğerleri, 1985) Katı atıkların nem içeriğinin bilinmesi diğer bertaraf yöntemlerinde olduğu gibi özellikle yakma tesislerinin tasarımı ve işletilmesi için son derece önemli bir fiziksel parametredir. Klasik çöp deponi alanları atık içerisinden sızan nem miktarını minimize etmek için planlanır. Fakat biyo-reaktör deponilerde biyolojik bozunmayı artırmak için nem içeriğini belirli bir düzeyde tutmak gerekir. Bu amaçla gerekirse su veya sızıntı suyu resirküle edilir (Gawande ve diğerleri, 2003). Kentsel katı atık bileşenlerinin nem içeriğine ait değerler Çizelge 2.5’de verilmiştir.

Katı atıklarda yaş kütlede nem içeriği;

Nem içeriği (%) =  $\left(\frac{a-b}{a}\right) 100$  formülü ile hesaplanabilir. Burada;

a = Örneğin başlangıçtaki ağırlığı

b = Örneğin kurutulduktan sonraki ağırlığı

Katı atık gereçlerinin kuru ağırlığını bulmak için numune 24 saat 77°C'de kurutulur. Bu sıcaklık ve zaman, maddelerin tamamen dehidrate olması ve uçucu maddelerin buharlaşmasını engellemek için kullanılır (Ergun,2001).

Çizelge 2.5. Kentsel katı atık bileşenlerinin birim hacim ağırlıkları ve nem içerikleri (Peavy ve diğerleri, 1985).

Madde grupları	Birim hacim ağırlığı (kg/m <sup>3</sup> )		Nem içeriği (%)	
	Değer aralığı	Tipik değer	Değer aralığı	Tipik değer
Yiyecek atıkları	120-480	290	50-80	70
Kağıt	30-130	85	4-10	6
Karton	30-80	50	4-8	5
Plastik	30-130	65	1-4	2
Tekstil	30-100	65	6-15	10
Lastik	90-200	130	1-4	2
Deri	90-260	160	8-12	10
Bahçe atıkları	60-225	105	30-80	60
Odun	120-320	240	15-40	20
Çeşitli organikler	90-360	240	10-60	25
Cam	160-480	195	1-4	2
Teneke kutular	45-160	90	2-4	3
Demir olmayan metaller	60-240	160	2-4	2
Demirli metaller	120-1200	320	2-6	3
Kül, tuğla ve diğerleri	320-960	480	6-12	8

### 2.3.2. Kimyasal özellikler

Katı atıkların işlem ve geri kazanım seçeneklerinin belirlenebilmesi açısından kimyasal bileşiminin belirlenmesi gerekir. Katı atıklar yakıt olarak kullanılacaksa aşağıdaki dört temel özellik bilinmelidir (Peavy ve diğerleri, 1985).

-Ön analiz ( bir saat süre ile 105 °C'de kurutma sonucunda nem içeriği, 950 °C'de yakma sonucunda uçucu madde içeriği, yakma sonucunda kalıntı kül ve kalan sabit karbon miktarı)

-Külün ergime noktası; katı atıklardaki ergime noktası 1100-1200 °C

-Nihai analizler; katı atıkların nihai analizleri kül, kükürt (S), azot (N), hidrojen (H) ve karbon'un (C) yüzde olarak belirlenmesini kapsar ve kentsel katı atıklardaki organik maddelerin kimyasal bileşimini karakterize etmek için kullanılır.

-Isıl değer (enerji içeriği)

### 2.3.2.1. Enerji içeriği

Enerji içeriği birim kütle için tamamıyla yakılabilmesi için gerekli olan ısı miktarıdır (Abu-Qudais ve diğerleri, 2000). Kentsel katı atıklardaki organik maddelerin enerji içeriği laboratuvarında Kalorimetre ile veya atığın nihai analiz sonuçları biliniyorsa aşağıdaki denklem kullanılarak hesaplama ile bulunabilir (Peavy ve diğerleri, 1985)

$$\text{Enerji içeriği (kj/kg)} = 337C + 1428(H - O/8) + 9S \quad (2.1)$$

C: karbon, % H: Hidrojen, % O: oksijen, % S: kükürt, %

Laboratuvarında kalorimetre ile elde edilen enerji içeriği ölçüm sonuçları kuru bazda olup, ham örneğin enerji içeriğini elde etmek için aşağıdaki denklemler kullanılır.

$$\text{kj/kg (kuru bazda)} = \text{kj/kg ham örnek} \left( \frac{100}{100 - \%nem} \right) \quad (2.2)$$

$$\text{kj/kg (külsüz bazda)} = \text{kj/kg ham örnek} \frac{100}{100 - \%nem - \%kül} \quad (2.3)$$

### 2.3.2.2. Kimyasal içeriği

Kentsel katı atıkların tipik kimyasal özellikleri ve enerji içerikleri Çizelge 2.6'da verilmiştir. Katı atık örneğinin ısı değeri mevcut değilse yukarıdaki eşitlik (2.1) kullanılarak ısı değeri teorik olarak hesaplanabilir.

Çizelge 2.6. Kentsel katı atıkların enerji içeriği ve kimyasal bileşimine ait tipik değerler (Peavy ve diğerleri, 1985).

Bileşenler	Kuru bazda kütle (%)						Enerji içeriği kj/kg (ham örnek)	
	C	H	O	N	S	Kül	Değer aralığı	Tipik değer
Yiyecek	48,0	6,4	37,6	2,6	0,4	5,0	3500-7000	4650
Kağıt	43,5	6,0	44,0	0,3	0,2	6,0	11600-18600	16750
Karton	44,0	5,9	44,6	0,3	0,2	5,0	13950-17450	16300
Plastik	60,0	7,2	22,8	—	—	10,0	27900-37200	32600
Tekstil	55,0	6,6	31,2	4,6	0,2	2,5	15100-18600	17450
Lastik	78,0	10,0	—	2,0	—	10,0	20900-27900	23250
Deri	60,0	8,0	11,6	10,0	0,4	10,0	15100-19800	17450
Bahçe atıkları	47,8	6,0	38,0	3,4	0,3	4,5	2300-18600	6500
Ahşap	49,5	6,0	42,7	0,2	0,1	1,5	17450-19800	18600
Değişik organikler	48,5	6,5	37,5	2,2	0,3	5,0	11000-26000	18000
Toz, kül, vb.	26,3	3,0	2,0	0,5	0,2	68,0	2300-12800	10500

#### 2.4. Katı Atık Yönetimi

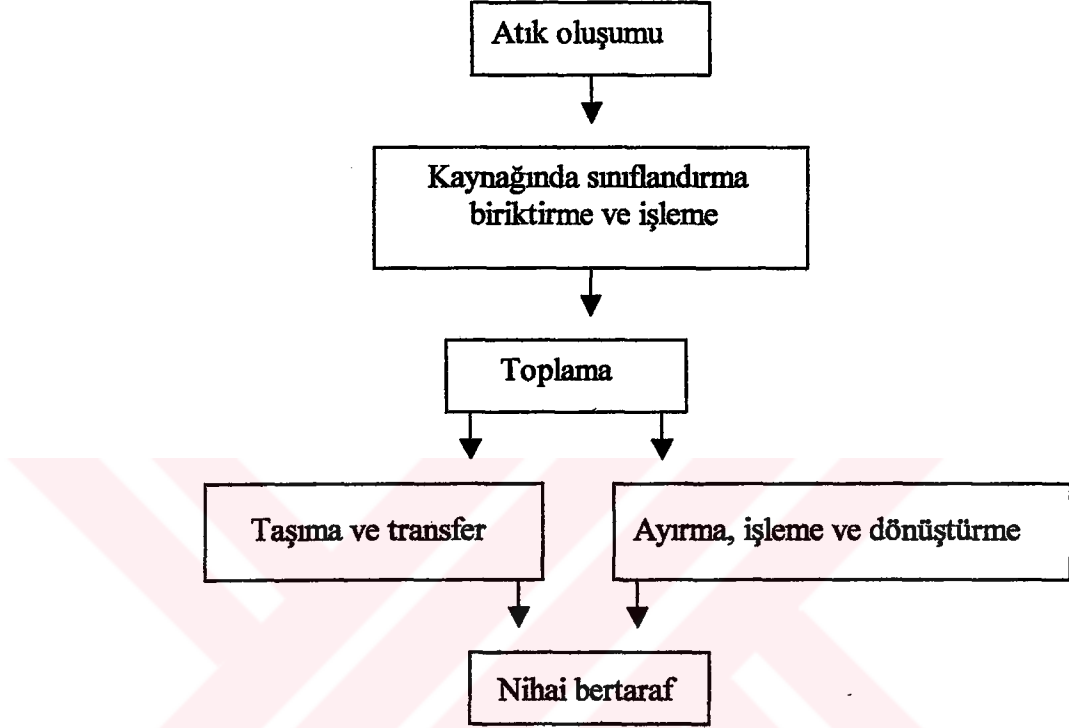
Katı atıkların oluşturduğu kirliliğe ilişkin potansiyel risklerin her geçen gün artması sonucu doğal kaynakların da giderek azalması, katı atık yönetiminin karmaşık bir yapı kazanmasına yol açmıştır. Katı atık yönetimi ile ilgili bir çok tanım yapılmış olmakla birlikte, genel anlamda katı atık yönetimi; her türlü katı atık yada artığın toprağa, suya ve havaya zarar vermeden, hayvan ve bitki türlerini, doğal zenginlikleri ve ekolojik dengeyi bozmadan sağlıklı koşullarda toplanması, taşınması, depolanması ve en kısa sürede arıtılması ya da uzaklaştırılması amacı ile verimli ve ekonomik bir hizmet düzeninin belirlenmesi, uygulanması ve geliştirilmesidir (Ergun, 2001).

Gelişmiş ülkelerde katı atık yönetimi kavramı etkin bir şekilde yerleşmiş ve uygulamaya konulmuş olduğundan katı atık hizmetleri açısından temel sağlık ve çevre sorunlarının denetimi optimum bir düzeye kadar çözümlenmiştir. Bu ülkeler halihazırda, kullanılan kaynakların geri kazanılması konularında ileri düzeyde çalışmalar yapmaktadırlar. Atık toplama ve işleme teknolojileri oldukça gelişmiş olup, endüstrileri yeterli sayıda araç ve gereçler üretmektedir. Ayrıca halk mevcut sistem ile iyi bir işbirliği içindedir. Teknik eğitim için, oturmuş etkin kurumların yanısıra, özellikle araç, gereçlerin ve işgücünün verimli gelişmesini sağlayan zengin bir literatür vardır. Bu duruma karşılık, ülkemizde de olduğu gibi gelişmekte olan bir çok ülke, kentleşme sorunlarının tüm sıkıntılarını çekmekte, yüksek nüfus yoğunluklarından dolayı bunlara yeterli çözüm sağlamak için gerekli mali kaynaklardan yoksun bulunmaktadır. Mevcut kaynakların kıtlığı ve kentsel çevrenin kalitesinin yükseltilmesi gereksinimi, verimli bir katı atık yönetiminin önemini göstermektedir (Sorgun, 1988). Verimli bir katı atık yönetimi

- Atık oluşumu
- Kaynakta sınıflandırma, biriktirme, ayıklama ve işleme
- Toplama
- Taşıma ve transfer
- Ayrırma, işleme ve dönüştürme
- Nihai bertaraf olmak üzere altı temel unsur içermektedir.

Bu temel unsurlar arasındaki ilişkiler Şekil 2.1'de sunulmuştur. Burada sunulan yaklaşım klasik bir yaklaşım biçimi olup, atık yönetimi günümüzde ise üretim kademesinden itibaren başlamaktadır. Üretim ve tüketim kademelerinde az atık oluşturan teknolojiler gelişmekte ve uygulanmaktadır. Üretimden nihai bertarafa kadar yönetim akım diyagramı (Şekil 2.2), bir katı atık yönetim sisteminin teknik ve ekonomik bakımdan yapılabilir olması, her bir aşamasının bir önceki ve bir sonraki işlemlerle uyumlu olarak, entegre bir

sistem tasarımıyla mümkündür. Bu tasarımın temel değerlendirme faktörleri; teknik yapılabilirlik, ekonomik yapılabilirlik ve sosyal yapılabilirliktir (Alpan, 1998).



Şekil 2.1 Katı atık yönetimi ve unsurları (Peavy ve diğerleri, 1985).

Teknik açıdan verimli bir katı atık yönetim sisteminin yapılabilirliğinde aşağıdaki parametreler göz önüne alınmalıdır.

-Mevcut durumun belirlenmesi; nüfus, katı atık miktarı, katı atıkların niteliği, katı atıkların ısıl değeri, uzaklaştırma şekli, iklim koşulları, topografya, jeolojik yapı, su ve hava kalitesi standartları, tarım arazilerinin durumu gibi fiziksel parametreler.

-Geleceğe yönelik tahminler; katı atık miktar ve özelliklerinde olabilecek değişimler ve gelişmeler

-Biriktirme ve toplama seçenekleri; katı atık içerisinde geri kazanılabilir malzemelerin ekonomik olarak toplanabilir miktarda olup olmadığı ve toplama yöntemleri (kaynakta ayrı veya karışık toplama) ile değerlendirme sistemi ortaya konulmalıdır. Kaynağında değerlendirilebilecek atıklar belirlenmeli ve bunlar için uygun değerlendirme yöntemleri planlanarak, halka uygulama aşamasında gerekli eğitim ve bilinçlendirme kazandırılmalıdır. Bu uygulamaya örnek, kağıt ve ambalaj (PET, plastik, cam, alüminyum ve metal) malzemelerinin ayrı toplanmasıdır. Ayrı toplama bağımsız birimlerde her evde yeterli miktarda geri kazanılabilir malzeme olması halinde her evden



ayrı olarak veya sokağa konulan yeterli sayıdaki ve büyüklükteki konteynırlar ile yapılabilir. Toplama işlemi için ayrı toplama yapılıp yapılmaması ve ayrı toplama halinde atıkların kaç grupta toplanacağına bağlı uygun büyüklükte ve bölmede araç seçimi yapılmalıdır. Katı atık üretim ve bertaraf tesisleri arasındaki mesafenin uzaklığına bağlı olarak transfer istasyonlarının gerekliliği araştırılmalı ve uygun şekilde projelendirilmelidir (Demir ve diğerleri, 1999).

-Ayrırma, işleme, dönüştürme ve nihai bertaraf; toplanan katı atıkların toplandıktan sonra ayrırma, işleme ve dönüştürme işlemlerinden geçirildikten sonra nihai bertarafının yapılması gereklidir.

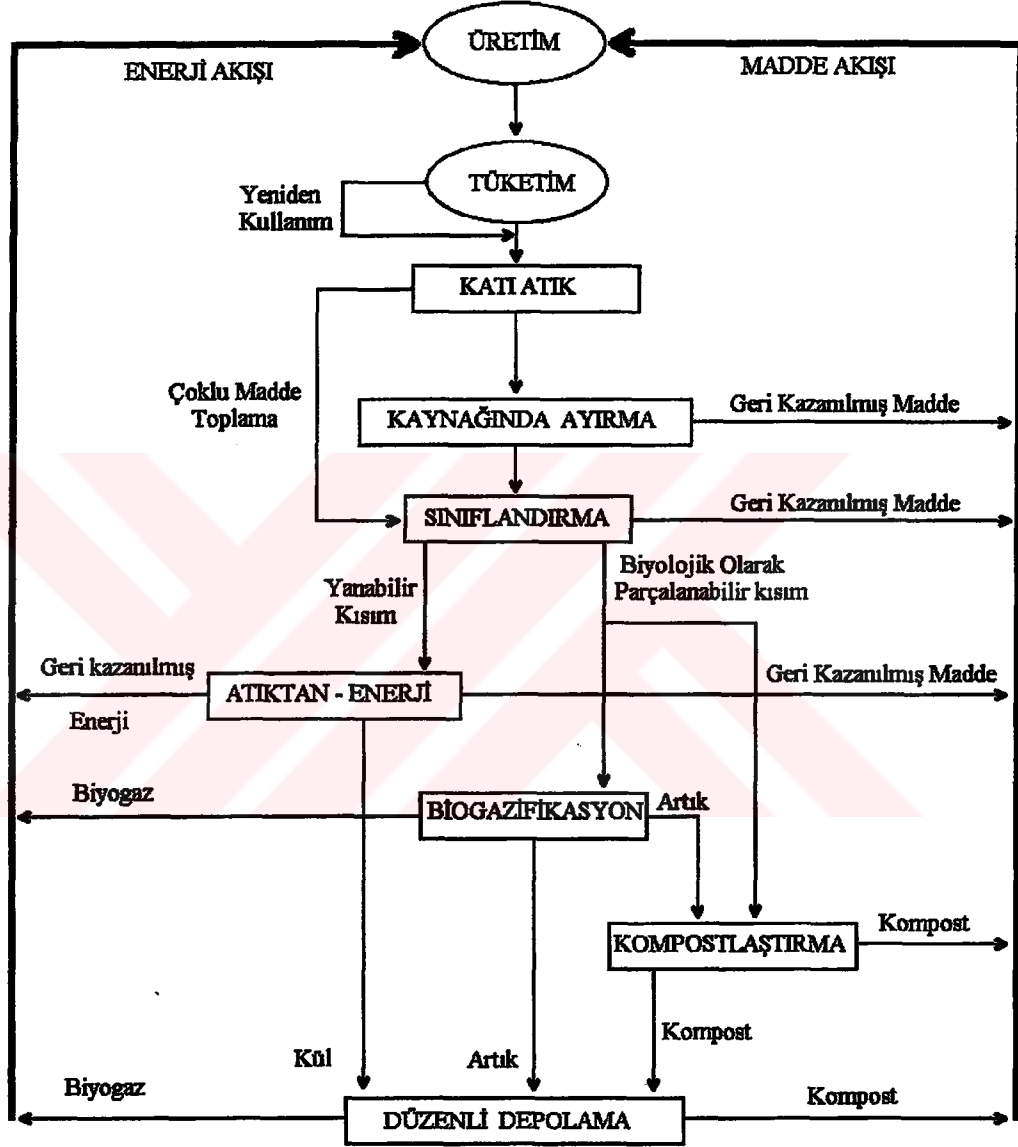
Ekonomik yapılabilirliğe bakıldığında; ikincil malzeme pazarı, enerji talebi ve enerji fiyatları, toprak zenginleştirme maddelerine talep gibi faktörler etkili olmaktadır. Unutulmaması gereken nokta, katı atık bertaraf işlemlerinde kâr beklenmeyeceğidir. Ayrıca mali açıdan ise; sistemin kurulup işletilmesinde belediyenin öz kaynakları, çevre temizlik vergisinden gelen gelirler, devletin doğrudan katkısı, geri kazanılan malzeme ve üretilen enerjiden elde edilecek gelirler, dış finansman, atık hizmetlerinin ücretlendirilmesi, atık hizmetlerinin özelleştirilmesi, yap-işlet-devret gibi farklı seçenekler değerlendirilmelidir (Alpan, 1998).

Sosyal açıdan yapılabilirlik; hane halkı, sanayi ve tedavi kurumları, diğer işyerleri, belediye ve diğer kamu kuruluşları gibi gerçek ve tüzel kişiler arasındaki ilişki biçimine, sistemde kendilerine ilişkin görev ve sorumlulukları ne şekilde üstleneceklerine ve başarabileceklerine, diğer bir ifadeyle toplumun eğitim düzeyine ve kültürel yapısına dayanmaktadır.

## **2.5. Katı Atıkların Uzaklaştırılması (Bertarafı)**

Toplum, katı atıklara hiçbir şekilde gözden uzak tutulması ve bir şekilde elden çıkarılması gereken maddeler olarak bakmamalıdır. En az bu bakış açısı kadar yanlış olan bir diğer yaklaşım da çöplerin esasen çok değerli bir kaynak olduğu görüşüdür. Soruna en gerçekçi yaklaşım, katı atık uzaklaştırma işlemlerinin mümkün olan en az maliyet ile yapılması gereken önemli bir toplum hizmeti olduğudur. Bunun için, atıklar etkin yöntemler ile toplanmalı ve taşınmalı, geri kazanılması ekonomik olan madde grupları alındıktan sonra geri kalan uygun teknikler kullanılarak zararsız hale getirilmelidir (TÇSV, 1995). Günümüz katı atık yönetiminde düzenli depolama, kompostlaştırma, yakma ve geri kazanım en çok kullanılan yöntemlerdir. Bu yöntemlerin tamamı gelişmiş ülkelerde çözüm olarak önerilmektedir. Fakat bu yöntemlerden hiç biri tek başına çözüm

değildir. Yakma ve kompostlaştırma işlemlerinden sonra geride sabit madde kalmaktadır. Bu atıkların da düzenli depolanması zorunludur (Ashford ve diğerleri, 2000).



Şekil 2.2. Entegre katı atık yönetim akım diyagramı (Demir ve diğerleri, 1999).

### 2.5.1. Düzenli depolama

Düzenli depolama, evsel, ticari ve bazı endüstriyel arıtma çamurları gibi katı atıkların uygun bir arazide denetimli, düzenli ve sağlık koşullarına uygun bir şekilde uzaklaştırılması faaliyetidir.

Düzenli depolama (sanitary landfilling) terimi oldukça sık kullanılan Amerikan terimidir. İngilizler genellikle kontrollü döküm (controlled tipping) terimini, Almanlar ise

deponi terimini kullanmaktadır. Bu terimlerin hepsi aynı faaliyeti, yani çöplerin arazide denetimli ve düzenli bir şekilde depolanmasını ifade etmektedir (Sorgun, 1988).

Düzenli depolama farklı miktar, tür ve bileşimdeki katı atıklar için en esnek ve ekonomik yöntem olması nedeniyle, Amerika ve diğer ülkelerde en çok kullanılan yöntemlerden biridir (Tchabanoglous ve diğerleri,1993; Clarke ve diğerleri, 1999). Katı atık uzaklaştırma yöntemlerinin çeşitli ülkelerdeki sayısal değerleri Çizelge 2.7’de verilmiştir.

Çizelge 2.7. Katı atık bertaraf yöntemlerinin çeşitli ülkelerdeki % olarak dağılımı  
(Clarke ve diğerleri, 1999).

Ülkeler	Düzenli depolama	Yakma	Kompostlama	Geri kazanım
Amerika	67	16	2	15
İngiltere	90	8	0	2
Almanya	46	36	2	16
Fransa	45	42	10	3
İtalya	74	16	7	3
Kanada	80	8	2	10
Hollanda	45	35	5	16
Belçika	43	54	0	3
Avusturya	65	11	18	6
Portekiz	85	0	15	0
Danimarka	29	48	4	19
Finlandiya	83	2	0	15
Norveç	67	22	5	7
İrlanda	97	0	0	3
Lüksemburg	22	75	1	2

Düzenli depolama yönteminin diğer avantajları; çok sık rastlanılmayan gereçler ve iri hacimli parçaların bir operasyonla sıkıntıya sebep olmadan depolanabilmesi, kapatılan deponi alanlarının park ve oyun yeri, golf sahası gibi amaçlarla kullanımlar için ıslah edilebilir olmasıdır.

Düzenli depolama yönteminin dezavantajları ise;

-Kalabalık yerlerde ekonomik taşıma mesafesi içinde uygun yer bulmak zor olabilir.

-Büyük alanlara gereksinim duyulmaktadır.

-Tamamlanmış deponi alanları, göçük ve yerel çökmeler olabileceğinden, devamlı bakım gerektirir.

-Sıvı ve gaz sızıntıları denetlenemezse sakıncalı durumlar ortaya çıkarabilir. Ayrıca özellikle yeraltısuyu kirlenmesinin önlenmesi pahalıya mal olabilir.

-Kış aylarında işletmede bazı zorluklarla karşılaşılabilir (Sürücü, 1990).

Düzenli depolamada en önemli aşama yer seçimidir. Bu aşamada öncelikle bölge içinde katı atıkların sağlıklı ve çevreye en az düzeyde kirlilik yaratacak olan sahalardan belirlenmesi gerekir. Saha seçiminde dikkate alınması gereken faktörler ise; arazinin büyüklüğü ve ömrü, mevcut ulaşım ağlarının uygunluğu, taşıma mesafesi, toprak cinsi ve topoğrafya, yüzey suyu hidrolojisi, jeolojik ve hidrojeolojik şartlar, bölgenin deprem durumu, iklim koşulları, yerel çevresel faktörler, sahanın tamamlandıktan sonraki kullanım amacıdır (EPA, 1988 ve 1994; Sürücü, 1990; Evirgen ve Kasaboğlu, 1989). Bu faktörler genelde uygun olmayan yerlerin belirlenmesi için hızlı bir tarama çalışmasında çok yararlı olmaktadır. Bu ön çalışmalardan sonra, kesin seçim ekonomik analiz ve ÇED (çevresel etki değerlendirmesi) çalışmalarıyla yapılabilir.

Katı atıkların düzenli depolanması için genelde alan yöntemi, hendek yöntemi ve çukur yöntemi kullanılmaktadır.

#### **2.5.1.1. Alan yöntemi**

Bu yöntem arazinin hendek kazılmasına uygun olmadığı hallerde kullanılır. Bu yöntemde arazi üzerinde işletme öncesi yapılabilecek tek çalışma, arazi yüzeyindeki yüksek organik içerikli toprağın tamamlanan deponi alanını örtmek amacıyla yüzeyden alınarak bir yere stok edilmesidir. Çöpler uzun ve dar şeritler (30-60 cm kalınlıkta) halinde araziye serilir ve sıkıştırılarak 2-3 m yüksekliğe kadar depo edilir. Günün sonunda depolanan sıkıştırılmış çöp yığınının üzeri 20-30 cm kalınlığında toprak tabakası ile örtülür. Doldurma operasyonu genellikle toprak seddenin dibinden başlar ve sıkıştırılarak sedde yüksekliğine kadar devam eder. Üzeri toprakla örtülerek kapanan sıkıştırılmış çöp yığına "hücre" denilmektedir. Alan yöntemi yeraltısı düzeyinin yüzeye yakın olduğu alanlarda kullanılır. Alan yönteminde, işletmenin başarısını etkileyen önemli faktör, çalışma yüzeyinin büyüklüğüdür. Çalışma yüzeyi toplama ve dağıtma araçlarının gereksiz yere beklememelerini engelleyecek kadar büyük olmalıdır.

#### **2.5.1.2. Hendek yöntemi**

Hendek yöntemi genellikle yeraltısı düzeyinin yüzeyden belli bir derinlikte olduğu ve yeterli miktarda örtü toprağının bulunduğu yerlerde uygulanır. Bu yöntemde, toprak yüzeyinde dar ve uzun kazılar yapılarak, bu kazılardan sağlanan toprak stok edilir.

Ardından katı atıklar genellikle 40-100 m uzunluğunda, 1-2 m derinliğinde ve 5-8 m genişliğindeki bu hendeklere boşaltılır. Atıklar 1:3 veya en çok 1:2 eğiminde yayılarak sıkıştırılır. İşlem planlanan düzeye ulaşınca kadar devam eder.

### 2.5.1.3. Çukur yöntemi

Doğal ya da yapay çöküntü alanları düzenli depolama için uygun yerlerdir. Kanyonlar, dar ve derin hendekler, taş ocakları bu amaçla başarı ile kullanılmışlardır. Doldurma tekniği genellikle çöküntü bölgesinin geometrisine, örtü malzemesinin türüne ve arazinin hidrolojisi ve jeolojisine göre değişir. Deponi alanındaki çökme göz önünde bulundurularak tamamlanan deponi alanının çevresindeki alandan biraz yüksek düzeyde olması önerilmektedir. Deponi alanlarında ortalama olarak ilk yüksekliğin % 20'si kadar çökme meydana gelmektedir. Bu tür çökmelerin % 90'ı genellikle ilk 5 yılda oluşmaktadır. Bu nedenle ilk 5 yıl içinde tamamlanmış deponi sahalarının üzerine fazla yük bindirilmemelidir.

Depolama sırasında gerek yağışlarla gerekse kendi bünyesindeki sulardan oluşan sızıntı sularının deponi alanının tabanının önceden geçirimsiz olarak hazırlanması ve bu suların drenaj borularıyla toplanması ile yeraltısuyu kirlenmesi önlenmektedir. Sıkıştırılarak depolanan katı atıklar anaerobik koşullarda biyokimyasal olarak ayrışarak gazlaşmaktadırlar. Koku oluşturan gazların yanı sıra yanıcı gaz olan metan ( $CH_4$ ) gazı çıkışı da olmaktadır. Koku ve patlama tehlikelerine karşı deponi alanı gaz drenleriyle donatılıp, oluşan bu gazlar yok edilmeli ya da yararlanılmalıdır.

Bir düzenli depolama alanında aşağıdaki koşullar sağlanmalıdır.

- Zemin sızdırmazlığı
- Sızıntı suyu drenajı
- Yağış suyu ve çevre drenajı
- Gaz drenajı, yararlanılması veya yakılması
- Dış ve içi şevlerin duraylılığı (stabilitesi)
- Çöp araçların tekerlerinin yıkanması, temizlenmesi
- Yabancı hayvanların girişinin engellenmesi
- Kağıt ve plastiklerin uçuşmasının önlenmesi
- Dolgu biten kısımların yeşillendirilmesi

### 2.5.2. Yakma

Yakmanın (incineration) literatürde pek çok tanımı vardır. Katı atıklara uygulanan şekliyle, Dünya Sağlık Teşkilatı'nın (WHO) katı atıklar sözlüğünde yakma, yanabilir katıların yüksek sıcaklıkta yanarak inert atıklar haline getirilme yöntemi olarak tanımlanmaktadır (Patrick ve Buekens, 1995). Yakmanın esas amacı, katı atıkların hacim ve kütlelerini azaltarak steril bir hale getirmektir.

Fiziksel ve kimyasal bileşimin bilinmesi durumunda katı atıkların ısıl değerini tahmin etmek mümkündür. Genel bir kural olarak ısıl değerin 5000 kJ/kg'ın altında olduğu durumlarda yakma doğru bir seçenek değildir (Patrick ve Buekens, 1995). Yanabilirlik açısından en önemli üç ölçüt nem, kül ve organik madde miktarıdır. Katı atıkların ilave yakıt gerektirmeden yanabilmesi için nem, kül ve organik madde miktarının belli bir aralıklar içerisinde bulunması gerekmektedir. Genel olarak kül ve cüruf içeriği % 60'tan az, yanabilen organik madde oranı % 25'ten fazla ve nem oranı % 50'den az olan katı atıklar yanabilir olarak isimlendirilmektedir (TÇSV, 1995). Nem oranı yakma işlemi verimine etki eden katı atık özellikleri içerisinde en önemlilerinden biridir. Nemin yüksek olması tutuşmayı engelleyebilmektedir. Nem aynı zamanda yakıt ısıl değerini de düşüren bir özelliktir. Yüksek kül içeriği, ısıl değeri düşürmesi yanında yanma zorluğuna neden olmakta ve hacim azalmasını engellemektedir (Ekinci, 1990).

Diğer bertaraf yöntemleri ile karşılaştırıldığında en önemli avantajı; depolanacak atığın hacminin büyük oranda azalmasıdır. Ayrıca yanma sonucu ortaya çıkan küllün araziye boşaltılması, işlenmemiş katı atıkların boşaltılmasına oranla daha az sınırlamalar getirmektedir. Atığın yanmasıyla açığa çıkan ısı enerjisi yararlı bir şekilde kullanılabilir ya da endüstri ve halkın yararına kullanılmak üzere enerjinin bir başka formuna dönüştürülebilir. Böylece yerel gereksinimler karşılanabilir. Yanma sonucu açığa çıkan küllerin ve demir bileşiklerinin değişik alanlarda kullanılmaları da sağlanabilir.

Yakma, katı atık, sıvı atık ya da gaz atıklara uygulanabilir. Bazı tesisler farklı türlerdeki atıkları aynı anda işleyebilirler. Atıkların ısıl değeri çok düşük olduğu zamanlar, yanmayı desteklemek amacıyla (nem içeriğinin çok yüksek olduğu yerlerde) ek yakıt kullanılması gerekir.

Yakma; atıkların bertarafı için yeterli arazinin bulunmadığı, yüksek nüfus yoğunluğuna sahip alanlarda sıkça kullanılan bir yöntemdir. Ancak yakma işlemi çoğu zaman ciddi hava kirliliği sorunlarına neden olabilir. Özellikle evsel ya da endüstriyel atıklar içinde bulunabilen bazı organik bileşiklerin ve plastiklerin yanması sonucunda havaya dioksin türü kanser yapıcı bileşikler yayılabilir. Hava kirliliğine neden olan bu tür

emisyonların denetim altına alınabilmesi ise ancak yüksek maliyetler karşılığında gerçekleştirilebilir.

Türkiye'deki katı atıkların kül, su ve organik madde oranları genelde yakma ile imhanın ekonomik olacağı sınırlar içinde değildir. Özellikle kış aylarında çok yüksek olan kül oranı nedeniyle katı atıklarda istenen hacim azalması da olmamaktadır. Ancak, sağlık kuruluşlarından kaynaklanan tehlikeli ve enfekte atıklar gibi bazı özel atıkların bertaraf edilmesi için küçük kapasiteli yakma fırınlarının kurulması düşünülebilir.

### 2.5.3. Kompostlaştırma

Kompostlaştırma işlemi genel olarak katı atığın içindeki organik atıkların bozunması işlemidir. Bu süreç, katı atığın içinde bulunan bitki ve hayvan atıklarını stabil toprak yapıcısı ve koşullandırıcısı olarak kullanılacak bir hale dönüştüren işlemidir. Katı ve sıvı atıklar içindeki organik maddeler çeşitli mikroorganizmalar ile daha basit bileşiklere, özellikle CO<sub>2</sub> ve H<sub>2</sub>O'ya dönüştürülürler (İpekoğlu, 1990).

Kompostlaştırma işlemi, nemli tutulan ve havalandırılan karışık organik atıklarda doğal olarak bulunan, kendiliğinden çoğalan mikroorganizmalar tarafından gerçekleştirilir. Başlangıçta çoğunlukla bakteri olan bu organizmaların çoğalması sırasında ısı, CO<sub>2</sub> ve su buharı açığa çıkar. Eğer ısının açığa çıkması, ısı kaybından daha hızlı ise, sıcaklık yükselir, ısıya karşı duyarlı organizmalar ölür ve ısıya karşı dayanıklı bakteriler çoğalır. Birinci aşamada mezofilik bakterilerle beraber actinomyces maya ve diğer mantarlar, yağları, proteinler, ve karbonhidratları ayrıştırırlar. Sıcaklık 40-50 °C'ye ulaştığında kompostlamayı başlatan organizmaların hemen hemen tamamı ölür ve bunların yerini 70°C sıcaklığa kadar dayanabilen ve ısı üretebilen termofilik bakteriler alır. Bu aşamada bütün patojenik organizmalar birkaç saat içinde ölür. Termofilik bakteriler kendi içinde mevcut besini tükettikten sonra ısı üretmeyi durdurur ve kompost soğumaya başlar. Soğuyan komposta son özelliklerini veren ölü bakterileri de içeren yeni bir grup organizma çoğalır. Kompostlamanın üç evresi; mezofilik evre, termofilik evre ve iyileştirme evresi olarak adlandırılabilir. Kompostlamanın son ürünü toprakta bitki ve hayvan kalıntılarına benzer biyolojik işlemlerle doğal olarak yapılan humusa oldukça benzeyen ve daha fazla parçalanamayan maddelerden oluşan organik bir kütledir (Brunt ve diğerleri, 1995).

Kompostlama; mikroorganizma miktarı ve mikroorganizmaların faaliyetleri, ortamın sıcaklığı, nem içeriği, kompostlanacak maddelerin büyüklüğü, oksijen miktarı, pH ve karbon/azot oranına bağlıdır (Hamoda ve diğerleri, 1998; Das ve diğerleri, 2002).

Kompostlamada optimum nem içeriği % 60'tır. Nem içeriğinin % 60'dan daha büyük olması kompost kütlesine oksijenin difüzyonunu engellemektedir. Diğer taraftan düşük nem oranları da kompostlamada verimi düşürmektedir. Mikroorganizmaların enerji kaynağı olarak kullanacakları organik maddelerin çözünmesi için nem oranının belli bir düzeyde olması gerekmektedir. Daha önce yapılmış olan çalışmalarda nem içeriğinin % 20'nin altında olması durumunda biyolojik faaliyetin çok az gerçekleştiği, nem içeriğinin %50-70'ler olması durumunda biyolojik faaliyetin en yüksek düzeye ulaştığı görülmüştür (Hamoda ve diğerleri,1998).

Kompostlama organizmaların çoğunluğunu oluşturan bakterilerde C/N oranı yaklaşık 30 olup 25-35 aralığı kompostlaştırma için optimum aralıktır (Brunt ve diğerleri,1995). Bu oran 10-15 arasında ise reaksiyon hemen başlamakta ve süre kısalmaktadır. Genellikle evlerde üretilen katı atıklarda C/N oranı 30-60'dır (İpekoğlu,1990).

Kompostlaştırmayı denetim altına alabilmek için çeşitli canlıların, özellikle patojen organizmaların ölme derecelerinin bilinmesi gerekir. Ortamdaki ısının yükselmesi, hem mikroorganizmaların faaliyetinin bir ölçüsü hem de patojenleri öldürme göstergesidir. Patojen bakteriler sadece ısının yükselmesi ile değil, metabolizma ürünü bileşikler nedeniyle de ölmektedirler.

Kompostlaştırmayı etkileyen diğer faktörler ise parçacık büyüklüğü ve pH'dır. Kompostlaştırmada parçacık büyüklüğü oksijen transferi açısından önemli bir parametredir (Diaz ve diğerleri, 1993). Kompostlamada ortam ısınmaya başlayınca çoğalan kükürt bakterilerinin salgıladığı organik asitlerle pH düşer, sıcaklığın yükselmesi durumunda bu tür bakteriler ölür ve ortamın pH'ı yeniden yükselir (Iannotti ve diğerleri).

Kompostlaştırma enerji kullanmadan katı atıkları zararlı olmayan ve hatta yararlı bir ürüne çeviren doğal bir süreç olmasına karşın yaygın bir uygulaması yoktur. Büyük boyutlu bir çok kompost tesisi, giderlerini karşılaması beklenen ürünü pazarlayamamalarından dolayı kapatılmıştır.

#### **2.5.4. Piroliz**

Piroliz, oksijen yokluğunda duraylı (stabil) olmayan organik maddeleri gaz, sıvı ve katı bileşenlere dönüştüren termal (400-800°C) bir arıtım sürecidir. Piroliz sistemleri literatürde genellikle gazlaştırma sistemleriyle karıştırılmaktadır. Gazlaştırma ve piroliz sistemlerinin ikisi de katı atıkları gaz, sıvı ve yakıtlara dönüştürmek için kullanılmalarına karşın iki sistem arasındaki temel fark; piroliz sistemleri oksijensiz



ortamda dışarıdan ısı alan ve endotermik reaksiyonlar meydana getirmesi, gazlaştırma sistemlerinin ise katı atıkların yakılması için kısmen oksijen ve hava kullanılmasıdır (Tchobanoglous ve diğerleri,1993; Ergun, 2001).

Piroliz katı atıklara hava yokluğunda uygulanarak, gaz, katı ve sıvı ürünler elde edilir. Gaz ürünler; hidrojen (H<sub>2</sub>), metan (CH<sub>4</sub>), karbondioksit (CO<sub>2</sub>), karbon monoksit (CO), etilen (C<sub>2</sub>H<sub>6</sub>) ve diğer çeşitli gazlar, sıvı ürünler; asetik asit, aseton, metanol ve karmaşık hidrokarbonlar içeren katran, katı ürünler ise; katı atığın içerisindeki mevcut olan inert gereç ve saf karbondan oluşur.

Deneme amacıyla bir çok küçük ve birkaç büyük ölçekte tesis yapılmış ve işletilmiştir. Çoğu teknik açıdan başarısız olurken, bir kısmında da ticari açıdan başarısızlık gözlenmiştir. Sonuç olarak henüz kullanımı kanıtlanmamış olan piroliz teknolojisi üzerine yatırım yapılması, pilot ölçeğindeki tesislerde umut vadeden sonuçlar elde edilmesine karşın büyük bir risk içerdiği söylenebilir (Patrick ve Buekens,1995).

#### **2.5.5. Geri kazanım**

Geri kazanım Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliğinde; tekrar kullanım ve geri dönüşüm kavramlarını da kapsayan, atıkların özelliklerinden yararlanılarak içinde bileşenlerin fiziksel, kimyasal ve biyokimyasal yöntemlerle başka ürünlere veya enerjiye çevrilmesi şeklinde tanımlanmaktadır (Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, 1995).

Nihai olarak bertaraf edilmesi gereken atık miktarının azaltılabilmesi için uygulanacak bir başka yöntem ise çöplerin içinde ekonomik değeri olan maddeleri geri kazanmaktır. Katı atıklar içerisindeki kağıt, cam, kemik, metal ve plastik gibi maddeler denetimli bir şekilde ayıklanarak hem toplam katı atık miktarı azaltılabilir ve hem de tekrar kullanım değeri olan bu maddeler ekonomiye kazandırılabilir. ABD’de yapılan bir çalışmada, çeşitli atık maddelerin geri kazanılması ile Çizelge 2.8’de belirtilen tasarrufların söz konusu olacağı saptanmıştır. Çizelge 2.8’den de görüldüğü gibi, kağıdın geri kazanılmasında, tekrar birim kağıt üretmek için gerekli olan enerjiden % 23-74 tasarruf etmek, su kirliliği % 35, su tüketimini % 58 azaltmak mümkün olmaktadır (Baştürk, 1993).

Geri kazanımın; kaynak koruma, çevre koruma ve enerji kazanımı olmak üzere üç temel hedefi vardır. Düzenli bir geri kazanma; geri kazanılabilecek maddelerin, kaynaktan ayırma, toplama sırasında ayırma ve merkezde ayırma yöntemlerinden birisiyle yapılabilir. Ancak geri kazanımın en etkin yolu kaynaktan ayırma sistemi ile geri kazanımdır.

Çizelge 2.8. Çeşitli atık materyallerin üretimde yeniden kullanılması halinde, kaynaklarda olabilecek tasarrufların %'de dağılımı (Baştürk, 1993).

Parametre	Kağıt	Cam	Çelik	Alüminyum
Enerji	23-74	4-32	47-74	90-97
Hava kirliliği	74	20	85	95
Su kirliliği	35	—	76	97
Su tüketimi	58	50	40	—

Geri kazanım yönteminin avantajları; geri kazanılan malzemenin ekonomiye olan katkısından başka taşınacak ve imha edilecek katı atık miktarının azalmış olması, düzenli depolama sahasının kullanım ömrünün uzaması, sanayi için gerekli hammaddenin bir kısmının sağlanması, çevrenin ve kaynakların korunmasıdır. Dezavantajları ise; geri kazanma maliyeti ve geri kazanılan maddelerin fazla temiz ve saf olmaması yani kalitedeki bozulmadır.

### 3. SİVAS İL MERKEZİ GENEL ÖZELLİKLERİ

#### 3.1. Coğrafi Durum

Sivas ili Anadolu yarımadasında, İç Anadolu bölgesinin Yukarı Kızılırmak bölümünde yer alır. 38 ve 39 doğu boylamları ile 38 ve 41 kuzey enlemleri arasında kalan il alanı 28488 km<sup>2</sup>'lik yüzölçümü ile Türkiye'nin toprak bakımından en büyük ilidir. Sivas'ın doğusunda Erzincan, güneyinde Malatya ve Kahramanmaraş, güneybatısında Kayseri, batısında Yozgat, kuzeyinde Tokat ve Ordu , kuzeydoğusunda ise Giresun illeri yer alır.

#### 3.2. Nüfus

Sivas nüfus bakımından ülkemizin dengesiz büyüyen illerinden birisidir. Sivas'ın 1927-2000 yılları arasındaki nüfusunda meydana gelen değişimler Çizelge 3.1'de verilmiştir. Çizelge 3.1 incelendiğinde; 1935 sayımına göre ilde yıllık nüfus artış hızı % 034,05 iken Türkiye ortalaması % 021,10 olmuştur. Daha sonraki dönemlerde ise nüfus artış hızı genellikle Türkiye ortalamasına göre azalma gösterirken 1950 yılından sonra bu azalma daha da hızlanmıştır. 1950 nüfus sayımına göre Sivas'ta nüfus artış hızı % 019,97, Türkiye ortalaması % 021,73'dür. 1990 nüfus sayımında nüfus artış hızı % 0-1,2'e düşmüştür. Bu sayım yılında Türkiye'de ortalama nüfus artış hızı % 021,71'dir. 2000 nüfus sayımına göre 752828 kişi olan Sivas nüfusunun, 251776 kişisi kent merkezi nüfusunu oluşturmaktadır (Yılmaz ve diğerleri, 2002).

Çizelge 3.1. Sivas'ın 1927-2000 yılları arasındaki nüfusunda meydana gelen değişimler (Yılmaz ve diğerleri, 2002).

Yıllar	Sivas'ın nüfusu	Nüfus artış oranı (%0)		Merkez ilçenin nüfusu
		Türkiye	Sivas	
1927	329741	--	--	--
1935	432996	21,10	34,05	--
1940	468243	19,59	15,65	44856
1945	490443	10,59	9,28	52234
1950	542004	21,73	19,97	66843
1955	590869	27,75	17,26	93368
1060	669992	27,53	25,11	108320
1965	705186	24,63	10,26	133979
1970	731921	25,19	7,44	149201
1975	741713	25,01	2,66	172864
1980	750144	20,65	2,26	198553
1985	772209	24,88	5,80	221512
1990	767483	21,17	-1,23	251776
2000	752828		-1,84	

### 3.3. Topoğrafik Durum

Sivas iline ait toprakların büyük bir bölümü İç Anadolu Bölgesi'nin doğusunda, daha küçük bölümleri de Karadeniz ve Doğu Anadolu Bölgesinde yer alır. Sivas ilinin topoğrafik yapısı, genellikle engebeli ve deniz düzeyinden ortalama 1000-1500m yükseklikte olup, kuzey kesiminde Kuzey Anadolu Dağları, doğu kesiminde Karasu-Aras dağları güney kesiminde Toroslar'a bağlı Kulmaç ve Tecer dağları yer almaktadır. İlin en yüksek tepesi ili kuzeydoğusundaki Kızıl Dağ'da 3025 m'ye ulaşan Peynirli tepesi'dir. Platolar il topraklarında geniş bir yer tutar. Uzunyayla'nın il sınırları içinde kalan doğu kesimi, farklı havzalara su taşıyan akarsular arasında su bölümü çizgisini oluşturur. Bir başka önemli plato, Sivas kentinin kuzeyinde yer alan Mereküm yaylasıdır.

Sivas kenti, yerleşim alanı itibariyle kuzeyden güneye doğru alçalan ve eğimi genellikle % 5'i geçmeyen bir topografya gösterir. Kent içinde sadece eski kalenin bulunduğu bir tepecik vardır. Güneyden geçen Kızılırmak nehrinin çevresindeki düzlükler, doğu-batı doğrultusunda uzanırlar. Bu düzlüklerin kuzeyinde ve kent batısında kalan sahalarda genellikle tepelik alanlar yer alır. Tepeler de kuzey-güney doğrultusunda uzanan dere yatakları ile birbirinden ayrılmıştır.

### 3.4. İklim

Sivas, İç Anadolu'nun en soğuk ilidir. Yaz ayları sıcak ve kurak, kış ayları ise çok soğuktur. Yaz mevsimi kısa sürelidir. Kış ve yaz mevsimi arasındaki sıcaklık farkı büyük olduğu gibi gece ile gündüz arasında da büyük sıcaklık farkları görülmektedir. Sıcaklığı etkileyen en önemli faktörler enlem, denize olan mesafe ve deniz düzeyinden olan yüksekliktir. Son 71 yıllık verilere göre; en sıcak aylar Temmuz- Ağustos ayları olup, bu aylara ait sıcaklık ortalaması 27,4 °C'dir. En yüksek sıcaklık değeri 30.07.2000 tarihinde 40 °C olarak ölçülmüştür. En soğuk aylar ise Ocak ve Şubat ayları olup bu aylara ait sıcaklık ortalaması -7,7 °C'dir. En düşük sıcaklık değeri 20.01.1972 tarihinde -36,6 °C olarak ölçülmüştür. Yıllık ortalama sıcaklık değeri ise 8,7°C civarındadır.

Sivas ilinde, uzun yıllara dayalı verilere göre hakim rüzgar, doğu-kuzeydoğu yönünden (ENE) ve özellikle Şubat aylarında ortalama 1,3 m/sn hızında esmektedir. İlde kimi zaman esen en hızlı rüzgar ise yine Şubat aylarında kaydedilmiş olup 220 m/sn'dir. İlin fırtınalı günleri 22 yıllık ortalama itibariyle 2 gün/yıl olarak kaydedilmiştir. 19 yıllık verilerin ortalamasına göre ortalama sisli gün sayısı 18 gün/yıl'dır. Sis'in en fazla olduğu ay, Ocak ayı, en az olduğu ay Temmuz ve Ağustos aylarıdır. Ortalama nem, % 64,0 olup

en yüksek deęer, Ocak ayında % 76,0, en dūřuk deęer ise Aęustos ayında % 53,0 olarak kaydedilmiřtir.

Sivas'ta yağışlar kiş, ilkbahar ve sonbahar aylarında gōzlenir. En fazla kar, Ocak aylarında, en fazla yağmur ise Mayıs aylarında kaydedilmiştir. Yıllık ortalama yağış miktarı 425,8 mm/m<sup>2</sup>/yıldır. Yıllık yağışın % 60'ı, Ekim-Mart arasındakiki soğuk dōnemlerde kar şeklinde gōzlenir (Yılmaz ve diğerleri, 2002).

### 3.5. Akarsu ve Gōller

Sivas kenti akarsu bakımından oldukęa zengindir. Akarsular ilin her yōresine dağılmıştır. İldeki yağış rejimine bağlı olarak akışları dūzensizdir. Akarsu yatakları çoęu yerde derin vadiler haline gelmiştir. Bu durum ildeki akarsulardan yararlanmayı zorlaştırmaktadır. Sivas il sınırları iğerisinde bulunan akarsular; Kızılırmak, Yıldız ırmağı, Kalın ırmağı, Mısmıl ırmak, Fadlım ırmağı, Tecer ırmağı, Acı ırmak, Acısı ırmağı, Kelkit ayı, Tozanlı ırmağı, atlı ırmağı, Yılanlı ayı, Balıklı Tihma ayı, Tohma ayı ve Hurman ayı'dır. Sivas il sınırları iğerisindeki bazı akarsuların Yıllık ortalama akımları; Kızılırmak 39,42 m<sup>3</sup>/sn, Yıldız ırmağı 11,30 m<sup>3</sup>/sn, Kalın ırmağı 1,77 m<sup>3</sup>/sn Tecer ırmağı 2,90 m<sup>3</sup>/sn, Kelkit ayı 50,335 m<sup>3</sup>/sn, Tohma ayı 3,780 m<sup>3</sup>/sn, Mısmıl ırmak 1,21 m<sup>3</sup>/sn ve Faldım ırmağı 3,0 m<sup>3</sup>/sn'dir.

Sivas il sınırları iğerisindeki en ۆnemli gōller; Lota-1 gōlü, Lota-2 gōlü, Hafık gōlü, Tōdūrge gōlü, etme gōlü, Kemis gōlü, Maęara gōlü, Kuru gōl, Karayün gōlü, Ulař gōlü ve Balıkaya gōlü'dür.

Bōlgedeki mevcut atıksuların tek alıcı ortamı durumunda olan Kızılırmak'ın yıl içerisindeki akım durumu, atıkların seyrelmesi ve ırmağın ۆzümleme kapasitesi açısından kritik bir ۆzellięe sahiptir. Yıllık ortalama debisi 39,42 m<sup>3</sup>/sn gibi yōksek olan bir değer iken, ۆzümleme kapasitesinin hesaplanmasında kullanılan debi 2,6 m<sup>3</sup>/sn kadardır.

### 3.6. Sanayi ve Teknoloji

Sivas kenti, sanayi yōnünden geri kalmış bir bōlgedir. İlde kamuya ait 8 sanayi kuruluşu mevcut olup, bu işyerlerinde çalışan işçi ve memur sayısı 5327 kişidir. ۆzel sektōrlere ait 64 tesis mevcut olup, bu işyerlerinde 4320 kişi çalışmaktadır. Ayrıca inşaati tamamlanan 4 merkez, 2 ilęede hizmet veren 6 adet kōçük sanayi sitesinde 1254 işyerinde 3750 kişi çalışmaktadır. Sivas ilindeki sanayi kuruluşlarının sektōrsel dağılımı izelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Sivas ilinde sanayi kuruluşlarının sektörel dağılımı.

Sektör	Miktar (adet)
Makine imalatı	12
Madencilik	5
Tekstil ve konfeksiyon	6
Plastik ve PVC	5
Gıda	11
Mermer	3
Yem	3
Mobilya, kanepeler ve yataklar	5
Demir çelik, alüminyum profil	3
İnşaat sanayi (çimento, kireç, alçı)	5
Isıcam	2
Kalorifer kazanı imalatı	3
Diğerleri	9
<b>Toplam</b>	<b>72</b>

## 4. MATERYAL VE YÖNTEM

### 4.1. Sivas İli Deponi Alanı Dolayının Özellikleri

Sivas ili deponi alanı ile ilgili sağlıklı bir planlama yapmak amacıyla deponi alanı dolayının çevre jeolojisi, deponi alanının çöp bileşimi ve miktarı, deponi alanının hacmi ve ömrü ile deponi alanı sızıntı sularının çevre üzerindeki etkileri ayrı ayrı irdelenmiştir. Bu çalışmalar sırasında kullanılan yöntemler aşağıda sunulmuştur.

#### 4.1.1. Sivas ili deponi alanı dolayının jeolojik ve hidrojeolojik özellikleri ile ilgili çalışmalar

Deponi alanlarının yer seçiminde yeterince titiz davranılmadığı bir gerçektir. Dolayısıyla ülkemizde ve dünyada çevre faciaları yaşanmaktadır.

Deponi alanlarının incelenmesinde yörenin kayatürü özellikleri ve stratigrafik düzenin ayrıntılı ve doğru bir şekilde ortaya konulması zorunludur. Ayrıca yörenin önemli yapısal unsurları ve birimlerin deformasyonu sırasında gelişen yapıların deponi alanı özelinde incelenmesi gerekmektedir. Çünkü kayatürlerinin stratigrafik ve yapısal özellikleri ile bu birimlerin hidrojeolojik ve jeo-mühendislik özellikleri arasında birebir ilişkiler vardır. Dolayısıyla jeolojik çalışmalarda ortaya konulan veriler ne ölçüde doğru olursa, hidrojeolojik ve jeo-mühendislik değerlendirmeler de o ölçüde sağlıklı gerçekleştirilebilir. Deponi alanı dolayının stratigrafik ve yapısal özelliklerinin ayrı ayrı sunulmasında yarar görülmüştür. Bu kapsamda yörede daha önce yapılmış olan çalışmalardan faydalanılarak bölgenin stratigrafik ve yapısal özellikleri incelenmiştir. Ayrıca deponi alanı dolayının temel jeolojik ve hidrojeolojik özellikleri deponi alanı özelinde güncelleştirilmiş ve ortaya çıkan eksiklikler de giderilmiştir.

Ayrıca çöp deponi alanı dolayındaki yeraltısuyu kalitesinin araştırılması amacıyla çöp deponi alanı dolayında daha önceden açılmış olan sondaj kuyularından su örnekleri ve kuyu ile ilgili bilgiler alınmıştır. Örnek alınan kuyuların yerleri Şekil 5.5'de sunulmuştur. Laboratuvara getirilen örnekler üzerinde ölçülen parametreler ve ölçüm yöntemleri aşağıda verilmiştir. Kullanılan yöntemlerle ilgili ayrıntılı bilgi için APHA-AWWA-WPCF (1981)'den yararlanılabilir.

-pH; Jenway trademark pH metre

-Elektriksel iletkenlik (EC); WTW-Cond 340i model iletkenlik ölçüm cihazı

-Sertlik; EDTA titrimetrik yöntem

- Kalsiyum ( $\text{Ca}^{++}$ ); EDTA titrimetrik yöntem
- Magnezyum ( $\text{Mg}^{++}$ ); Hesap yöntemi
- Sodyum ( $\text{Na}^+$ ); Alev emisyon fotometrik yöntem
- Potasyum ( $\text{K}^+$ ); Alev emisyon fotometrik yöntem
- Bikarbonat ( $\text{HCO}_3^-$ ); Titrimetrik yöntem
- Sülfat ( $\text{SO}_4^-$ ); Methylthymol Blue yöntem
- Klorür ( $\text{Cl}^-$ ); Arjantometrik ( $\text{AgNO}_3$  ile titrasyon ) yöntemi

#### 4.1.2. Sivas ili deponi alanının jeo-mühendislik özellikleri ile ilgili çalışmalar

Deponi alanının jeo-mühendislik özelliklerinin belirlenmesi için deponi alanında belirlenen 9 noktadan örnekler alınıp aşağıdaki deneyler yapılmıştır.

Tane boyu dağılımı; Zemini oluşturan kaya türlerinin tane boyu dağılımını belirlemek üzere arazide 9 noktadan örselenmiş zemin örneği alınıp, laboratuvara getirilmiş ve laboratuvarında ince taneli zeminler için yaş elek analizi yöntemiyle tane boyu analizleri yapılmıştır.

Kıvam limitleri; Deponi alanında yukarıda belirtilen noktalardan kuru kazı yöntemiyle alınan örselenmiş örnekler üzerinde düşen koni penetrasyon yöntemiyle likit limit ve ayrıca plastik limit deneyleri yapılmıştır.

Geçirimsizlik (Permeabilite); Zeminin geçirimsizlik özelliğini belirlemek üzere alınan örselenmemiş örnekler üzerinde düşen seviyeli permeabilite yöntemi ile geçirimsizlik katsayıları belirlenmiştir.

Bu deneye ait düzenek Şekil 4.1'de görülmektedir. Zemin üzerine yerleştirilen a kesitindeki ince boruda su seviyeleri  $t_1$  zamanında  $h_1$ ,  $t_2$  zamanında  $h_2$  olarak ölçüldükten sonra geçirimsizlik katsayısı

$$k = \frac{aL}{A(t_2 - t_1)} \ln \frac{h_1}{h_2}$$

bağıntısından hesaplanmıştır.

#### 4.2. Sivas İli Katı Atık Deponi Alanı Çöp Bileşimi ile İlgili Çalışmalar

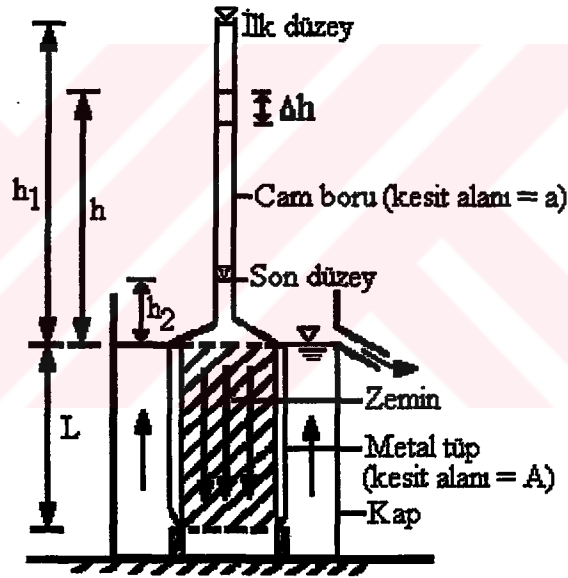
Sivas ili katı atık deponi alanı çöp bileşimi ile ilgili çalışmalarda genel olarak Şekil 4.2'de sunulan akım diyagramı izlenmiştir.



#### 4.2.1. Örnekleme yöntemi

Bu çalışma kapsamında deponi alanı çöplerinde yapılan bileşim incelemeleri Mart 2002-Mart 2003 tarihleri arasındaki bir yıllık süre içerisinde haftada bir kez alınan örneklerde gerçekleştirilmiştir. Örnekleme çöp döküm alanına gelen kamyonlardan harmanlama-bölme ve basit sıradan (tesadüfi) örnekleme yöntemi esas alınarak yapılmıştır.

Çöp döküm sahasından basit sıradan örnekleme yöntemiyle harmanlanarak alınan 100 kg'lık örnekler plastik poşetler içerisinde bileşim incelemesi yapılmak üzere laboratuvara getirilmiştir.

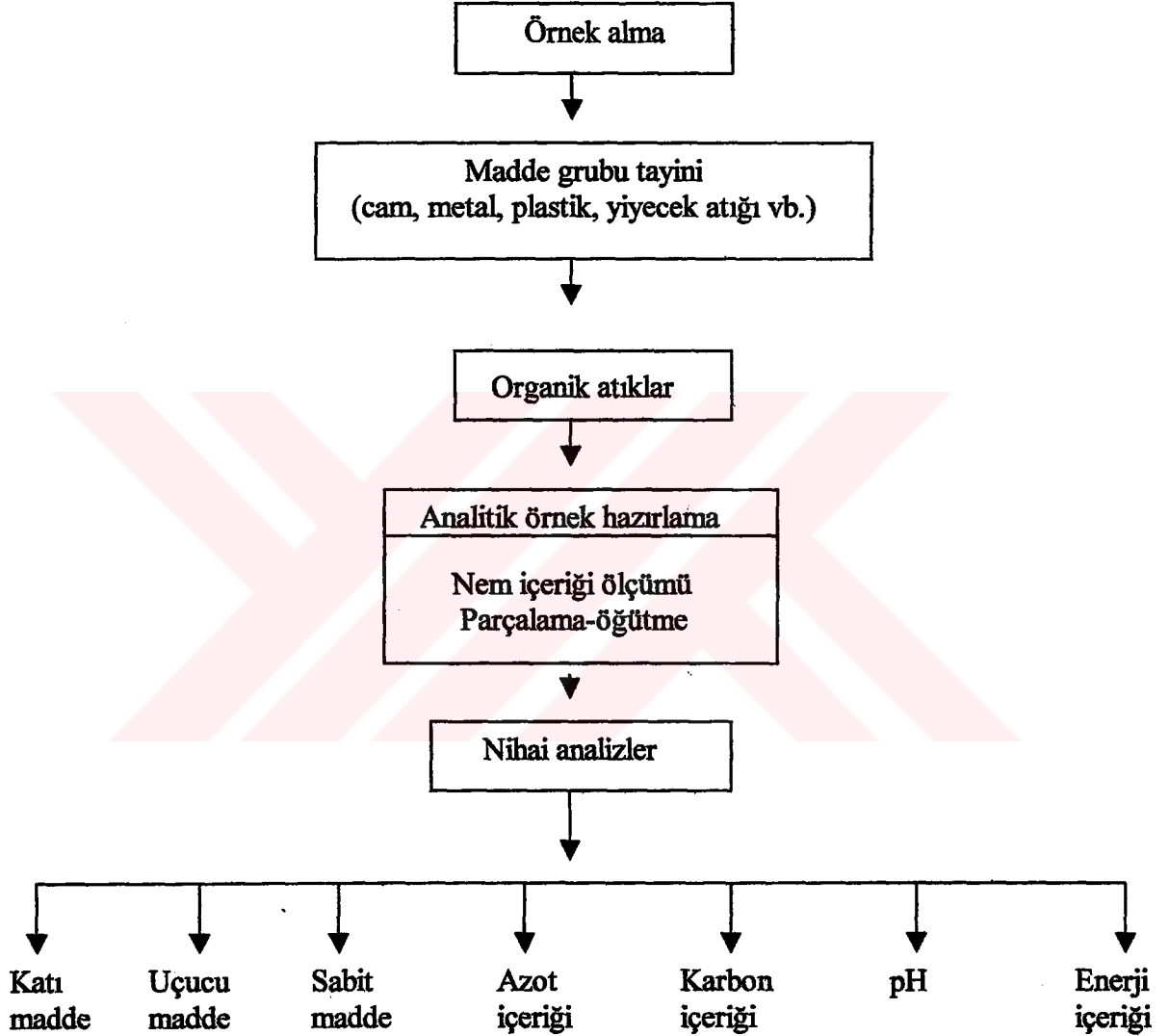


Şekil 4.1. Düşen seviyeli geçirimsizlik deney düzeneği.

#### 4.2.2. Madde grubu tayini

Laboratuvara getirilen örnekler, en geç 24 saat içerisinde elle ayıklama yöntemiyle madde gruplarına ayrılmıştır. Madde grubu olarak yiyecek atıkları, kağıt, plastik- naylon, metal, tekstil, odun, kemik, inorganik <2mm, inorganik 2mm, pil, çocuk bezi ve bahçe atıkları olmak üzere 13 madde grubu incelenmiştir. Diğer inorganik maddeler, 2 mm'lik elekten geçirilerek elek altı ve elek üstü şeklinde değerlendirilmiştir. 2 mm'lik elek altı toz, süprüntü, kül gibi maddelerden oluşmaktadır. 2 mm'lik elek üstü ise tuğla, kiremit, taş gibi gereçleri temsil etmektedir.

Ayıklanan her bir madde grubu belediyede kalibrasyonu yaptırılan basel marka terazide tartılmak suretiyle miktarı % ağırlık olarak tayin edilmiştir.



Şekil 4.2. Çöp bileşimi ile ilgili çalışmaların akım diyagramı.

#### 4.2.3. Analitik örneğin hazırlanması

Madde grubu tayini yapıldıktan sonra, organik içerikli atıklardan harmanlama-bölme ve basit sıradan (tesadüfi) örnekleme yöntemi esas alınarak 1 kg örnek alınarak su içeriği tayini için etüvde kurutuldu. Kurutulmuş örnek, et çekme makinesinden geçirildikten sonra halkalı değirmende öğütülerek 0.2 mm'lik elekten geçecek boyuta

indirilip toz haline getirildi. Yapılacak olan deneyler için hazır hale gelen örnekler kuru ve hava geçirmez kaplarda saklanmıştır.

#### 4.2.4. Katı atık bileşimi ile ilgili deneyler

Sivas kenti, katı atıkları için en uygun bertaraf yönteminin belirlenmesi amacıyla; madde grubu tayini için getirilen örneklerden cam, metal, plastik, kağıt gibi geri kazanılabilir maddeler ile kül, cüruf çıkarılmış ve tamamen organik içerikli atıklardan yukarıda belirtildiği şekilde analitik örnekler hazırlanmış ve bu örnekler üzerinde nem içeriği, katı madde, uçucu katı madde, sabit madde, azot içeriği, karbon içeriği, pH ve enerji içeriği deneyleri yapılmıştır.

Enerji içeriği; İKA C-400 Kalorimetre cihazı

Karbon içeriği; SC-444 Kükürt- Karbon cihazı ile ölçülmüştür

Diğer deneyler “Atıksu Arıtma ve Katı Atık ve Kompost Örneklerinin Analiz Yöntemleri” ne (Kocasoy ,1994) göre yapılmıştır.

#### 4.2.5. Katı atık miktarı ve çöp deponi alanının ömrü ile ilgili çalışmalar

Katı atık deponi alanının yer olarak uygunluğunun araştırılması kapsamında, deponi alanının hacim olarak Sivas’a kaç yıl hizmet edeceği hesaplanmıştır. Bu amaçla öncelikli olarak Sivas’ın gelecekteki nüfusu ve nüfusa bağlı olarak gelecekteki katı atık miktarları, katı atıkların kaplayacağı hacimler ve son olarak mevcut çöp deponi alanının hacmi hesaplanmıştır.

##### *Sivas’ın gelecekteki nüfusu*

Deponi alanının kullanım süresini belirlemek için, çeşitli istatistiksel nüfus tahmin yöntemleri kullanılarak kentin gelecekteki nüfus değerleri bulunmuştur.

Çalışmada kullanılan nüfus tahmin yöntemleri;

-İller Bankası yöntemi

-Aritmetik ortalama yöntemi

-Geometrik artış yöntemi

-Lineer regresyon yöntemi

Elde edilen nüfus verilerinden nüfus tahmin grafiği çizilmiş ve geçmişteki nüfus sayımlarına uyum sağlayan en uygun nüfus tahmin yöntemi belirlendikten sonra gelecek yıllar için katı atık miktarları hesaplanmıştır.

***Katı atık miktarı***

Sivas'ta gelecekte oluşabilecek katı atık miktarı hesaplanırken;

-Kişi başına üretilen katı atık miktarının 1,6 kg/kişi/gün olduğu (Peavy ve diğerleri,1985)

-Düzenli depolama alanlarında katı atıkların sıkıştırıldıktan ve yerleştikten sonraki yoğunluğunun 548 kg/m<sup>3</sup> olduğu (Tchobanoglous ve diğerleri, 1993)

-Depolanan katı atığın % 20'si kadar örtü malzemesi kullanılmasının gerektiği (Tchobanoglous ve diğerleri, 1993)

-Çöpteki geri kazanılabilir maddelerden kağıt'ın % 50, cam, metal ve plastik'in % 80'inin geri kazanıldığı düşünülerek hesaplamalar yapılmıştır.

***Deponi sahasının hacminin ve ömrünün belirlenmesi***

Deponi sahasının hacmini bulmak için deponi alanının topoğrafik haritası çıkarılmıştır. 1/2500 ölçekli olarak hazırlanan harita üzerinde deponi sınırları belirlenmiş ve elde edilen harita üzerinde 50 m aralıklarla iki yönlü kesitler alınarak milimetrik kareleme yöntemi ile arazinin topoğrafyasına uygun olarak hacim hesabı yapılmıştır. Daha sonra katı atık deponi alanının hacmi ve yıllara göre oluşan katı atıkların kapladığı hacimden yararlanarak katı atık deponi alanının ömrü belirlenmiştir.

**4.3. Sızıntı Suyu ile İlgili Çalışmalar**

Katı atık deponi alanlarından kaynaklanan en önemli sorunlardan birisi de katı atıklar içerisinden sızarak tabana ulaşan yüksek kirlilikteki sızıntı sularıdır. Sızıntı suları çözülmüş ve asılı biçimde yoğun fiziksel, kimyasal ve biyolojik kirletici parametrelerle yüklü sulardır. Bu kirli sular yüzeysel suları, toprağı ve yeraltısularını kirletmektedir. Katı atıkların bertaraf edildiğı deponi alanlarında, yağmurların ve çevredeki su kaynaklarının çöple teması sonucu kirlenen sular kanalizasyon sularından 100-500 kat daha kuvvetli ve içeriğı çok değışken bir yapıya sahiptir (El-Fadel ve Findikakis, 1997).

Bu kapsamda sızıntı suyunun özellikleri ve sızıntı suyunun Kızılırmak'a etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. Çöp deponi alanından sızan sızıntı suyu 500-600m yol aldıktan sonra Kızılırmak'a boşalmaktadır. Dolayısıyla sızıntı suyu Kızılırmak'a ulaşana kadar gerek kat ettiği yol, gerekse yan kollardan gelen su ile seyrelmektedir. Bu nedenle bir yıllık süre ile aylık periyotlarda çöp deponi alanından ve sızıntı suyunun Kızılırmak'a deşarj öncesinden sızıntı suyu örnekleri alınmıştır. Sızıntı suyunun Kızılırmak'a etkisinin araştırılması kapsamında ise; sızıntı suyunun Kızılırmak'a deşarj

noktası öncesinde ve sonrasında olmak üzere Kızılırmak'tan sızıntı suyuna eş zamanlı olarak örnekler alınarak laboratuvara getirilmiştir.

Aylık periyotlarda laboratuvara getirilen Kızılırmak ve sızıntı suyu örnekleri üzerinde pH, biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ<sub>5</sub>), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), toplam kjeldahl azotu (TKN), askıda katı madde (AKM), toplam katı madde (TKM), toplam uçucu katı madde (TUKM), alkalinite, klorür, elektriksel iletkenlik (EC) ve ağır metal ölçümleri yapılmıştır.

EC ölçümü WTW-Cond 340i model iletkenlik ölçüm cihazı ile, ağır metallerin ölçümü ise Atomik Adsorbsiyon Spektrofotometresi ile yapılmıştır. Diğer deneylerde kullanılan yöntemler aşağıda verilmiştir. Kullanılan yöntemler ile ilgili ayrıntılı bilgi için APHA-AWWA-WPCF'e (1981) bakılabilir.

- pH; Jenway trademark pH metre ile
- BOİ<sub>5</sub>; Winkler titrasyon yöntemi ile
- Toplam Kjeldahl Azotu(TKN); Standart Kjeldahl azot tayini yöntemi ile
- KOİ; Kapalı reflux titrimetrik yöntem ile
- AKM; Gravimetrik yöntem ile
- TKM; Gravimetrik yöntem ile
- TUKM; Gravimetrik yöntem ile
- Alkalinite; Titrimetrik yöntem ile
- Klorür; Arjantometrik (AgNO<sub>3</sub> ile titrasyon) yöntemi ile

## 5. SIVAS İLİ DEPONİ ALANI DOLAYININ ÇEVRE JEOLJİSİ

Sunulan çalışmada Sivas il merkezine ait yeni deponi alanının yerbilimleri verileri ışığında incelenmesi de amaçlanmıştır. Deponi alanı Sivas'ın batısında ve Sivas-Erzincan karayolunun yaklaşık 15. km'sinde güneye açılan bir vadi ile Kızılırmak arasındaki bir alanda ve Sivas-I38 a<sub>3</sub> ile a<sub>4</sub> paftalarında yer almaktadır (Şekil 5.1).

Deponi alanı ve dolayının temel jeolojik çalışmaları Kurtman (1973) Yılmaz (1980,1982, 1984, 1998), İnan ve diğerleri (1993), Poisson ve diğerleri (1996) tarafından yapılmıştır. Bu çalışmalarda yörenin temel jeolojik birimlerinin özellikleri ve stratigrafik istifi ortaya konulmuştur. Yörenin hidrojeolojik özellikleri Değirmenci (1995), Değirmenci ve diğerleri (1995), Cerit ve diğerleri (1996) ile Kaçaroglu ve diğerleri (1997) tarafından incelenmiştir.

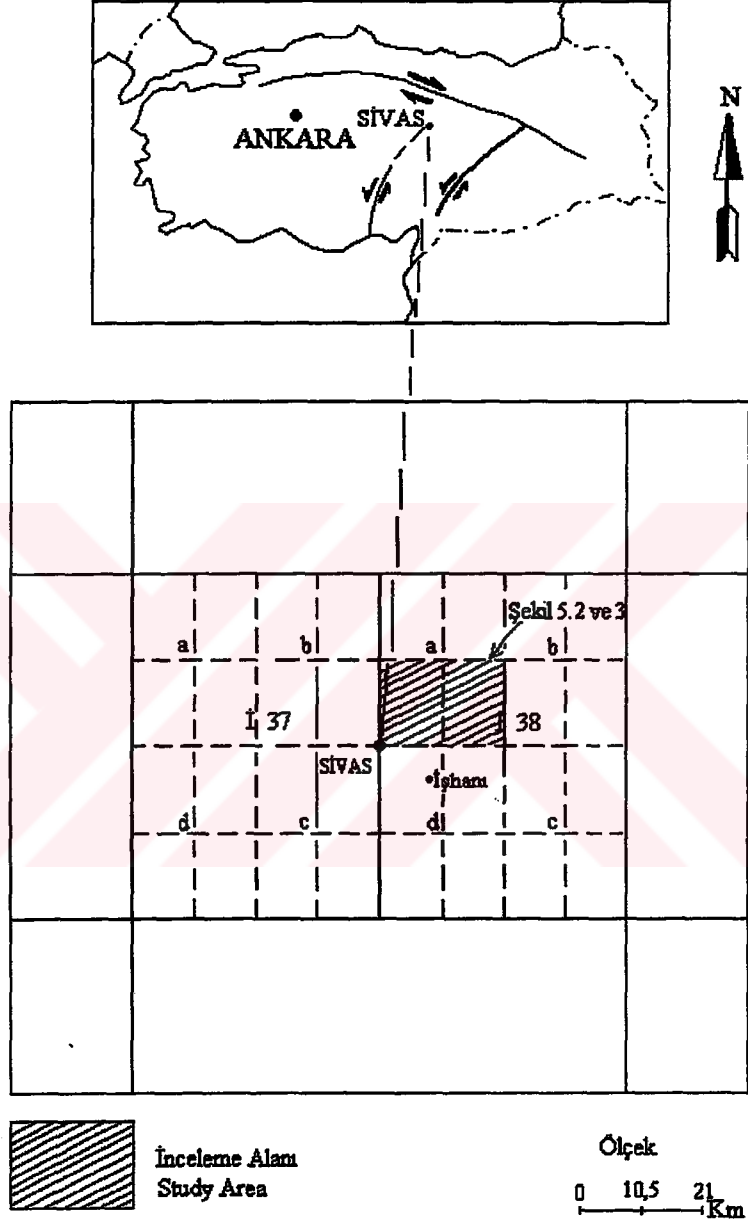
Diğer yandan Sivas yöresinin genel mühendislik jeolojisi ve arazi kullanım potansiyeli MTA (1996), Avcı ve diğerleri (1997) tarafından irdelenmiştir. Bu çalışmalarda ağırlıklı olarak yörenin halihazırdaki arazi kullanım biçimleri ele alınmıştır. Ne var ki yukarıda sunulan temel jeolojik, hidrojeolojik ve jeo-mühendislik çalışmaları, deponi alanı özelinde gerçekleştirilmemiştir.

Deponi alanlarının özellikle yer seçiminde yeterince titiz davranılmadığı bir gerçektir. Dolayısıyla ülkemizde ve dünyada önemli çevre faciaları yaşanmaktadır. Sunulan çalışmada ortaya konulan veriler, bir deponi alanının yerbilim verileri ışığında incelenmesine de katkıda bulunmaktadır. Bu yönüyle deponi alanlarının yer seçimi ve planlamasıyla ilgili incelemelerin daha ayrıntılı yapılmasının gerekli olduğu vurgulanmıştır.

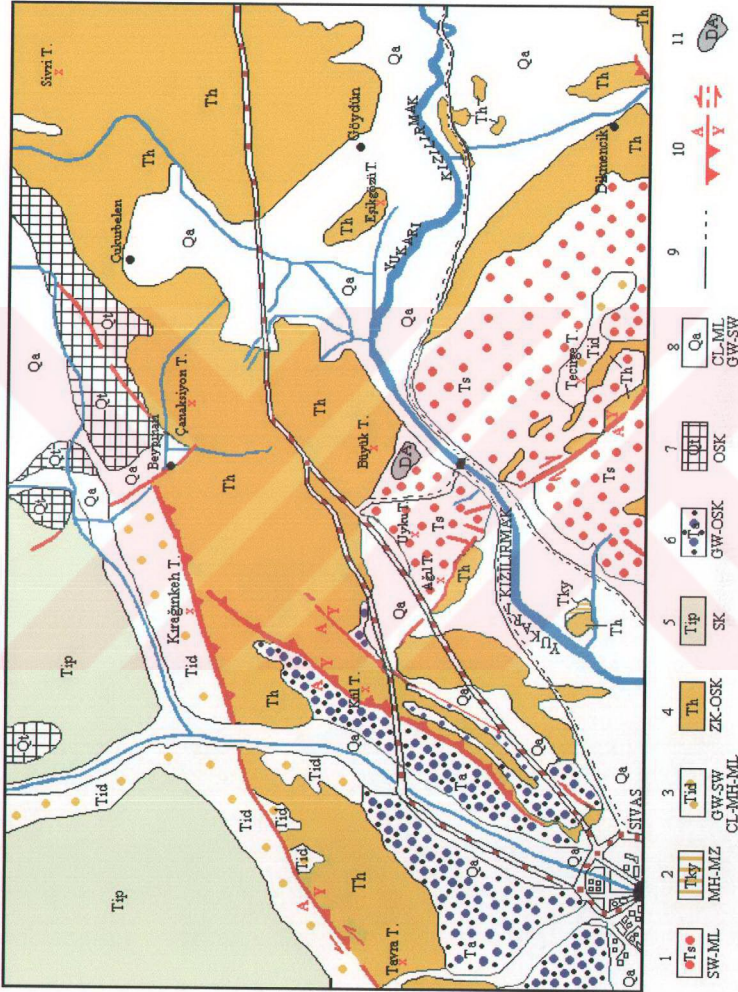
Sunulan çalışmada Sivas ili deponi alanı dolayının temel jeolojik, hidrojeolojik ve bazı jeo-mühendislik özellikleri deponi alanı özelinde güncelleştirilmiş ve ortaya çıkan eksikler de giderilmiştir (Şekil 5. 2 ve 5.3). Yörenin çevre jeolojisini güncelleştirmek üzere yeni gözlemlerin ve deneylerin yapılmasına gereksinim duyulmuştur. Sonuç olarak yapılan çevre jeolojisi çalışmaları ışığında deponi alanının yeniden planlamasına ışık tutulmaktadır.

### 5.1. Deponi Alanı Dolayının Jeolojik Özellikleri

Deponi alanlarının incelenmesinde yörenin kayatürü özellikleri ve stratigrafik istifin ayrıntılı ve doğru bir şekilde ortaya konulması zorunludur. Ayrıca yörenin önemli yapısal unsurları ve birimlerin deformasyonu sırasında gelişen yapıların deponi alanı özelinde güncelleştirilmiştir (Şekil 5.2). Kayatürlerinin stratigrafik ve yapısal özellikleri ile bu birimlerin hidrojeolojik ve jeo-mühendislik özellikleri arasında birebir ilişkiler



Şekil 5.1. Mühendislik jeolojisi ile hidrojeolojik verilerin derlendiği alanın bulduru haritası.



Şekil 5.2. Sivas İli deponi alanı dolayının mühendislik jeolojisi haritası (Poisson ve diğerleri, 1999; MTA, 1996; Avcı ve diğerleri, 1997 ve yeni veriler), Açıklamalar s.40'ta görülmektedir.



Şekil 5.2. Sivas ili deponi alanı dolayının mühendislik jeolojisi haritası (Poisson ve diğerleri, 1996; MTA, 1996; Avcı ve diğerleri, 1997 ve yeni veriler).

**Açıklamalar;** 1-Oligosen yaşlı Selimiye formasyonu, genel olarak karasal kıvrıntılı kayalar, başlıca alacalı çakıltaşı, kumtaşı (Ts), SW-ML; 2-Alt Miyosen yaşlı Karacaören formasyonu Yoğurtludağ üyesi sığ denizel kireçtaşı (Tky), MH-MZ; 3-Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı İncesu formasyonu- Derindere üyesi, turuncumsu karasal kıvrıntılı kayalar (Tid), GW-SW-CL-MH-ML; 4-Oligo-Miyosen yaşlı Hafik formasyonu, başlıca jips ve ince kıvrıntılı kayalar (Th), ZK-OSK; 5-Üst Miyosen-Pliyosen yaşlı İncesu formasyonu-Porsuk üyesi gölsel karbonatlar (Tip), SK; 6- Alt Miyosen yaşlı Apa formasyonu,sığ denizel ve yer yer karasal kırmızı- gri çakıltaşı, kumtaşı, kiltası (Ta), GW-OSK; 7-Kuvaterner yaşlı travertenler (Qt), OSK; 8-Kuvaterner yaşlı alüvyon (Qa), CL-ML-GW-SW; 9-Dokanaklar; 10-Bindirme bileşenli doğrultu atımlı faylar (A, alçalan blok, Y, yükselen blok anlamındadır. Oklar göreceli yanal hareketin yönünü göstermektedir), 11-Sivas il merkezi deponi alanı (DA).

**Mühendislik Açıklamaları:**

SK : Sağlam kaya,

OSK: Orta derecede sağlam kaya,

ZK : Zayıf kaya,

GW : İyi derecelenmiş çakıl, çakıl-kum karışımları (İnce taneleri az veya hiç olmayan),

SW : İyi derecelenmiş kumlar ve çakıllı kumlar (İnce taneleri az veya hiç olmayanlar),

ML : İnorganik silt ve çok ince kumlar, çok az plastik siltli ya da killi ince kumlar,

CL : İnorganik killer (Düşük ile orta plastisitede),

MH : İnorganik siltler, diyatomeleli veya mikalı ince kumlu ya da yer yer elastik siltli

zeminler.



vardır. Dolayısıyla jeolojik çalışmalarda ortaya konulan veriler ne ölçüde doğru olursa, hidrojeolojik ve jeo-mühendislik değerlendirmeler de o ölçüde sağlıklı gerçekleştirilebilir. Bu kapsamda, deponi alanı olarak kullanılan alanın ne tür bir temelden oluştuğunu belirlemek üzere, bu alanın öncelikle stratigrafik ve yapısal özelliklerinin ayrı ayrı sunulmasında yarar görülmüştür.

### 5.1.1. Stratigrafi

Sivas havzası uzun zamandan beri incelenmektedir (Kurtman, 1973; Yılmaz, 1980, 1982, 1984). Bu çalışmalarda ve daha sonra yapılan yorumlarda (Yılmaz, 1994, 1998; Poisson ve diğerleri, 1996) Sivas havzasının ofiyolitli karışık ve metamorfitten oluşan bir temel üzerinde geliştiği kabul edilmektedir.

Ofiyolitli karışığın üzerinde ise kalınlığı önemli değişiklikler gösteren Üst Kampaniyen- Paleosen yaşlı, ağırlıklı olarak kireçtaşıdan oluşan bir düzey yer almaktadır. Ayrıca Sivas havzasının kuzeybatısında Pazarcık yöresinde, güneybatısında Şarkışla yöresinde bir bölümü Paleosen-Alt Eosen yaşlı volkano-tortul bir dizi bulunmaktadır. Bu dizinin Üst Kampaniyen-Paleosen yaşlı kireçtaşları ile ilişkisi, izlenmemekle beraber geçişli olması mümkündür. Paleosen-Alt Eosen yaşlı volkano-tortul dizinin üzerine ise sıra ile Alt Eosen yaşlı kırıntılı kayalardan oluşan Bozbel formasyonu ve Üst Eosen- Oligosen yaşlı Küçüktuzhisar Jipsleri yer almaktadır.

Deponi alanı yöresinde yüzeylenmeyen Bozbel Formasyonu'nun çeşitli boyutlarda kırıntılı kayalardan oluştuğu ve yer yer çeşitli kökenlerde bloklar içerdiği bilinmektedir (Kurtman, 1973). Küçüktuzhisar jipsleri ise gördür kalınlığı sıkça değişen genel olarak masif yer yer orta-kalın katmanlı jipsler ve kırıntılı düzeylerle ardalanan bir yapı sunduğu görülmektedir. Bölgesel jeolojik veriler incelendiğinde deponi alanı yöresinde yer alan Oligosen yaşlı Selimiye formasyonu'nun alta Bozbel formasyonu, üstte Küçüktuzhisar jipslerinin yer aldığı bir temelin üzerinde yer aldığı söylenebilir (Şekil 5. 4).

#### *Selimiye formasyonu*

Sivas Tersiyer havzasında Oligosen yaşlı kırıntılı karasal oluşuklar, Selimiye formasyonu olarak adlandırılmıştır (Kurtman, 1973).

Genel olarak morumsu, kırmızı yer yer alacalı gri renkte olan çakıltası, kumtaşı, silttaşı ve çamur taşı ardalanmasından oluşan birim, kalın, orta-kalın ve orta-ince katmanlıdır. Kırıntılı düzeylerde derecelenme ve çapraz katmanlanma gibi sedimentler



yapılar izlenmektedir.

İnceleme alanında yüzeylenen en alt düzeyi temsil eden Selimiye formasyonu, inceleme alanı dışında ve özellikle Sivas Havza'sının güney kenarında Küçüktuzhisar Jipsleri'nin üzerine uyumlu ve geçişli olarak gelmektedir.

Öte yandan bu birim, deponi alanı olarak kullanılan yerin temelini oluşturmaktadır (Şekil 5.5, 5.6 ve 5.7). Onun için Selimiye formasyonu'nun inceleme alanında **a**, **b**, **c**, **d**, **e** ve **f** gibi alt düzeylere ayrılarak, ayrıntılı bir biçimde irdelenmesinde yarar görülmüştür. Şekil 5.8 ve 5.9'da görüldüğü gibi bu birimin deponi alanı özelindeki en altta yer alan **a** düzeyi, kilitaşı ve kumtaşı aralanmasından oluşmaktadır. Bu düzeyin, inceleme alanının dışında çakiltası, kumtaşı ve kilitaşı ardışımı biçiminde tekdüze olmayan bir yapıdaki topluluğun üzerine geldiği bilinmektedir.

Birimin B düzeyi ise orta ve kalın katmanlı yer yer çakıllı olan ve bol oranda eklemli bir kumtaşı düzeyi ile temsil edilmektedir. **c** düzeyi, kilitaşı ve çamurtaşı ardışımından oluşmaktadır. **d** düzeyi **b** düzeyinin özelliklerini taşımakta olup daha incedir. **e** düzeyi ise başlıca çakiltası, kumtaşı, kilitaşı, çamurtaşı ve şeyl aralanmasından oluşmaktadır. En üstte yer alan **f** düzeyi katmanlı jips ve ince taneli kırıntılı düzeylerin aralanması ile temsil edilmektedir. Bu düzey, aynı zamanda Selimiye formasyonu ile üstte yer alan Hafik formasyonu arasındaki geçişli bir ilişkiyi yansıtmaktadır. Deponi alanı, ağırlıklı olarak **e** ve **f** düzeyleri üzerinde bulunmaktadır (Şekil 5.8 ve 5.9).

#### *Hafik formasyonu*

Sivas havzasında oldukça geniş yayılım sunan ve ağırlıklı olarak masif jipslerden oluşan Oligo-Miyosen yaşlı birim, Hafik formasyonu olarak adlandırılmıştır (Yılmaz, 1982, 1984; Aktimur ve diğerleri, 1988). Masif jipslere yer yer kırıntılı katmanlı jips aralanmasından oluşan düzeyler de eşlik etmektedir.

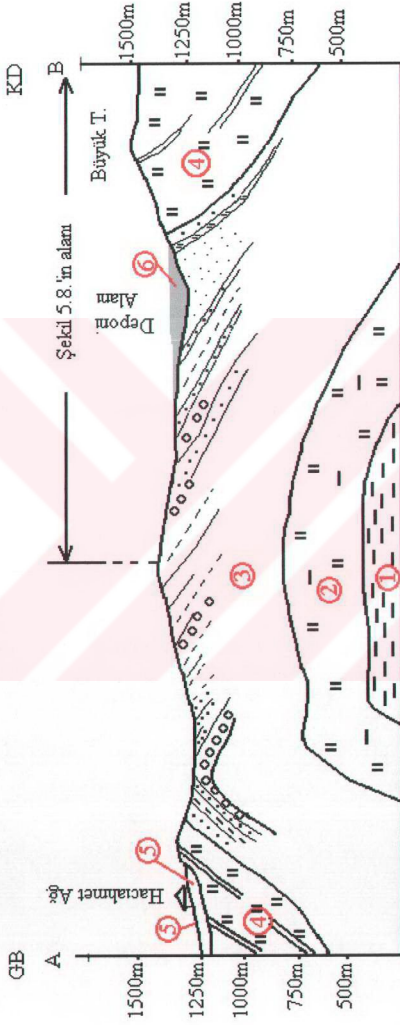
Jipsler, beyaz açık gri, yer yer alacalı renkte olup, genel olarak masif ya da kalın katmanlı düzeyler halindedir. Kimi yerlerde orta-ince taneli kırıntılı düzeylerle aralanır. Kalınlıkları yanal olarak değişken olan birim, yer yer görsel ya da akarsu ortamı ürünü kırıntılı kayalarla yanal geçişlidir.

Bu birim, inceleme alanında ve yakın dolayında Selimiye formasyonu üzerine uyumlu ve geçişli olarak gelmektedir. İnceleme alanında altta yer alan Selimiye formasyonu ile üstte yer alan Hafik formasyonu arasındaki dokanak boyunca katmanlar oldukça dikleşmiş ve yer yer milonitik zonlar oluşmuştur. Bu özelliklerin, jipslerin



Jeolojik yaş	Formasyon	Kayatürü	Kalınlık(m)	Açıklamalar
Kuvaterner		Qa Qak Qym	> 25	Qa, Alüvyon, gevşek çimentolu taşınmış orta, ince taneli gereçler, CL-ML, GW-SW Qak, Alüvyon konisi, gevşek tuturulmuş çeşitli boyutlarda gereçler, GW Qym, Yamaç molozu, gevşek tuturulmuş çoğun iri taneli gereçler, GW
Miyosen (Alt)	Apa	Ta	> 100 m	Ta, Apa formasyonu, sığ denizel, yer yer karasal kırıntılı ve katmanlı gereçler, GW-OSK
	Karacaören	Tyk	> 25 m	Tyk, Karacaören formasyonu -Yoğutudağ üyesi, sığ denizel kireçtaşı, OSK-MH-MZ
	Hafik	Th	> 25 m	Th, Hafik formasyonu, masif jips, yer yer jips ve kırıntılı kayaların ardalanması, ZK-OSK
Oligosen	Selimiye	Ts	> 250	Ts, Selimiye formasyonu: Üst düzeylerde orta ve ince taneli kırıntılı kayalar, başlıca kumtaşı, kiltası, orta ve ince katmanlı, SW-ML
				Orta düzeylerde, orta ve ince taneli yer yer iri taneli kayalar, başlıca çakıllı kumtaşı, kumtaşı, kiltası ardalanması, orta ve kalın katmanlı, bol oranda eklemli, SW-ML-OSK
				Alt düzeyler, iri taneli, yer yer orta ve ince taneli, çakıllı egemen kumtaşı ara katkılar izlenir, SW-ML-GW

Şekil 5.6. Sivas il merkezi deponi alanının Şekil 5'te sunulan haritada yer alan birimlerin ayrıntılı dikme kesiti.



Şekil 5.7. Sivas il merkezi deponi alanı bölgesel enine kesiti ve yüzeylenmiş birimlerin derin yapılarla olası ilişkisi (Kesit yeri Şekil 5.5'tedir).

Açıklamalar: 1-Orta-Üst Eosen yaşlı Bozbel formasyonu; denizel orta ve ince taneli kırıntılı kayalar, 2- Üst Eosen-Oligosen yaşlı Küçüktuzhisar jipsleri, masif yer yer katmanlı ve kırıntılı ara katkılı jipsler, 3-Oligosen yaşlı Selimiye formasyonu, karasal kırmızı çakıltaşı, kumtaşı, kilaşı ardalanması, 4- Oligo-Miyosen yaşlı Hafik formasyonu, başlıca jips ve orta-ince kırıntılı düzeyler, 5- Kuvaterner yaşlı altıvyon, 6- Deponi alanı





Jeolojik yaş	Formasyon	Kayatürü	Kalınlık (m)	Kayatürü özellikleri	Geo-Mühendislik Özellikleri
Kuvaterner		Qa, Qs	> 25	Qa, alüvyon, gevşek çimentolu ve taşınmış Qs, toprak, yeriyerinde	
Üst Oligosen – Alt Miyosen Selimiye	Hafik	Th	> 25	Th, Masif jips, yer yer, jips ve kırıklı ardalanması	
		Tsg, Tsf	20-10	Tsg, Çakıltaşı, çakıllı kumtaşı Tsf, Jips, çakıltaşı, kumtaşı ardalanması, katmanlı ve milonitik	
		Tse	> 150 m	Tse, Çakıllı kumtaşı, kumtaşı, kilitaşı ardalanması	
		Tsd, Tsc	50	Tsd, Çakıllı kumtaşı katmanlı ve eklemlili Tsc, Silttaşı, çamurtaşı, kilitaşı	
		Tsb, Tsa	25	Tsb, Çakıllı kumtaşı katmanlı ve eklemlili Tsa, Çakıllı, kumtaşı ve kireçtaşı	

Şekil 5.9. Deponi alanı dolayının Şekil 5.8’de sunulan haritada yer alan birimlerin ayrıntılı dikme kesiti.

oluşumlarından sonra şişmeleri ya da dokanak boyunca yer alan düzeylerin deformasyonları sonucu kazanıldığı düşünülmektedir.

#### ***Karacaören formasyonu - Yoğurtludağı üyesi***

Miyosen yaşlı denizel kırıntılı ve karbonatlar bir bütün olarak Karacaören formasyonu olarak adlandırılmıştır (Kurtman, 1973). Bu formasyonun içinde yer alan sığ denizel karbonatlar ise Yoğurtludağı üyesi olarak ayırtlanmıştır (Aktimur ve diğerleri, 1988).

İnceleme alanı dolayında yer alan küçük bir kireçtaşı düzeyi deponi alanı batısında yer almaktadır (Şekil 5.5). Kireçtaşı, gri-beyaz renkte, masif yer yer orta- kalın katmanlı, genel olarak eklemli ve bol oranda foraminifer, ekinid ve lamelli kabuk kırıntılarını içermektedir. Bu birim kıyıya yakın, neritik bir ortamda çökelmiş olabilir.

Karacaören formasyonu- Yoğurtlu dağı üyesi, Selimiye ve Hafik formasyonları üzerine ince taneli bir çakıltaşı ile ve açılı uyumsuzlukla gelmektedir. Bu ilişki, Sivas havzasının çeşitli yerlerinde ve özellikle İşhanı köyü doğusunda izlenebilir.

#### ***Apa formasyonu***

İnceleme alanının ve Sivas'ın batısında sığ denizel ve karasal kırıntılı kayalarla temsil edilen bir topluluk Apa formasyonu olarak adlandırılmıştır (Yılmaz ve diğerleri, 1989, 1990). Bu birimin, yukarıda sunulan Karacaören formasyonundan farkı, denizel kırıntılı düzeyler içermesi ve yer yer karasal kırıntılı düzeylerin de denizel kırıntılı düzeylere eşlik etmesidir. Apa formasyonunun yayılımı, Alt Miyosen sırasında doğudan gelen denizel transgresyonun Sivas'ın batısına doğru ilerlediğini de göstermektedir.

Gri, sarımsı yer yer alacalı ve kırmızı renkte olan kırıntılı kayalar başlıca çakıltaşı, kumtaşı, kıltaşı ve çamurtaşı ardalanmasından oluşmaktadır. Orta-kalın katmanlı olan birim, yer yer jips ve kömür ara katkılarını içermektedir. Derecelenme ve çapraz katmanlanma olağan yapılarıdır.

Bu birim de Selimiye ve Hafik formasyonları üzerine açılı uyumsuzlukla gelmektedir. Ancak bu ilişkiler, dokanak boyunca gelişen faylar ve deformasyonlar nedeniyle incelenememektedir.

#### ***İncesu formasyonu***

Sivas havzasının kuzeyinde Üst Miyosen – Pliyosen yaşlı akarsu ve gölsel çökeller İncesu formasyonu olarak adlandırılmıştır (Yılmaz,1980).

Ayrıca, altta yer alan ve akarsu çökellerinden oluşan kırıntılı düzey Derindere üyesi, gölsel karbonatlardan oluşan üstteki düzey ise Porsuk üyesi olarak adlandırılmıştır (Yılmaz, 1982).

İnceleme alanının kuzeyinde (Şekil 5.2 ve 5.5) izlenen bu birimler, deponi alanı dolayında (Şekil 5.8) görülmemektedir. İncesu formasyonu daha eski olan tüm birimlerin üzerinde açılı uyumsuzlukla yer almaktadır.

#### ***Kuvaterner yaşlı oluşuklar***

İnceleme alanında ve yakın dolayında Kuvaterner yaşlı topraklar ve alüvyonlar ova konumunda olan düzlüklerde ve akarsu vadilerinde geniş bir alanda görülmektedir. Alüvyonlar genel olarak tutturulmamış ya da gevşek tutturulmuş ve taşınma evresi geçirmiş çakıl, kum ve çamur depolarıyla temsil edilmektedir. Topraklar ise ince taneli ve yerli yerinde oluşmuş ince taneli zeminleri temsil etmektedir. Ayrıca traverten ve yamaç molozu ya da alüvyon konileri yer yer izlenmektedir (Şekil 5. 5 ve 5.8). Özellikle alüvyon ve Selimiye formasyonu üzerinde yerli yerinde oluşmuş toprak, deponi malzemesinin zemini durumundadır.

#### **5.1.2. Tektonik**

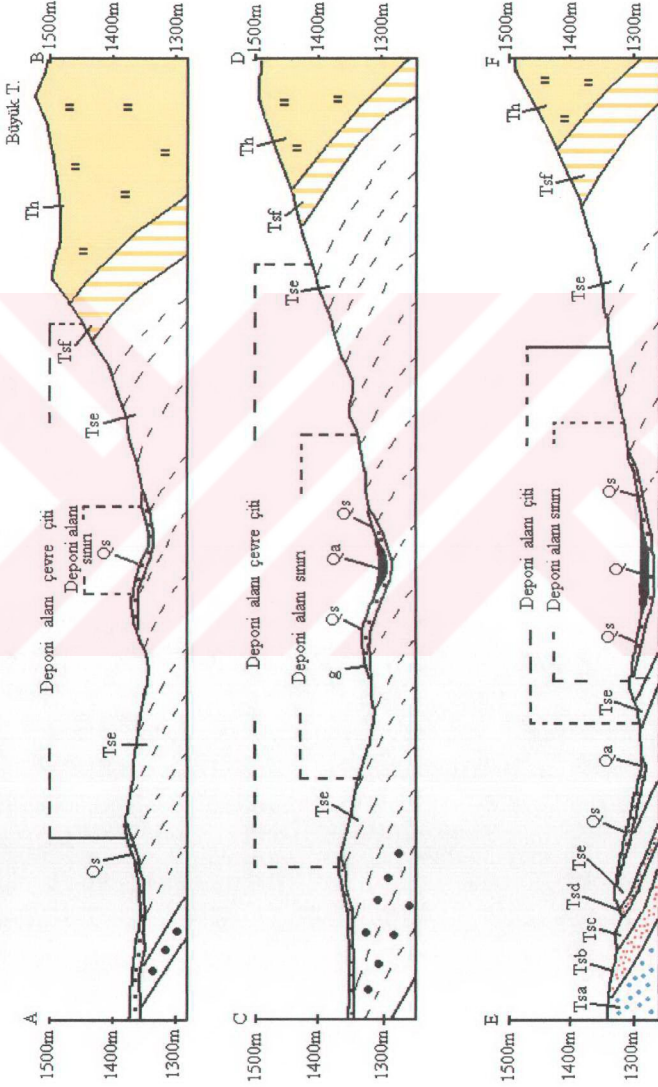
İnceleme alanının yapısal unsurları, başlıca faylar, kıvrımlar ve kırıklarla temsil edilmektedir. Şekil 5.7, 5.10 ve 5.11'de görülen yapı kesitleri irdelendiğinde, katmanlanmanın deponi alanının enine ve boyuna kesitleri boyunca, değişimi de izlenmektedir.

#### ***Faylar***

Genel olarak inceleme alanının kuzeyinde Şekil 5.2'de görüldüğü gibi kuzeydoğu-güney batı gidişli bindirme bileşenin de yer aldığı sol yönlü doğrultu atımlı faylar izlenmektedir. Bu faylar, Yukarı Kızılırmak Fay zonu'nun (Yılmaz, 1994, 1998) bileşenleri olup, sınırlı olarak aktif olabilirler. Ancak bu fayların deponi alanını etkilemesi beklenmemektedir.

#### ***Kıvrımlar***

İnceleme alanında yer alan kırıntılı birimlerin katmanlanmasına bakıldığında yaklaşık kuzeybatı-güneydoğu gidişli bir kıvrım dikkati çeker. Bu kıvrımın ekseninde katmanların eğimi 10-15 derece, kanatlara doğru 35 – 45 derece dolayındadır (Şekil 5. 7, 5.10 ve 5.11). Deponi alanı, katmanların dikleştiği antiklinalin batı kanadı üzerinde yer almaktadır.



Şekil 5.10. Deponü alanının ayrıntılı enine kesitleri (Kesit yerleri Şekil 5.8' de olup açıklamalar için 5.8 ve 5.9'a bakılabilir).



### **Kırıklar**

İnceleme alanının tüm birimlerinde çökelme sırasında ya da sonrasında olmak üzere, çeşitli boyutlarda kırıklar ve eklemeler gelişmiştir. Deponi alanında yer alan Selimiye formasyonu'nun özellikle **b** ve **d** düzeylerindeki kalın katmanlı çakıllı kumtaşlarındaki eklemeler ölçülmüş ve değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeye göre **b** ve **d** düzeyleri tipik bir akiferin özelliklerini taşımaktadır. Ancak, **b** ve **d** düzeyleri deponi alanı olarak kullanılan alanın dışında yer almakta olup, deponi alanının sızıntı sularından etkilenmemektedir.

### **5.2. Deponi Alanı Dolayının Hidrojeolojik Özellikleri**

Deponi alanı yakın dolayının ve Sivas Tersiyer havzasının genel hidrojeolojik özellikleri ve jipsli akiferlerden su sağlama yönüyle karşılaşılan kalite sorunları, Sivas yöresinde geniş bir yayılım sunan Oligo-Miyosen yaşlı jipslerin karstik yapıları ve bu yapıların yörenin tektonik unsurlarıyla olan ilişkileri ortaya konulmuştur (Değirmenci, 1995; Değirmenci ve diğerleri, 1995; Cerit ve diğerleri, 1996; Kaçaroğlu ve diğerleri, 1997). Öte yandan, Sivas il sınırları içinde yer alan bölge yüzey suları yönüyle havzalara ayırmıştır (Topdağ, 2002). Bu çalışmaya göre deponi alanı, Yukarı Kızılırmak havzasında yer almaktadır. Ancak, Sivas havzasının temel birimlerinin hidrojeolojik özellikleri ve deponi alanının yüzey ve yeraltısuları açısından konumuna ilişkin herhangi ayrıntılı bir çalışma yapılmamıştır. Deponi alanı özelinde yeraltı ve yüzey sularının yöredeki akiferlerle ilişkilerinin kurulması zorunludur. Dolayısıyla sunulan çalışmanın bir amacı da özellikle deponi alanı yakın dolayında yer alan temel jeolojik birimlerin hidrojeolojik özelliklerini ortaya koymak ve deponi alanının yüzey ve yeraltısuları yönüyle konumunun belirlenmesine katkıda bulunmaktır.

Şekil 5.3'de deponi alanının bölgesel düzeyde yüzey suları açısından konumu görülmektedir. Deponi alanı, Kızılırmak'a açılan bir vadide yer almaktadır. Şekil 5.5 ve Şekil 5.8 irdelendiğinde, deponi alanı sızıntı sularına açık olan Kızılırmak'ın kolaylıkla kirlenebileceği söylenebilir. Öte yandan Stratigrafik birimlerin hidrojeolojik özellikleri ve yeraltısularının konumu da dikkate alınrsa deponi alanının yeraltısularını etkileyip etkilemeyeceği de kolaylıkla anlaşılabilir.

#### **5.2.1. Stratigrafik birimlerin hidrojeolojik özellikleri**

Sivas Tersiyer havzası, ofiyolitli karışık ve metamorfitten oluşan bir temel üzerinde gelişmiştir. Metamorfitten özellikle mermer düzeyleri ve ofiyolitli karışığın

kireçtaşı blokları bol kırıntılı ve eklemli olup birer akifer niteliğindedirler. Deponi alanı ve yakın dolayında gözlenmeyen bu akiferlerin düşük kotlu yerlerinde yer yer kaynaklar izlenmektedir. Metamorfilerin şist ve gnaylardan oluşan kesimleri ile ofiyolitli karışığın magmatik kesimleri ise yeraltısularını içermemektedir.

Ofiyolitli karışığın üzerinde yer alan Üst Kampaniyen – Paleosen yaşlı ve ağırlıklı olarak kireçtaşından oluşan düzey önemli bir akifer niteliğindedir. Paleosen –Alt Eosen yaşlı volkano tortul dizi ile Orta - Üst Eosen yaşlı kırıntılı kayalardan oluşan Bozbel formasyonu ise özellikle orta ve iri taneli kırıntılı kayatürlerinden oluşan düzeyleri su veren birim (akifer) niteliğinde, ince taneli kırıntılı kayatürlerinden yapıtlı düzeyleri ise su tutan birim (aquiclude) niteliğindedir. Üst Eosen – Oligosen yaşlı Küçüktuzhisar Jipsleri ise tipik bir su veren birimin (akiferin) niteliklerini yansıttığı söylenebilir.

Diğer bölgesel jeolojik verilere göre, deponi alanının temelini ve yer yer zeminini oluşturan Oligosen yaşlı Selimiye formasyonu, akifer niteliğindeki Küçüktuzhisar jipsleri'nin üzerinde yer almaktadır.

Bölgesel jeoelektrik haritaları projesi (Duvarcı,1994) kapsamında yapılan öz direnç incelemeleri ve yapılan enine kesitlerde ortaya konulan birimlerin kalınlıkları incelendiğinde, deponi alanının altında ve yaklaşık 500 m derinlikte Küçüktuzhisar jipslerinin yer aldığı kabul edilebilir (Şekil 5.7). Buna göre deponi alanının temelini oluşturan Oligosen yaşlı Selimiye Formasyonu'nda bir sondaj yapılması durumunda, yaklaşık 500 m derinlikte Üst Eosen – Oligosen yaşlı Küçüktuzhisar jipsleri'ne ulaşması beklenmektedir.

Deponi alanının temelini oluşturan Selimiye formasyonu başta olmak üzere, deponi alanı yakın dolayındaki birimlere ilişkin hidrojeolojik özellikler aşağıda daha ayrıntılı olarak sunulmuştur.

### ***Selimiye Formasyonu***

Sivas Tersiyer havzasında Oligosen yaşlı karasal kırıntılı kaya türlerinden oluşan bu birim, Sivas yöresinde kaliteli su içermesi açısından tipik bir akifer niteliğindedir. Bu akiferden boşalan suyun tipik özelliklerini Sivas-Kayseri yolu 10. km'sindeki Taşlıdere Petrol Ofisi İstasyonu çeşmesinde incelemek mümkündür. Söz konusu su, Taşlıdere Petrol İstasyonunun 10 km kadar güney doğusundaki tepelerin eteklerinde Selimiye formasyonu kumtaşlarının üst seviyelerinden çıkan bir kaynaktan borularla taşınıp getirilen sudur. Birimin özellikle çakıltaşı, çakıllı kumtaşı ve kumtaşı düzeyleri iyi bir



akifer olmakla beraber, kiltası ve çamurtaşından oluşan ince taneli kesimi geçirimsiz temeli temsil eder.

Selimiye formasyonu, deponi alanının temelini oluşturduğundan **a, b, c, d, e ve f** gibi düzeylerine ayırtlanarak oldukça ayrıntılı bir biçimde irdelenmiştir. **a ve c** düzeylerinde ince taneli kayatürleri egemendir. Dolayısıyla bu düzeylerin akifer olma nitelikleri sınırlıdır. **b ve d** düzeyleri oldukça kırıklı ve eklemli olup iyi bir akiferin tüm niteliklerini taşımaktadırlar. Deponi alanının üzerinde yer aldığı **e ve f** düzeyleri ise ince taneli ve iri taneli kayatürlerinin yanal ve dikey yönde sıkça geçiş yaptığı heterojen bir yapıda olmaları nedeniyle sınırlı birer akifer olarak kabul edilebilir.

### ***Hafik formasyonu***

Sivas havzasında oldukça geniş bir yayılım sunan ve masif jipslerden oluşan Oligo-Miyosen yaşlı Hafik formasyonu da bölgedeki en önemli akifer durumundadır. Dolin, ovala ve polye türü karstik yapıların yaygın olarak geliştiği bu birim, KB-GD ve KD-GB doğrultulu fayların ve kırık zonlarının denetiminde deformasyona uğramıştır. Karstik yapıların da kırık zonlarına bağlı olarak geliştiği kabul edilmektedir (Kaçaroğlu ve diğerleri,1997). Karstik su kaynaklarının yöredeki egemen kırık zonlarının kesişim yerlerinde yer aldığı ve jipsli formasyonların yeraltı ya da yerüstü suları ile temasa geçtiğinde bu formasyonların içerdiği anyon ve katyonların çözünerek su kalitesi yönüyle sorunlara neden oldukları sonucuna varılmıştır (Değirmenci, 1995; Değirmenci ve diğerleri,1995).

Hafik formasyonu'nun bileşiminde evaporit grubu minerallerden jipsin ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) yanısıra anhidrit ( $\text{CaSO}_4$ ) ve kayatuzu ( $\text{NaCl}$ ) da bulunur. Bu mineraller, iyonik bir kafes yapısına sahip olup, su ile temas etmeleri sırasında kolaylıkla çözünürler. Su, ortamı terk ettiğinde, evaporit grubu mineraller tekrar kristalleşebilir, ya da iyonlar yer değiştirerek yeni mineraller oluşabilir veya mineraller birbirine dönüşebilirler. Dolayısıyla bu minerallerin oluşturduğu kayatürlerinin egemen olduğu ortamdaki havzalarda su kalitesi kolaylıkla bozulmaktadır. Evaporit grubu minerallerin çözüldüğü yüzey ve yeraltısuları doğal olarak kirlenmektedir. Sivas dolayındaki yüzey ve yeraltısularının büyük bir bölümü, bölgede çok geniş bir yayılım gösteren Hafik formasyonu jipslerinin varlığı nedeniyle toplam çözünmüş iyon miktarı oldukça yüksek, tuzlu ve acı sulardır. Çöp deponi alanının yaklaşık 5 km kadar doğusunda yer alan Göydün ve Seyfe kaynakları (Şekil 5.3) özellikle kurak dönemde, Kızılırmak suyunu

sulamada dahi kullanılmayacak derecede kalitesiz duruma getiren önemli iki karst kaynağıdır (Değirmenci ve diğerleri, 1996).

#### ***Karacaören formasyonu-Yoğurtludağ üyesi***

Alt Miyosen yaşlı sığ denizel kırıntılı ve karbonatların egemen olduğu birim, tipik bir akiferin tüm özelliklerini yansıtmaktadır. Özellikle bol eklemlili ve kalın katmanlı kireçtaşları, Sivas yöresinin içilebilir sularının akiferi durumundadır Ancak bu birimler, deponi alanı dolayında görülmemekte, dolayısıyla deponi alanının olumsuz koşullarından etkilenmemektedir.

#### ***Apa formasyonu***

Sivas'ın yakın dolayındaki ve kuzeyindeki Alt Miyosen yaşlı sığ denizel ve karasal ortamların ürünü kırıntılı kaya türleriyle temsil edilen topluluk, yeraltı sularının iyi sayılabilecek bir akiferini temsil etmektedirler. Ancak bu birimlerde deponi alanının kuzeyinde yer almakta olup, deponi alanının olumsuz koşullarından etkilenilebilecek bir mesafede ve konumda değildirler.

#### ***İncesu formasyonu***

Sivas'ın kuzeyinde yer alan Üst Miyosen- Pliyosen yaşlı akarsu ortamının ürünü iri taneli kırıntılı kaya türlerinin üzerinde yer alan gösel ortamın ürünü karbonatlar yeraltı suları yönüyle zengin birer akifer niteliğindedirler. Formasyonu oluşturan kaya türlerinin özellikle alt kotları zengin birer kaynak potansiyeline sahiptirler. Ancak bu formasyonun konumu ve deponi alanından uzaklığı gözletildiğinde, bu akiferlerin de deponi alanının olumsuz koşullarından etkilenmeyeceği yeterince açıktır.

#### ***Kuvaterner yaşlı oluşuklar***

Kuvaterner yaşlı alüvyonlar ve yerli yerinde oluşmuş toprak deponi alanında ve yakın dolayındaki vadilerde ve ova konumundaki düzlüklerde yer almaktadırlar. Kızılırmak vadisi boyunca ve Kızılırmak'a ulaşan vadilerde ya da yamaçlarda yer alan alüvyon ve toprak, yüzey sularının üzerinden aktığı bir zemini oluşturmaktadırlar. Bu oluşuklar, özellikle dolaylarındaki jipsli akiferlerden süzülen sulara yatak işlevini gördüğü kesimleri, doğal olarak kirlenmiş, dolayısıyla içme ya da tarım amaçlı kullanımı sınırlı olan yeraltı sularının bulunduğu akiferlerdir.

#### **5.2.2. Yeraltı ve yüzey sularının konumu**

Deponi alanı dolayının yüzey suları ve özellikle akarsular ve çeşitli kaynakların konumu Şekil 5.3'te görülmektedir. Yukarıda sunulan birimlerin hidrojeolojik özellikleri

Şekil 5.7 ile Şekil 5.10 ve 5.11'de ortaya konulmuştur. Öte yandan taşkın alanının sınırı Şekil 5.5 ve Şekil 5.8'de görülmektedir. Sunulan tüm verilere göre, deponi alanından kaynaklanan sızıntı suları derine sızmadan yamaç boyunca vadi tabanını izleyerek yüzey suyu ve/veya yüzeyaltı akımı şeklinde Kızılırmak'a ulaşmakta ve dolayısıyla deponi bölgesinde önemli bir yeraltısuyu kirliliği sorunu oluşturmamaktadır. Söz konusu yerel alanda yeraltısuyu kullanımı yoktur. Dolayısıyla kirlenme, yüzey suyu şeklinde ve özellikle Kızılırmak debisinin çok düşük olduğu dönemlerde etkili olacaktır. Sonuç olarak, deponi alanından ortaya çıkabilecek kirliliklerin denetlenebilmesi için, deponi alanının yeniden planlanması sırasında zemine geçirimsiz yapay (sentetik) membranların serilmesi ve sızıntı sularının Kızılırmak'a ulaşmadan bertaraf edilmesi zorunlu görülmektedir.

### 5.2.3. Çöp alanı dolayındaki yeraltısuyu kalitesi

Çöp deponi alanı dolayındaki yeraltısuyunun kalitesinin araştırılması amacıyla, çöp deponi alanı dolayında açılmış olan sondaj kuyularından alınan örnekler üzerinde Kalsiyum ( $Ca^{++}$ ), Magnezyum ( $Mg^{++}$ ), Sodyum ( $Na^{+}$ ), Potasyum ( $K^{+}$ ), Bikarbonat ( $HCO_3$ ), Sülfat ( $SO_4^{-}$ ), Klorür ( $Cl$ ), Elektriksel iletkenlik (EC) ve pH tayinleri yapılmış ve Çizelge 5.1'deki sonuçlar elde edilmiştir. Örnek alınan kuyuların yerleri, Şekil 5.5' de görülmektedir.

İçme suyu olarak kullanılabilirliği; Çizelge 5.1'den de görüldüğü üzere Paşapınarı çeşmesi haricindeki örneklerde yeraltısuyunun sertliği 820-1850 mg/L  $CaCO_3$  arasında değişmektedir. Sertliği 300 mg/L'den büyük olan sular çok sert sular sınıfına girmektedir (Samsunlu,1999). Ayrıca analiz sonuçlarını ülkemiz için kabul edilen içme suyu standartları (TS-266) ile karşılaştırdığımızda Paşapınarı çeşmesi haricindeki bütün örneklerde kalsiyum ve sülfat miktarlarının içme suyu standartlarının çok üzerinde olduğu görülmektedir.

Sulama suyu olarak kullanılabilirliği; sulama suyu sınıflandırılmasında ülkemizde Birleşik Amerika Tuzluluk Diyagramı kullanılmaktadır (Ayyıldız, 1990). Bu sistemde; elektriksel iletkenlik ve sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) esas alınarak sulama sularının sınıflandırılması Şekil 5.12'deki diyagrama göre yapılmaktadır.

Sulamada kullanılan sudaki sodyumun toprakta tutulması sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) ile tanımlanır. SAR oranı suyun sodyum açısından zararlılığının bir ölçüsü olarak kullanılmaktadır.

Sodyum adsorbsiyon oranı aşağıdaki eşitlikle belirlenir.

$$SAR = Na^{+} / [(Ca^{++} + Mg^{++})/2]^{1/2}$$

Burada;  $Na^{+}$ ,  $Ca^{++}$  ve  $Mg^{++}$  milieşdeğer gram (meq/L) cinsinden su içerisindeki derişimlerdir. Bu değerler Çizelge 5.1' de verilmiştir.

Su örneğinin EC ve SAR değerleri (Çizelge 5.1 ) Şekil 5.12'deki grafiğe yerleştirilip Çizelge 5.2'ye göre değerlendirildiğinde sodyum açısından hiçbir suda sorun görölmemektedir. Fakat tuzluluk tehlikesi açısından sadece Paşapınarımdan alınan su örneği, sulama için uygundur. Özellikle Hesaş Helva, şark Gaz ve Çiftlikten alınan su örneklerinde tuzluluk tehlikesi (EC) çok yüksek (C4-S1) olup "sulama suyu için uygun değildir" sınıfına girmektedir.

Çizelge 5.1. Çöp deponi alanı dolayında açılmış olan kuyuların ve bu kuyulardan alınan su örneğlerinin özellikleri

		Paşapınarı	Tavuk Çiftliği	Hesaş Helva	Aktes Isı	şark Gaz	Çiftlik	TS-266
Kuyu derinliği (m)			100	80	127	10	15	
Pompa derinliği (m)			60-65	55	55		10	
Su seviyesi (m)			15-20	14-15	33	6	6	
Kot (m)		1290	1290	1288	1305	1289	1287	
pH		7,24	7,37	7,13	6,81	6,6	7,15	6,5-9,2
EC ( $\mu$ S/cm)		500	1585	2360	2320	1900	2740	
Toplam sertlik	mg/L	270	820	1850	1750	1320	1030	
	meq/L	5,4	16,4	37	35	26,4	20,6	
$Ca^{++}$	mg/L	64	300*	640*	620*	468*	284*	200
	meq/L	3	15	32	31	23,4	14,2	
$Mg^{++}$	mg/L	26	17	61*	48,8	36	78*	50
	meq/L	2,2	1,4	5	4	3	6,4	
$Na^{+}$	mg/L	23	57,5	12	12	17	368*	175
	meq/L	1	2,5	0,5	0,5	0,75	16	
$K^{+}$	mg/L	2,4	1,95	0,78	2,4	1,17	4,3	12
	meq/L	0,0625	0,05	0,02	0,0625	0,03	0,11	
$HCO_3^{-}$	mg/L	157,38	250	93,5	128	160	149	
	meq/L	2,58	4,1	1,53	2,11	2,61	2,44	
$SO_4^{-}$	mg/L	160	350*	1500*	1400*	1000*	800*	250
	meq/L	3,33	7,29	31,2	28	20,8	16,6	
$Cl^{-}$	mg/L	13,9	264	160	180	150	584	600
	meq/L	0,39	7,46	4,5	5,06	4,22	16,4	
SAR		0,62	0,87	0,11	0,11	0,20	5	

(\* TS - 266'dan yüksek değerler, SAR; Sodyum adsorbsiyon oranı).

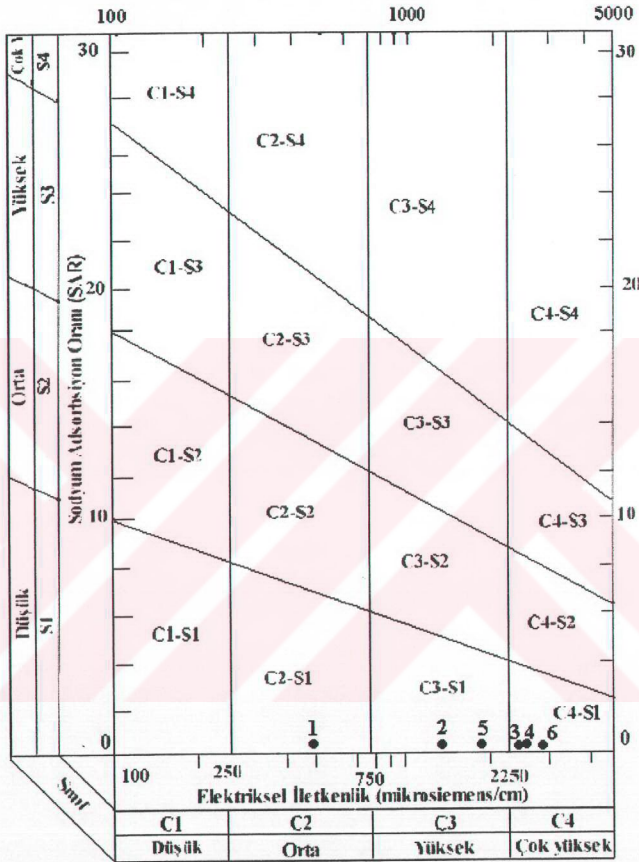
Sonuç olarak yukarıda özellikleri sunulan yeraltı suyunun deponi alanının olumsuz etkilerine maruz kalmadığı, dolayısıyla ilerde sızıntı sularından etkilenmesi durumunda, sunulan verilerin bir referans olarak kullanılabileceği kabul edilebilir.

Çizelge 5.2. Suların tuzluluk ve sodyum miktarına göre sınıflandırılması (Canik, 1998).

Tuzluluğa göre alt sınıflar	C1	Az tuzlu su. Bitkilerin çoğu için sulama suyu olarak kullanılabilir.
	C2	Orta tuzlulukta su. Orta derecede tuza ihtiyaç gösteren bitkiler için kullanılabilir.
	C3	Fazla tuzlu su. Drenaj yapılmaksızın bitkiler için kullanılmaz. Bazı bitkiler için kullanılabilir.
	C4	Çok fazla tuzlu su. Sulama suyu için uygun değil. Ancak çok iyi drenajı yapılmış olanlarda bazı bitkiler yetiştirilebilir.
Sodyum miktarına göre alt sınıflar	S1	Az sodyumlu su. Sodyuma karşı duyarlı olan bitkilerin dışında her türlü tarım için uygun.
	S2	Orta derecede sodyumlu su. Permeabilitesi iyi olan jipsli arazi için uygun.
	S3	Fazla sodyumlu su. Ender hallerde sulama suyu olarak kullanılabilir.
	S4	Çok fazla sodyumlu su. Çok düşük tuzluluk hallerinin dışında sulama suyu olarak kullanılmaz.

### ***Taşkın analizi***

Çöp deponi alanı için olası taşkın analizi amacıyla çöp deponi alanına 20 km uzaklıktaki Söğütluhan Akım İstasyonu'nun geçmiş yıllara ait yıllık maksimum debileri alınmış, taşkın analizi veri grafiğine işlenmiş ve 50 yılda gelmesi olası maksimum debi 730 m<sup>3</sup>/sn bulunmuştur. Yapılan hesaplamalarda Kızılrımkak'tan bu maksimum debinin 30 katı kadar su geçirilse dahi çöp deponi alanı için taşkın riskinin olmadığı görülmektedir. Ayrıca çöp deponi alanı bölgesinde Kızılrımkak'tan Söğütluhan mevkiinden daha az debi de su akmaktadır. Görüldüğü gibi çöp deponi alanında taşkın riski görülmemektedir. Bu nedenle taşkın analizi ile ilgili olarak yapılmış olan çalışmaların daha ayrıntılı verilmesine gerek duyulmamıştır.



- 1:Paşapımarı, 2:Tavuk çiftliği, 3:Hesap helva,  
4: Aktes ısı 5:Şark gaz, 6:Çiftlik

Şekil 5.12. Sulama sularının sınıflandırılmasında kullanılan tuzluluk diyagramı (Canik, 1998).

### 5.3. Deponi Alanı Dolayının Bazı Mühendislik Özellikleri

Sivas ili mücavir alanı içindeki bölgenin mühendislik jeolojisi bölgesel düzeyde irdelenmiştir (MTA,1996; Avcı ve diğerleri, 1997). Bu çalışmalara göre Şekil 5.2'de

görüldüğü gibi, deponi alanının üzerinde yer aldığı Oligosen yaşlı Selimiye formasyonu, iyi derecelenmiş kumlar ve çakıllı kumlarla temsil edilen SW sınıfı ile inorganik silt ve çok ince taneli kumlarla temsil edilen ML sınıfında yer almaktadır. Deponi alanının hemen kenarında yer alan jipslerin egemen olduğu Oligo-Miyosen yaşlı Hafik formasyonu ise zayıf (ZK) ve orta derecede sağlam kaya (OSK) sınıflarında yer almaktadır.

Ancak sunulan çalışmada deponi alanı özelinde daha fazla ayrıntıya ve dolayısıyla bazı mühendislik parametrelerinin de deponi alanı özelinde belirlenmesine gereksinim duyulmuştur. Bu bağlamda, zemin konumunda olan düzeylerin tane boyu dağılımını belirlemek üzere yaş elek analizi, su içeriklerini belirlemek üzere kıvam limitlerine ilişkin deneyler, deponi alanı özelinde gerçekleştirilmiş ve zemin sınıflarının belirlenmesi yönünde bir çaba gösterilmiştir.

### 5.3.1. Deponi alanı ve yakın dolaylarındaki zeminin tane boyu dağılımı

Zemini oluşturan kayatürlerinin tane boyunu belirlemek üzere arazide örselenmiş zemin örneği alınıp, laboratuvara getirilmiş ve laboratuvarında ince taneli zeminler için yaş elek analizi yöntemiyle tane boyu analizleri yapılmıştır. Çizelge 5.3'de, araziden alınan dokuz örneğin elek analiz sonuçları sunulmuş ve her bir örneğin tane boyunu daha iyi görmek amacıyla tane boyu dağılım eğrileri toplu olarak görülmektedir (Şekil 5.13). Bu örneklerden 1, 6, 7, 8 ve 9 nolu örnekler Kuvaterner yaşlı alüvyondan, diğerleri ise Kuvaterner yaşlı topraktan alınmıştır. Alüvyonun jeolojik açıdan topraktan farkı, taşınmış malzemeden oluşmasıdır.

**Elek analizi sonuçları:** Örselenmiş zemin örnekleme yöntemiyle alınan örneklerin kil oranları fazla olduğu için zemine ilk olarak yaş elek, daha sonra 200 nolu elek üzerinde kalan bölüme ise kuru elek analizi yapılmıştır. Çizelge 5.3'de 200 nolu (0,063 mm) elekten geçen zeminin % oranları sırasıyla 70,03: 36,43: 60,60: 40,57: 41,13: 67,27: 67,87: 71,70: 52,57 olduğu görülmüştür. Bu sonuçlara göre 200 nolu elekten geçen ortalama zemin oranı % 52,19 olarak hesaplanmıştır. Arazideki gözlemlerde zeminin heterojen olduğu belirlendiğinden, sınıflamalarda bu ortalama değerin dikkate alınmasına karar verilmiştir. Zemin AASTHO (Amerikan Karayolları) sınıflamasında 200 nolu elekten geçen zeminin % 36'lık bölümünde yer almaktadır. Buna göre deponi alanı zeminini "Kum ve silt içeren kil zemin" grubunda yer almaktadır.

Çizelge 5.3. Deponi alanı zeminine ait örneklerle ilişkin elek analizi sonuçları (Örnek yerleri Şekil 5.5 ve Şekil 5. 8’de sunulmuştur).

1 Nolu örneğe ait elek analizi sonuçları				
Elek No	Elek açıklığı (mm)	Elekte kalan miktar (g)	Elekten geçen miktar (g)	% Elek altı
	d	M	M <sub>p</sub>	p
6	3,350	11,70	288,30	96,10
8	1,700	7,10	281,20	93,73
16	1,180	3,80	277,40	92,47
30	0,600	6,60	270,80	90,27
40	0,425	6,40	264,40	88,13
70	0,212	18,80	245,60	81,87
200	0,063	35,50	210,10	70,03
Toplama kabı		210,10	0,00	0,00
Toplam M <sub>top</sub> = 300,00g				

2 Nolu örneğe ait elek analizi sonuçları				
Elek No	Elek açıklığı (mm)	Elekte kalan miktar (g)	Elekten geçen miktar (g)	% Elek altı
	d	M	M <sub>p</sub>	p
6	3,350	41,40	258,60	86,20
8	1,700	53,20	205,40	68,47
16	1,180	18,40	187,00	62,33
30	0,600	19,40	167,60	55,87
40	0,425	13,80	153,80	51,27
70	0,212	20,00	133,80	44,60
200	0,063	24,50	109,30	36,43
Toplama kabı		109,30	0,00	0,00
Toplam M <sub>top</sub> = 300,00 g				

3 Nolu örneğe ait elek analizi sonuçları				
Elek No	Elek açıklığı (mm)	Elekte kalan miktar (g)	Elekten geçen miktar (g)	% Elek altı
	d	M	M <sub>p</sub>	p
6	3,350	11,20	288,80	96,27
8	1,700	7,40	281,40	93,80
16	1,180	5,80	275,60	91,87
30	0,600	12,60	263,00	87,67
40	0,425	11,90	251,10	83,70
70	0,212	24,90	226,20	75,40
200	0,063	44,40	181,80	60,60
Toplama kabı		181,80	0,00	0,00
Toplam M <sub>top</sub> = 300,00 g				



Çizelge 5.3'ün Devamı

4 Nolu örneğe ait elek analizi sonuçları				
Elek No	Elek açıklığı (mm)	Elekte kalan miktar (g)	Elekten geçen miktar (g)	% Elek altı
	d	M	M <sub>p</sub>	p
6	3,350	38,80	261,20	87,07
8	1,700	32,10	229,10	76,37
16	1,180	17,40	211,70	70,57
30	0,600	23,70	188,00	62,67
40	0,425	17,20	170,80	56,93
70	0,212	24,60	146,20	48,73
200	0,063	24,50	121,70	40,57
Toplama kabı		121,70	0,00	0,00
Toplam M <sub>top</sub> = 300,00 g				

5 Nolu örneğe ait elek analizi sonuçları				
Elek No	Elek açıklığı (mm)	Elekte kalan miktar (g)	Elekten geçen miktar (g)	% Elek altı
	d	M	M <sub>p</sub>	p
6	3,350	60,30	239,70	79,90
8	1,700	19,30	220,40	73,47
16	1,180	12,40	208,00	69,33
30	0,600	17,10	190,90	63,63
40	0,425	11,90	179,00	59,67
70	0,212	23,70	155,30	51,77
200	0,063	31,90	123,40	41,13
Toplama kabı		123,40	0,00	0,00
Toplam M <sub>top</sub> = 300,00 g				

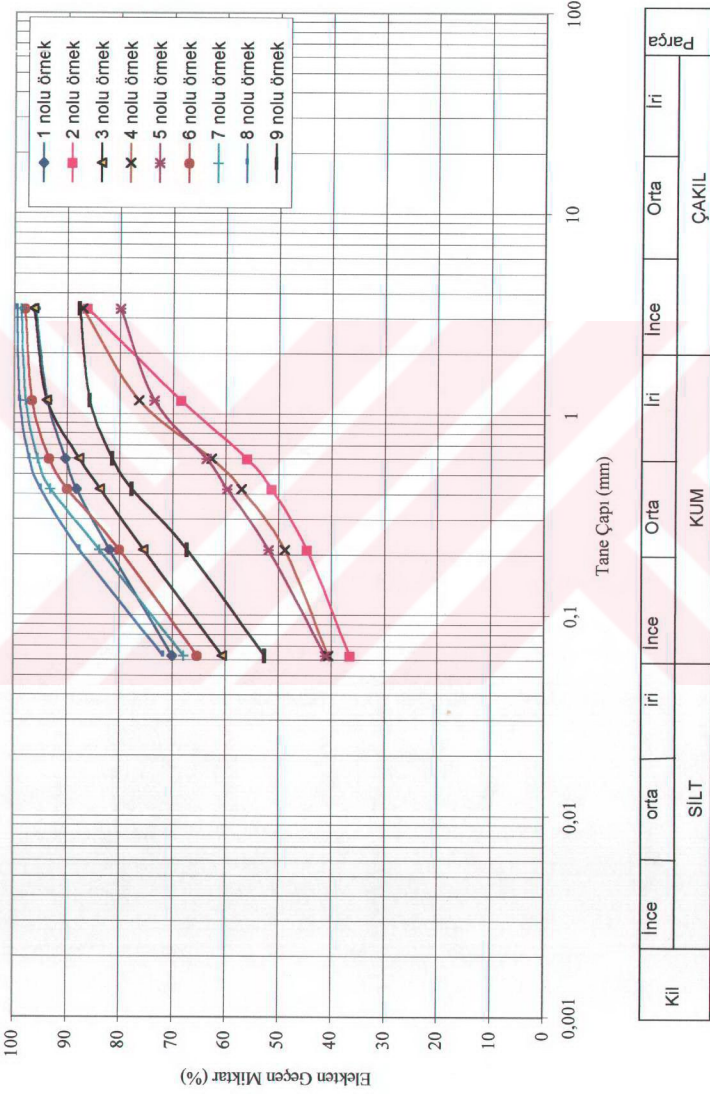
6 Nolu örneğe ait elek analizi sonuçları				
Elek No	Elek açıklığı (mm)	Elekte kalan miktar (g)	Elekten geçen miktar (g)	% Elek altı
	d	M	M <sub>p</sub>	p
6	3,350	6,10	293,90	97,97
8	1,700	4,00	289,90	96,63
16	1,180	4,00	285,90	95,30
30	0,600	5,80	280,10	93,37
40	0,425	10,40	269,70	89,90
70	0,212	29,60	240,10	80,03
200	0,063	44,30	195,80	65,27
Toplama kabı		195,80	0,00	0,00
Toplam M <sub>top</sub> = 300,00 g				

Çizelge 5.3'ün Devamı

7 Nolu örneğe ait elek analizi sonuçları				
Elek No	Elek açıklığı (mm)	Elekte kalan miktar (g)	Elekten geçen miktar (g)	% Elek altı
	d	M	M <sub>p</sub>	p
6	3,350	3,90	296,10	98,70
8	1,700	2,70	293,40	97,80
16	1,180	3,00	290,40	96,80
30	0,600	3,80	286,60	95,53
40	0,425	7,30	279,30	93,10
70	0,212	28,00	251,30	83,77
200	0,063	47,70	203,60	67,87
Toplama kabı		203,60	0,00	0,00
Toplam M <sub>top</sub> = 300,00 g				

8 Nolu örneğe ait elek analizi sonuçları				
Elek No	Elek açıklığı (mm)	Elekte kalan miktar (g)	Elekten geçen miktar (g)	% Elek altı
	d	M	M <sub>p</sub>	p
6	3,350	1,40	298,60	99,53
8	1,700	1,80	296,80	98,93
16	1,180	2,40	294,40	98,13
30	0,600	3,10	291,30	97,10
40	0,425	6,60	284,70	94,90
70	0,212	22,00	262,70	87,57
200	0,063	47,60	215,10	71,70
Toplama kabı		215,10	0,00	0,00
Toplam M <sub>top</sub> = 300,00 g				

9 Nolu örneğe ait elek analizi sonuçları				
Elek No	Elek açıklığı (mm)	Elekte kalan miktar (g)	Elekten geçen miktar (g)	% Elek altı
	d	M	M <sub>p</sub>	p
6	3,350	37,00	263,00	87,67
8	1,700	6,00	257,00	85,67
16	1,180	5,80	251,20	83,73
30	0,600	7,20	244,00	81,33
40	0,425	10,90	233,10	77,70
70	0,212	31,40	201,70	67,23
200	0,063	44,00	157,70	52,57
Toplama kabı		157,70	0,00	0,00
Toplam M <sub>top</sub> = 300,00 g				



Şekil 5.13. Deponi alanı zeminine ait örneklerle ilişkin elek analiz grafikleri (Örnek yerleri Şekil 5.5 ve 5.8 'de sunulmuştur).

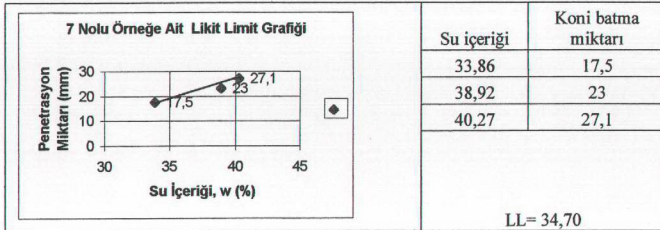
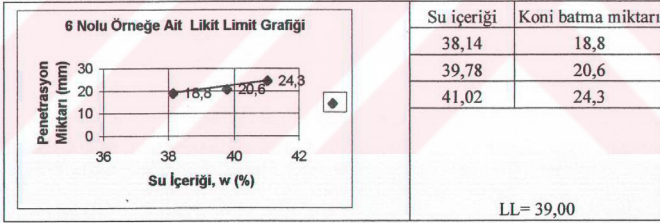
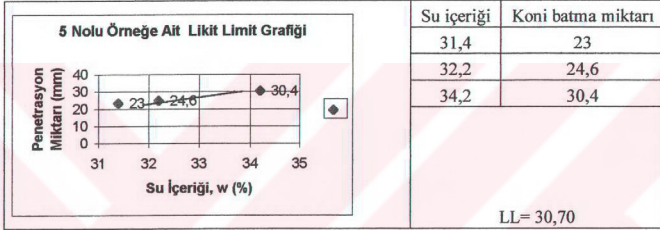
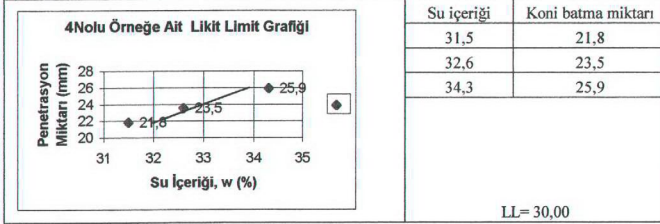
### 5.3.2. Deponi alanı zeminlerinin kavam limitleri

Deponi alanının likit limit ve plastik limit değerlerini belirlemek üzere arazide kuru kazı yöntemiyle örselenmiş örnekler alınmış ve bu örneklerin likit limit değerleri laboratuvarında düşen koni yöntemiyle belirlenmiştir. Likit limit değerleri ve grafikleri Çizelge 5.4'de, plastik limit değerleri ise Çizelge 5.5' de sunulmuştur. Yapılan deneysel çalışmalardan elde edilen sonuçlar ise toplu olarak Çizelge 5.6'da görülmektedir. Bu sonuçlara göre, inceleme alanından alınan toprak ve alüvyal örneklerinin, genel zemin sınıflamasında Şekil 5.14'de görüldüğü gibi CL-ML sınıfında yer aldığı söylenebilir.

Çizelge 5.4. Deponi alanı zeminine ait örneklerle ilişkin likit limit sonuçları ve grafikleri (Örnek yerleri Şekil 5.5 ve Şekil 5. 8'de sunulmuştur).

1Nolu Örneğe Ait Likit Limit Grafiği		Su içeriği	Koni batma miktarı
		37	20,9
		39,6	26,9
		40,6	28,3
	LL= 36,55		
2Nolu Örneğe Ait Likit Limit Grafiği		Su içeriği	Koni batma miktarı
		34,1	23,3
		34,2	25,6
		34,8	26,6
	LL= 30,00		
3 Nolu Örneğe Ait Likit Limit Grafiği		Su içeriği	Koni batma miktarı
		35,2	21,6
		36	22,8
		37,6	26,1
	LL= 35,00		

Çizelge 5.4'ün devamı



Çizelge 5.4'ün devamı

8 Nolu Örneğe Ait Likit Limit Grafiği		Su içeriği	Koni batma miktarı
	18,3	38,72	18,3
	21,1	40,72	21,1
	22,7	41,55	22,7
		LL= 39,80	

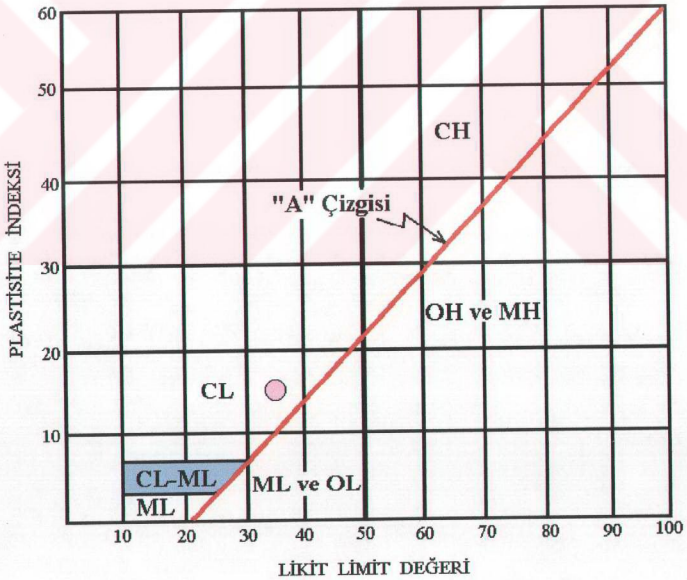
9 Nolu Örneğe Ait Likit Limit Grafiği		Su içeriği	Koni batma miktarı
	23,6	41,55	23,6
	26,6	42,89	26,6
	30	45,65	30
		LL= 40,30	

Çizelge 5.5. Deponi alanı zeminine ait örneklere ilişkin plastik limit değerleri (Örnek yerleri Şekil 5.5 ve Şekil 5.8'de sunulmuştur).

Örnek No	Test No	Kap ağırlığı (g) Mc	Yaş örnek ağırlığı (g) Mw	Kuru örnek ağırlığı (g) Md	Su içeriği (%) W	Plastik limit (%)
1	1	16,10	22,40	21,40	18,87	18,09
	2	16,30	22,40	21,50	17,31	
2	1	16,30	21,40	20,60	18,60	18,13
	2	15,80	23,80	22,60	17,65	
3	1	15,80	40,70	36,70	19,14	19,22
	2	15,80	36,20	32,90	19,30	
4	1	16,30	36,50	33,30	18,82	18,48
	2	16,10	37,60	34,30	18,13	
5	1	16,10	35,00	32,00	18,87	18,69
	2	16,30	38,70	35,20	18,52	
6	1	16,60	29,80	27,40	22,22	21,88
	2	16,10	24,00	22,60	21,54	
7	1	16,30	36,00	32,40	22,36	20,74
	2	15,80	23,90	22,60	19,12	
8	1	16,10	59,00	51,00	22,92	21,31
	2	16,00	23,90	22,60	19,70	
9	1	15,90	31,20	28,50	21,43	21,01
	2	15,80	24,00	22,60	20,59	

Çizelge 5.6. Deponi alanı zeminine ait örneklere ilişkin kıvam limitleri (Plastik limit ve likit limit) deney sonuçları ve belirlenen zemin sınıfları.

Örnek No	Likit limit	Plastik limit	Plastisite indisi IP	Zemin sınıfı
1	36,55	18,09	18,46	CL
2	30,00	18,13	11,87	CL
3	35,00	19,22	15,78	CL
4	30,00	18,48	11,52	CL
5	30,70	18,69	12,01	CL
6	39,00	21,88	17,12	CL
7	34,70	20,74	13,96	CL
8	39,80	21,31	18,49	CL
9	40,30	21,01	19,29	CL
Ortalama	35,12	19,73	15,39	CL



Şekil 5.14. Deponi alanı zeminine ait örneklere ilişkin elek analizi ve kıvam limitleri deney sonuçlarına göre belirlenen CL-ML zemin sınıfının konumu.

**Elek analizi likit limit ve plastik limit deney sonuçlarının değerlendirilmesi:**  
 Araziden örselenmiş örnekleme (kuru kazılar) yöntemiyle alınan örneklerin likit limit deney sonuçları önceki bölümlerde sunulmuştur. Buna göre ortalama likit limit (LL) değeri % 35,12 ve ortalama plastik limit (PL) değeri % 19,73 olarak bulunmuştur. Grup indeksi ise % 15,39 olarak hesaplanmıştır. Elek analizi sonucuna göre ise zeminin 200 nolu elekten geçen ortalama değeri % 52,19 olup deponi alanı zemini “kum ve silt içeren killi zemin” grubunda yer almaktadır. Bu sonuçlar, AASHO (Amerikan Karayolları) sınıflandırma sisteminde “A-7-6” sınıfı zemine karşılık gelmektedir. Buna göre zeminin temel zemini olma özelliği açısından “orta-zayıf” sınıfında olduğu görülmektedir. Birleştirilmiş zemin sınıflandırma sistemine göre ise zeminlerin genelde CL (düşük plastisiteli inorganik killer) sınıfında olduğu belirlenmiştir (Çizelge 5.6 ve Şekil 5.13).

### 5.3.3. Deponi alanı zeminlerinin geçirimsizlik özellikleri

Düzenli depolama yapılacak sahanın, zemin özellikleri bakımından uygun olup olmadığını belirlemeye yarayacak en önemli özelliklerden biri de zeminin geçirimsizliğidir. Zeminin geçirimsizlik (permeabilite) özelliğini belirlemek üzere araziden örselenmemiş örnekler alınıp laboratuvara getirilmiş ve laboratuvarında düşen seviyeli geçirimsizlik (permeabilite) yöntemi ile geçirimsizlik katsayıları belirlenmiştir. Çizelge 5.7’de her örneğin geçirimsizlik sonuçları verilmiştir.

Çizelge 5.7. Deponi alanı zeminine ait geçirimsizlik katsayısı ölçüm sonuçları.

Örnek No	1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>Geçirimsizlik Katsayısı(m/sn)<math>\times 10^{-6}</math></b>	1.22	2.46	2.85	3.11	1.60	1.32	1.25	1.22	1.54

Çizelge 5.7’ye göre deponi alanının geçirimsizlik katsayısı  $1.22 \cdot 10^{-6}$  ile  $3.11 \cdot 10^{-6}$  m/sn arasında değişmektedir. Bu değerler çeşitli zeminler için ortalama k (geçirimsizlik katsayısı) değerleri ile karşılaştırılırsa (Çizelge 5.8), zeminin az geçirimsiz zeminler sınıfına girdiği görülmektedir.

Çizelge 5.8. Çeşitli zeminler için ortalama k değerleri (Uzuner, 1998).

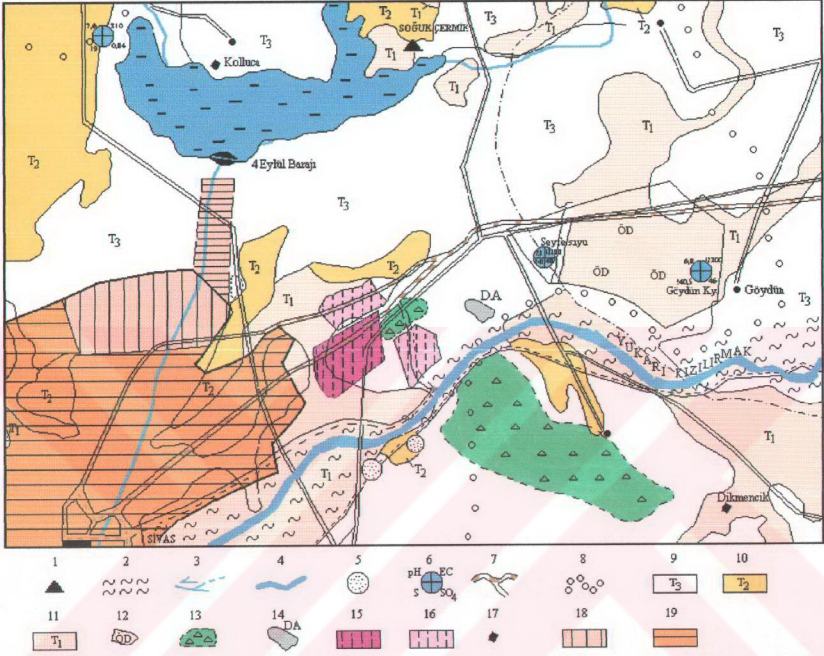
Zeminin cinsi	k (cm/sn)	Geçirimsizlik durumu
Çakıl	>10	Çok geçirimsiz
Kum	$10 \cdot 10^{-4}$	Geçirimsiz
Silt	$10^{-4} \cdot 10^{-6}$	Az geçirimsiz
Kil	< $10^{-6}$	Çok az geçirimsiz veya geçirimsiz



#### **5.4. Arazi Kullanım Durumu ve Öneriler**

Sivas ili deponi alanı, Sivas il merkezinin yaklaşık 15 km doğusunda Seyfe Beli'nin güneyinde yer almaktadır. Deponi alanını da içine alan Sivas ili arazi kullanım potansiyel haritası Şekil 5. 15'te sunulmuştur (MTA, 1996; Avcı ve diğerleri, 1997). Deponi alanı IV ile VIII sınıfı içine alan üçüncü grup arazinin bulunduğu yerde bulunmaktadır. Bu gibi yerler, deponi alanı olarak değerlendirilebilirler. Hatta, deponi alanının Sivas il merkezine yakın olması, deponi alanı yakın dolayında önemli bir yerleşim yerinin olmaması ve rüzgarın yönü gözetildiğinde deponi alanının uygun bir yer olduğu da kabul edilebilir.

Öte yandan, işletilmekte olan deponi alanının 22-27 yıl kullanılabileceği de gözetildiğinde yeni ve daha uygun bir deponi alanının yer seçimi için çalışmaların şimdiden başlatılmasında ve planlanmasında yarar vardır.



Şekil 5.15. Sivas ili deponi alanı dolayının arazi kullanım potansiyel haritası (MTA, 1996, Avcı ve diğerleri, 1997).

**Açıklamalar;**1-Kaplıca, 2-Taşkın alanı, 3-Akar ve kuru dere, 4-Irmak, 5-Kum, çakıl ocakları, 6-Suyun kimyasal aşındırma değerleri, 7-Karayolu, 8-Belediye mücavir alan sınırı, 9-IV., V., VI., VII ve VIII. sınıf araziler, 10-III. sınıf araziler, 11-I. ve II. sınıf araziler, 12-Önerilen dinlenme yerleri, 13-Ağaçlandırılması önerilen alanlar, 14-Sivas il merkezi deponi alanı (DA), 15- Önerilen organize sanayi bölgesi alanları, 16- Mevcut organize sanayi bölgesi alanı, 17- Kırsal yerleşim yerleri, 18-Yerleşime açılması önerilen toplu konut alanları, 19-Sivas ili mevcut kent yerleşim alanı

## 6. SİVAS İLİ KATI ATIK DEPONİ ALANI ÇÖP BİLEŞİMİ VE MİKTARI İLE İLGİLİ ÇALIŞMALAR

### 6.1 Çöp Bileşimi ile İlgili Çalışmalar

Sivas ili katı atık bileşenlerinin belirlenmesi amacıyla Mart (2002)'den itibaren Şubat (2003) ayına kadar 1 yıllık periyotta her hafta çöp deponi alanından 100 kg örnek laboratuvara getirilerek madde grubu analizi yapılmıştır. Örneklerin bileşimine yönelik inceleme sonucu elde edilen aylık ortalamalar % ağırlıklar şeklinde Çizelge 6.1'de, mevsimlere göre dağılımı ise Çizelge 6.2'de yıllık ortalamalarla birlikte verilmiştir.

Çizelge 6.1'de de görüldüğü gibi, Sivas il merkezi katı atıklarında en ağırlıklı madde grubu % 45,185'lik yıllık ortalama ile yiyecek atıklarıdır. Bunu yaklaşık % 19,915 ile inorganik >2mm ve % 10,030 ile 2 mm'den küçük inorganikler (kül, çürük gibi maddeler) izlemektedir. Kent merkezi katı atıklarında dördüncü ağırlıklı madde grubu yaklaşık % 8.075 ortalama ile plastik-naylonlardır. Bunları % 8,040 ile kağıt-karton, % 3,965 cam, % 1,930 metal, % 1,470 ortalama ile tekstil atıkları izlemektedir. Odun, kemik, çocuk bezi ve bahçe atıklarının çöp bileşimi içerisindeki miktarları ise % 1'in altında kalmıştır.

Sivas il merkezi katı atıklarının en ağırlıklı madde grubu olan yiyecek atıklarının miktarı mevsimsel olarak değişiklik göstermektedir. Kent merkezinde yiyecek atıklarının en düşük oranda bulunduğu mevsimler kış ve ilkbahar en yüksek oranda bulunduğu mevsimler ise yaz ve sonbahar mevsimleridir (Şekil 6.1). Kış mevsiminde % 30,985'lik bir orana sahip olan yiyecek atıkları yaz mevsiminde % 56,135'lere kadar yükselmektedir. Yiyecek atıklarının aylık değişimine bakıldığında ise Şubat ayında % 29,700 iken sürekli artış göstererek Eylül ayında % 61,420 ile maksimum değere ulaşmaktadır (Şekil 6.2). Yiyecek atıklarının bu aylarda yüksek çıkması Sivas'ta kışa hazırlık amacıyla konserve ve turşu gibi gıda kültürünün devam ettiğinin göstergesidir.

Kent merkezinde 2. ve 3. ağırlıklı madde grubu ise inorganik maddelerdir. İnorganik maddelerin mevsimsel değişimine bakıldığında, yaz mevsiminde minimum kış mevsiminde ise maksimum değerlere ulaştığı görülmektedir. Bu sonuçlar da Sivas'ta genellikle katı yakıtların kullanıldığını göstermektedir.

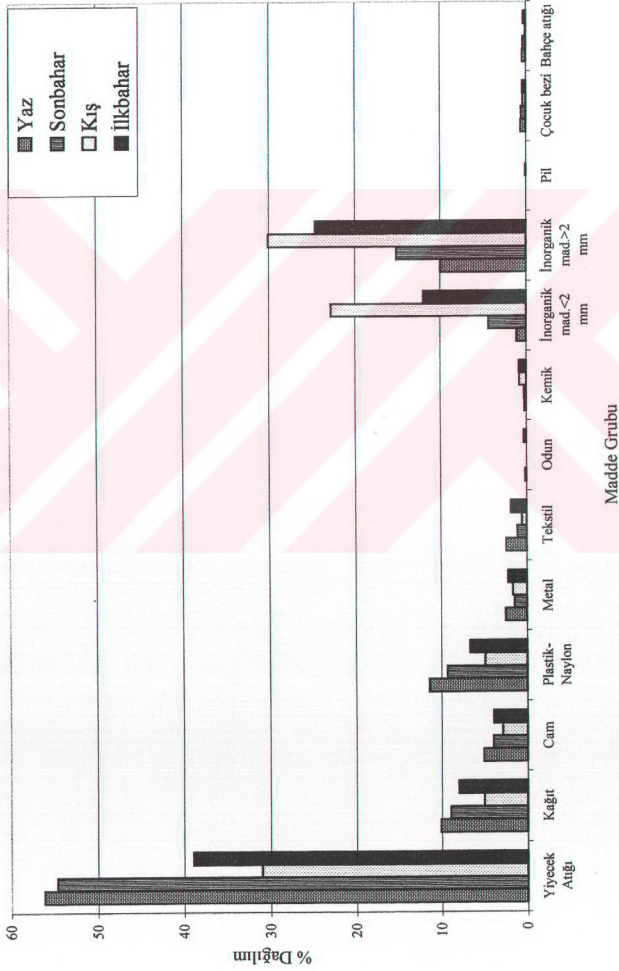
Sivas il merkezi katı atıkları içerisinde geri kazanılabilir maddelerin dağılımına bakıldığında, plastik-naylon, kağıt-karton, cam ve kemik sıralamasının oluştuğu görülmektedir. Kent merkezindeki geri kazanılabilir maddelerin yaz mevsiminde arttığı kış mevsiminde ise azaldığı belirlenmiştir. Sonuçlar aylık olarak incelendiğinde Haziran

Çizelge 6.1. Sivas il merkezi katı atık bileşiminin aylara göre değişimi (Mart 2002 - Şubat 2003).

Madde Grubu	% Ağırlık											
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Yiyecek atığı	31.325	29.700	35.810	39.245	41.795	51.940	58.920	57.550	61.420	55.735	46.830	31.925
Kağıt	5.555	3.675	5.840	7.170	11.140	12.66	10.140	7.530	10.815	10.200	5.860	5.890
Cam	3.310	2.570	3.270	3.970	4.545	4.680	4.440	6.130	5.020	4.245	2.615	2.810
Plastik-Naylon	6.055	4.250	4.905	6.415	8.690	12.060	11.220	10.900	101.480	10.500	6.935	4.480
Metal	2.005	1.195	1.495	2.110	2.885	2.360	2.780	2.270	1.800	1.235	1.260	1.770
Tekstil	0.585	0.310	1.850	1.545	2.115	2.905	2.200	2.100	1.230	1.525	0.560	0.710
Odon	---	--	0.360	0.410	0.160	0.025	0.120	0.260	0.055	---	---	---
Kemik	0.270	1.875	1.470	0.600	0.495	0.085	0.250	0.315	0.160	0.275	0.295	0.185
İnorganik mad.<2 mm	22.150	25.925	17.485	13.450	4.855	0.580	1.360	1.340	1.810	2.140	9.090	20.150
İnorganik mad.>2 mm	28.300	30.100	27.215	24.625	21.950	11.615	7.730	10.555	6.345	12.930	25.890	31.720
Pil	--	0.075	0.005	0.015	---	0.015	---	0.020	0.030	0.020	0.015	---
Çocuk bezi	0.445	0.325	0.295	0.335	0.5	0.600	0.590	0.530	0.505	0.790	0.355	0.270
Bahçe atığı	--	---	---	0.110	0.870	0.475	0.250	0.500	0.330	0.405	0.295	0.09

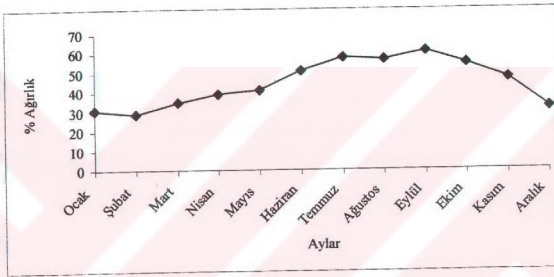
Çizelge 6.2. Sivas il merkezi kentsel katı atık bileşiminin mevsimlere göre dağılımı (Mart 2002-Şubat 2003).

Madde Grubu	% Ağırlık					Yıllık Ortalama
	İlkbahar	Yaz	Sonbahar	Kış		
Yiyecek atığı	38.950	56.135	54.660	30.985	45.185	
Kağıt	8.050	10.110	8.960	5.040	8.040	
Cam	3.925	5.085	3.960	2.895	3.965	
Plastik-Naylon	6.670	11.395	9.305	4.930	8.075	
Metal	2.160	2.470	1.430	1.655	1.930	
Tekstil	1.835	2.400	1.105	0.535	1.470	
Oduun	0.310	0.135	0.020	---	0.115	
Kemik	0.855	0.215	0.245	0.775	0.520	
İnorganik mad.<2 mm	11.930	1.095	4.345	22.745	10.030	
İnorganik mad.>2 mm	24.600	9.965	15.055	30.040	19.915	
Pil	0.020	0.010	0.020	0.025	0.020	
Çocuk bezi	0.375	0.575	0.550	0.345	0.460	
Bahçe atığı	0.320	0.410	0.345	0.030	0.275	



Şekil 6.1. Sivas il merkezi kentsel katı atık bileşiminin mevsimlere göre dağılımı.

ayında geri kazanılabilir maddelerin maksimumuna ulaştığı, Kasım - Aralık aylarında minimuma düştüğü görülmektedir. Kış aylarında geri kazanılabilir maddelerin % de dağılımının düşmesinde başlıca etken kış aylarında inorganik madde miktarının artmasıdır. Çöp bileşimi içerisindeki geri kazanılabilir maddelerin toplamı ise % 22,64 dolayındadır. Fakat geri kazanılabilir maddelerin bir bölümü, katı atık deponi sahasına gelmeden, şehir merkezinde geçimini geri kazanılabilir maddelerden sağlayan insanlarca toplanıp, şehir içerisinde sayıları oldukça fazla olan hurdacılara satılmaktadır.



Şekil 6.2. Sivas il merkezi yiyecek atıklarının aylara göre dağılımı.

Sivas ili kentsel katı atık bileşimi diğer illerle karşılaştırıldığında ise Çizelge 6.3'de görüldüğü gibi geri kazanılabilir madde miktarı diğer illere göre daha düşük, kül ve cüruf içeren diğerleri ise daha yüksek çıkmıştır. Sivas'ta kül ve cüruf miktarının fazla çıkması il'de kışların soğuk ve uzun süreli olmasından kaynaklanmaktadır.

Çizelge.6.3. Sivas ve bazı illerdeki katı atık bileşiminin % dağılımı (Metin ve diğerleri, 2003; Arkan ve diğerleri, 1999; Gökbulut, 1997).

Çöp Bileşimi	İller					
	Bursa (2000)	İstanbul (2000)	İzmir (2002)	Adana (2000)	Sinop (1997)	Sivas (2003)
Organik madde	53.1	48	46	64.4	55	45.1
Geri kazanılabilir madde	36.4	26.3	31	25.2	23.6	22
Kağıt/Karton	18.4	8.4	12	14.8	9.6	8.04
Plastik/Naylon	11.6	11.0	12	5.92	7.9	8.07
Metal	3	2.3	3	1.4	2.5	1.93
Cam	3.4	4.6	4	3.08	3.6	3.96
Diğerleri	10.5	25.7	23	11.4	21.4	32.9

Sivas kenti katı atıkları için en uygun bertaraf yönteminin belirlenmesi amacıyla, çöp bileşimi tayini için getirilen örneklerden cam, metal, plastik, kağıt gibi geri kazanılabilir maddeler ve kül, cüruf çıkarılmış ve tamamen organik içerikli atıklar kalmıştır. Bu organik içerikli atıklar üzerinde aylık periyotlarda nem içeriği, katı madde, uçucu madde, sabit madde, azot, karbon, pH ve enerji içeriği deneyleri yapılmış ve sonuçlar Çizelge 6.4'de verilmiştir.

Çizelge 6.4 incelendiğinde Sivas kentinde oluşan organik içerikli katı atıkların nem içeriğinin % 75,2 ile % 80,5 arasında, C/N oranının 25,5 ile 30,2 arasında, enerji içeriğinin ise 3560 kJ/kg ile 4472 kJ/kg arasında değiştiği görülmektedir. Enerji içeriği Çizelge 6.4'de görüldüğü gibi nem içeriğinin daha düşük olduğu yaz aylarında daha yüksek çıkmıştır. Enerji içeriğinin karbon miktarı ile değişimi ise paralellik göstermektedir. Elde edilen sonuçlar, kompostlaştırmaya uygunluk açısından değerlendirildiğinde; C/N oranının optimum aralık olan 25-35 oranlarını (Brunt ve ark.,1995) sağlamasına rağmen, nem içeriğinin % 50-70 olan optimum nem içeriğinden (% 60) çok yüksek olması nedeniyle doğal koşullarda kompostlaştırmanın mümkün olmayacağı görülmektedir. Sonuçlar, diğer bir bertaraf yöntemi olan yakma açısından değerlendirildiğinde, enerji içeriğinin çok düşük olması nedeniyle enerji elde etmek amacıyla bu çöplerin yakılmasının ekonomik olmayacağı görülmektedir.

Çizelge 6.4. Sivas kenti organik içerikli katı atıklarının özellikleri (%).

	Nem içeriği	Katı madde	Uçucu madde	Sabit madde	Azot içeriği	Karbon içeriği	*Enerji içeriği(kj/kg)	pH	C/N
Ocak	79,3	20,7	85,3	14,7	1,63	42,9	3560	5,53	26,3
Şubat	78,5	21,5	83,7	16,3	1,69	44,6	3750	5,77	26,3
Mart	77,0	23,0	85,9	14,1	1,66	46,2	4084	5,50	27,8
Nisan	78,2	21,8	86,3	13,7	1,40	43,4	3678	5,44	31,0
Mayıs	80,5	19,5	89,0	11,0	1,74	48,3	3713	5,72	27,7
Haziran	76,5	23,5	79,8	20,2	1,79	46,8	4273	5,97	26,1
Temmuz	76,4	23,6	84,3	15,7	1,83	47,9	4472	6,12	26,2
Ağustos	75,2	24,8	83,2	16,8	1,91	48,8	4380	5,61	25,5
Eylül	77,0	23,0	84,1	15,9	1,72	46,1	4142	5,63	26,8
Ekim	79,3	20,7	81,4	18,6	1,57	47,5	3820	5,66	30,2
Kasım	76,9	23,1	80,5	19,5	1,59	45,4	4040	5,59	28,5
Aralık	78,2	21,8	87,2	12,8	1,66	43,6	3780	5,28	26,2

\* Yaş çöp'ün enerji içeriği



## 6.2. Katı Atık Miktarı ve Çöp Deponi Alanının Ömrü ile İlgili Çalışmalar

Katı atık deponi alanının yer olarak uygunluğunun tespiti için, deponi alanının hacim olarak Sivas'a kaç yıl hizmet edeceği hesaplanmıştır. Bu amaçla, Sivas'ın gelecekteki nüfusu, gelecekteki katı atık miktarları, katı atıkların kaplayacağı hacimler ve mevcut çöp deponi alanının hacmi hesaplanmış ve yapılan hesaplamalar aşağıda sunulmuştur.

### *Sivas'ın gelecekteki nüfusu*

Bir yerleşim birimi tarafından kullanılan çöp deponi alanının kullanım süresi, bu yerleşim biriminin nüfusuna ve kişi başına üretilen katı atık miktarına bağlıdır.

Deponi alanının kullanım süresini tespit etmek için, aşağıdaki istatistiksel nüfus tahmin yöntemleri kullanılarak kentin gelecekteki nüfus değerleri bulunmuştur.

Çalışmada kullanılan nüfus tahmin yöntemleri;

- İller Bankası yöntemi
- Aritmetik ortalama yöntemi
- Geometrik artış yöntemi
- Lineer regresyon yöntemi

### *İller bankası yöntemi*

1945-2000 yılları arası nüfus ve nüfus artış katsayıları (Çizelge 6.5) kullanılarak iller bankası yöntemi ile gelecekteki nüfus projeksiyonu aşağıdaki şekilde yapılmıştır.

Çizelge 6.5. Sivas il merkezi nüfus sayım sonuçları.

Yıllar	Nüfus	Yıllar	Nüfus
1945	44856	1975	149201
1950	52234	1980	172864
1955	66813	1985	198553
1960	93368	1990	221512
1965	108320	2000	251776
1970	133979		

Bu yöntem, artış hızı sınırlanmış geometrik bir artış usulüdür (Topacık ve Eroğlu,1993). Gelecekteki nüfus;

$Y_m = Y_s.(1+p)^{30+t}$  ifadesi ile bulunabilir. Burada;

Y<sub>m</sub>: Tahmin edilen yılın nüfusu

$Y_s$ : Son nüfus sayımındaki nüfus

$t$  : Son nüfus yılı ile projenin yapıldığı yıl arasındaki yıl farkıdır.

$p$  : Nüfus hızı sayısı olup

$$p = \left( \sqrt[a]{\frac{Y_s}{Y_i}} - 1 \right) \cdot 100$$

bağıntısıyla hesaplanabilir. Burada (a) iki sayım arasındaki yıl farkıdır. Hesap sonucunda;

$$p > 3 \text{ ise } p = 3$$

$$p < 1 \text{ ise } p = 1$$

$1 \leq p \leq 3$  ise aynen kullanılarak gelecekteki nüfus tahmin edilebilir.

$$P_{45-50} = 5,056$$

$$P_{65-70} = 4,343$$

$$P_{80-85} = 2,809$$

$$P_{50-55} = 6,912$$

$$P_{70-75} = 2,175$$

$$P_{85-90} = 2,212$$

$$P_{60-65} = 3,015$$

$$P_{75-80} = 2,987$$

$$P_{90-2000} = 1,288$$

$P = 3$  kabul edilmiştir.  $P$ 'nin 1945-2000 yılları arasındaki değişimi 1,28 ile 6,912'dir.

$$Y_m = Y_s \left( 1 + \frac{P}{100} \right)^{30+n}$$

$$Y_{2000} = 251776$$

$$Y_{2004} = 251776 \left( 1 + \frac{3}{100} \right)^4 = 283376$$

$$Y_{2034} = 687828$$

### *Aritmetik ortalama yöntemi*

$$Y_m = Y_s + \frac{(Y_s - Y_i)(tm - ti)}{(ts - ti)}$$

$Y_m$  = Tahmin edilen yılın nüfus miktarı

$Y_s$  = Son nüfus sayımına göre nüfus miktarı

$Y_i$  = İlk nüfus sayımına göre nüfus miktarı

$tm$  = Tahmin edilen yılın nüfus sayım tarihi

$ti$  = İlk nüfus sayım tarihi

$ts$  = Son nüfus sayım tarihi

$$Y_{2004} = Y_{2000} + \frac{(Y_{2000} - Y_{1945})(t_{2004} - t_{1945})}{t_{2000} - t_{1945}}$$

$$= 251776 + \frac{(251776 - 44856)(2004 - 1945)}{2000 - 1945}$$

$$= 473744$$

### Geometrik artış yöntemi

$$\log Y_m = \log Y_s + \frac{(\log Y_s - \log Y_i)(tm - ti)}{(ts - ti)}$$

$$\log Y_{2004} = \log Y_{2000} + \frac{(\log Y_{2000} - \log Y_{1945})(2004 - 1945)}{(2004 - 1945)}$$

$$\log Y_{2004} = \log 251776 + \frac{(\log 251776 - \log 44856) \cdot 4}{59}$$

$$\log Y_{2004} = 5,45$$

$$Y_{2004} = 282309$$

### Lineer regresyon yöntemi

İstatistiksel olarak tayin edilen iki değişken (Xi, Yi) arasındaki ilişki regresyon analizleri ile incelenir. Bağımlı değişkenlerinin bağımsız değişkenlere hangi bağıntı ile bağlı olarak değiştiği " regresyon analizi" ile belirlenir.

$$Y = A + BX$$

Y: Bağımlı değişken

X: Bağımsız değişken

$$B = \frac{n \sum xy - \sum x \sum y}{n \sum x^2 - (\sum x)^2}$$

$$A = \frac{\sum y - B \sum x}{n}$$

$R^2$  (Belirtme katsayısı) = % 99 çıkması olumludur.

R: korelasyon katsayısı

x: Nüfus sayım yılları

y: Nüfus

n: Veri sayısı

$$n = 11$$

$$\sum x = 21675$$

$$\sum x^2 = 42712625$$

$$\sum y = 1493476$$

$$\sum y^2 = 2516105217 \cdot 10^{11}$$

$$\sum xy = 2954940625$$

$$R^2 = \frac{(n \sum xy - \sum x \sum y)^2}{[n \sum x^2 - (\sum x)^2][n \sum y^2 - (\sum y)^2]}$$

$$R^2 = \frac{(11.2954940625 - 21675.1493476)^2}{[11.42712625 - 469805625][11.2,516.10^{11} - 2,23.10^{12}]}$$

$$R^2 = 0,994$$

$$r = 0,996$$

$$B = 4007,656$$

$$A = -7761133,43$$

$$Y_{2004} = -7761133,43 + 4007,656 \cdot 2004$$

$$= 279209 \text{ kişi}$$

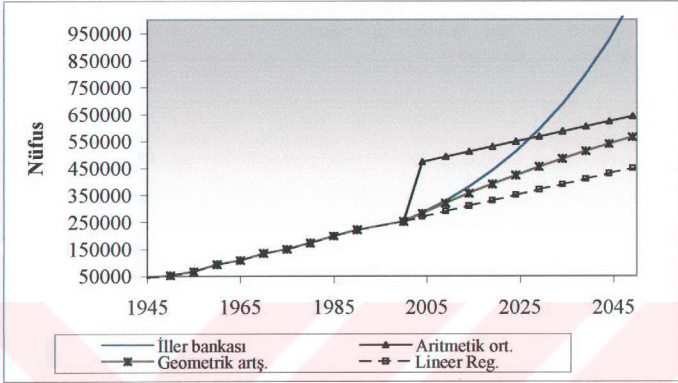
Yukarıdaki nüfus tahmin yöntemlerine göre Sivas'ın gelecekteki nüfus verileri

Çizelge 6.6'de verilmiştir.

Çizelge 6.6. Sivas il merkezinin gelecekteki nüfus tahmin sonuçları.

Yıl	İller Bank.	Aritmetik Ort	Geometrik Art.	Lineer reg.
2004	283376	473744	282309	279209
2009	328510	492555	320048	290247
2014	380833	511366	356294	310285
2019	441490	530177	390935	330324
2024	511808	548988	423936	350362
2029	593326	567799	455309	370400
2034	687828	586610	485097	390438
2039	797381	605420	513361	410477
2044	924383	624231	540173	430515
2049	1076613	643042	565610	450553
2054	1242294	661853	589749	470592
2059	1440159	680664	612669	490630

Elde edilen nüfus verilerinden nüfus tahmin grafiği (Şekil 6.3) çizildiğinde geçmişteki nüfus sayımlarına uyum sağlayan en uygun yöntemin lineer regresyon yöntemi olduğu görülmüştür, bununla birlikte projelendirmelerde genellikle İller bankası yöntemi kullanıldığı için katı atık miktarı hesaplamalarında her iki yöntem de göz önüne alınmıştır.



Şekil 6.3. Sivas il merkezinin gelecekteki nüfus tahmin grafiği.

#### **Katı atık miktarı**

Sivas'ta gelecekte oluşabilecek katı atık miktarı hesaplanırken;

-Kişi başına üretilen katı atık miktarının 1,6 kg/kişi/gün olduğu (Peavy ve diğerleri,1985)

-Düzenli depolama alanlarında katı atıkların sıkıştırıldıktan ve yerleştikten sonraki yoğunluğunun 548 kg/m<sup>3</sup> olduğu (Tchobanoglous ve diğerleri, 1993)

-Depolanan katı atığın %20'si kadar örtü malzemesi kullanılmasının gerektiği (Tchobanoglous ve diğerleri, 1993)

-Çöpteki geri kazanılabilir maddelerden kağıt'ın %50, cam, metal ve plastik'in %80'inin geri kazanıldığı düşünülerek hesaplamalar yapılmış ve sonuçlar Çizelge 6.7 ve Çizelge 6.8'de verilmiştir.

#### **Deponi sahasının hacminin belirlenmesi**

Deponi sahasının hacmini bulmak için deponi alanının topoğrafik haritası çıkarılmıştır. 1/2500 ölçekli olarak hazırlanan harita üzerinde deponi sınırları belirlenmiş ve elde edilen harita üzerinde 50 m aralılarla iki yönlü kesitler alınarak kare sayma yöntemi ile arazinin topoğrafyasına uygun olarak hacim hesabı yapılmıştır. Yapılan hesaplamalar sonucunda katı atık deponi alanının hacmi, enine kesitte 8 958 437 m<sup>3</sup>, dikey kesitte 8 401 400 m<sup>3</sup>, ortalama 8 679 918 m<sup>3</sup> olarak bulunmuştur.

***Katı atık deponi alanının ömrü***

Katı atık deponi alanı ömrünün hesabı; yukarıda belirtilen parametrelere göre oluşacak yıllık katı atık miktarı, bu katı atığın kaplayacağı hacim (Çizelge 6.7 ve Çizelge 6.8) ve katı atık deponi alanının hacmi ( $8679918 \text{ m}^3$ ) göz önüne alınarak yapılmıştır. Katı atık deponi alanı; Lineer regresyon yöntemine göre elde edilen nüfus verileri dikkate alındığında 27 yıl, İller bankası yöntemine göre elde edilen nüfus verileri dikkate alındığında ise 22 yıl süre ile Sivas'a hizmet edecektir.

Çizelge 6.7. İller bankası yöntemindeki nüfus verilerine göre depolanacak olan katı atıklar için gerekli hacim (m<sup>3</sup>).

Yıllar	Nüfus	Toplam çöp (ton)	Geri Kazanılabılır Maddeler (ton)										Toplam G.K. Madde	Depolananak çöp (ton)	Sıkıştırılmış hacim (m <sup>3</sup> )	Örtü maliz. hacmi (m <sup>3</sup> )	Toplam hacim (m <sup>3</sup> )
			Kağıt	G.K kağıt	Cam	G.K cam	Metal	G. K. metal	Plastik	G.K. plastik	Toplam						
											G.K.	Maddede					
2000	251776	147036	11822	5911	583	466	2838	2270	11873	9499	18146	128890	235224	47045	282269		
2001	259329	151447	12176	6088	600	480	2923	2338	12229	9783	18690	132757	242281	48456	290737		
2002	267109	155991	12542	6271	619	495	3011	2409	12596	10077	19251	136740	249550	49910	299460		
2003	275115	160667	12918	6459	637	510	3101	2481	12974	10379	19828	140839	257031	51406	308437		
2004	283376	165491	13305	6653	656	525	3194	2555	13363	10691	20424	145067	264748	52950	317698		
2005	291858	170444	13704	6852	676	541	3290	2632	13763	11011	21035	149409	272672	54534	327206		
2006	300620	175562	14115	7058	696	557	3388	2711	14177	11341	21666	153896	280859	56172	337031		
2007	309432	180708	14529	7264	717	573	3488	2790	14592	11674	22302	158406	289092	57818	346910		
2008	318924	186251	14975	7487	738	591	3595	2876	15040	12032	22986	163265	297959	59592	357551		
2009	328510	191849	15425	7712	761	609	3703	2962	15492	12393	23676	168173	306915	61383	368298		
2010	338361	197602	15887	7944	783	627	3814	3051	15956	12765	24386	173216	316118	63224	379342		
2011	348508	203528	16364	8182	807	646	3928	3142	16435	13148	25118	178410	325599	65120	390718		
2012	358957	209630	16854	8427	831	665	4046	3237	16928	13542	25871	183759	335360	67072	402433		
2013	369607	215850	17354	8677	856	685	4166	3333	17430	13944	26638	189212	345311	69062	414373		
2014	380833	222406	17881	8941	882	705	4292	3434	17959	14367	27448	194958	355799	71160	426959		
2015	392241	229068	18417	9209	908	727	4421	3537	18497	14798	28270	200798	366457	73291	439748		
2016	404025	235950	18970	9485	936	748	4554	3643	19053	15242	29119	206831	377466	75493	452960		

Çizelge 6.7'nin Devamı

2017	416135	243022	19539	9769	964	771	4690	3752	19624	15699	29992	213030	388780	77756	466536
2018	428623	250030	20102	10051	991	793	4826	3860	20190	16152	30857	219173	399991	79998	479990
2019	441490	257830	20730	10365	1022	818	4976	3981	20820	16656	31819	226011	412469	82494	494963
2020	454732	265563	21351	10676	1053	842	5125	4100	21444	17155	32774	232789	424841	84968	509809
2021	468376	273351	21977	10989	1084	867	5276	4221	22073	17658	33735	239616	437300	87460	524759
2022	482427	281737	22652	11326	1117	894	5438	4350	22750	18200	34770	246967	450715	90143	540858
2023	496900	290189	23331	11666	1151	920	5601	4481	23433	18746	35813	254376	464237	92847	557084
2024	511808	298895	24031	12016	1185	948	5769	4615	24136	19309	36887	262008	478164	95633	573797
2025	527977	317098	25495	12747	1257	1006	6120	4896	25606	20485	39134	277964	507285	101457	608742
2026	542977	326569	26256	13128	1295	1036	6303	5042	26370	21096	40303	286266	522436	104487	626924
2027	559194	336405	27047	13523	1334	1067	6493	5194	27165	21732	41516	294889	538172	107634	645806
2028	576038	346502	27859	13929	1374	1099	6687	5350	27980	22384	42763	303739	554325	110865	665189
2029	593326	356897	28695	14347	1415	1132	6888	5510	28819	23056	44045	312852	570954	114191	685145
2030	611125	367592	29554	14777	1458	1166	7095	5676	29683	23746	45365	322227	588064	117613	705677

\*G.K.; Geri kazanılabilir



Çizelge 6.8. Lineer regresyon yöntemindeki nüfus verilerine göre depolanacak olan katı atıklar için gerekli hacim (m<sup>3</sup>).

Yıllar	Nüfus	Toplam çöp (ton)	Geri kazanılabilir maddeler (ton)								Top G.K.M.	Depolananak çöp (ton)	Sıkıştırılmış hacim (m <sup>3</sup> )	Örtü malz. hacmi (m <sup>3</sup> )	Toplam hacim (m <sup>3</sup> )
			Kağıt	G.K. kağıt	Cam	G.K. cam	Metal	G.K. metal	Plastik	G.K. plastik					
2000	251776	147036	11822	5911	583	466	2838	2270	11873	9499	18146	128890	235224	47045	282269
2001	258184	150779	12123	6061	598	478	2910	2328	12175	9740	18608	132171	241212	48242	289455
2002	262191	153119	12311	6155	607	486	2955	2364	12364	9891	18897	134222	244956	48991	293947
2003	266199	155460	12499	6249	616	493	3000	2400	12553	10043	19186	136274	248701	49740	298441
2004	270209	157801	12687	6344	626	501	3046	2436	12742	10194	19475	138326	252446	50489	302935
2005	274214	160140	12875	6438	635	508	3091	2473	12931	10345	19763	140377	256188	51238	307425
2006	278221	162480	13063	6532	644	515	3136	2509	13120	10496	20052	142428	259931	51986	311917
2007	282229	164821	13252	6626	654	523	3181	2545	13309	10647	20341	144480	263676	52735	316411
2008	286236	167161	13440	6720	663	530	3226	2581	13498	10799	20630	146531	267420	53484	320904
2009	290247	169504	13628	6814	672	538	3271	2617	13687	10950	20919	148585	271168	54234	325402
2010	294251	171842	13816	6908	681	545	3317	2653	13876	11101	21207	150635	274908	54982	329890
2011	298259	174183	14004	7002	691	553	3362	2689	14065	11252	21496	152687	278653	55731	334384
2012	302266	176523	14192	7096	700	560	3407	2726	14254	11403	21785	154738	282397	56479	338876
2013	306274	178863	14381	7190	709	567	3452	2762	14443	11555	22074	156789	286140	57228	343368
2014	310285	181206	14569	7284	718	575	3497	2798	14632	11706	22363	158843	289888	57978	347866
2015	314289	183542	14757	7378	728	582	3542	2834	14821	11857	22651	160891	293626	58725	352351
2016	318296	185884	14945	7473	737	590	3588	2870	15010	12008	22940	162944	297372	59474	356847

Çizelge 6.8'in Devamı

2017	322304	188225	15133	7567	746	597	3633	2906	15199	12159	23229	164996	301117	60223	361341
2018	326311	190565	15321	7661	756	604	3678	2942	15388	12310	23518	167047	304861	60972	365833
2019	330324	192909	15510	7755	765	612	3723	2979	15577	12462	23807	169102	308611	61722	370333
2020	334326	195246	15698	7849	774	619	3768	3015	15766	12613	24096	171150	312349	62470	374819
2021	338334	197586	15886	7943	783	627	3813	3051	15955	12764	24384	173202	316093	63219	379311
2022	342341	199926	16074	8037	793	634	3859	3087	16144	12915	24673	175253	319836	63967	383803
2023	346349	202267	16262	8131	802	642	3904	3123	16333	13066	24962	177305	323581	64716	388298
2024	350362	204611	16451	8225	811	649	3949	3159	16522	13218	25251	179360	327331	65466	392797
2025	354364	206948	16639	8319	821	656	3994	3195	16711	13369	25540	181408	331070	66214	397284
2026	358371	209288	16827	8413	830	664	4039	3231	16900	13520	25829	183459	334813	66963	401776
2027	362379	211629	17015	8507	839	671	4084	3268	17089	13671	26118	185511	338558	67712	406270
2028	366386	213969	17203	8602	848	679	4130	3304	17278	13822	26406	187563	342302	68460	410762
2029	370400	216313	17392	8696	858	686	4175	3340	17467	13974	26696	189617	346052	69210	415262
2030	374401	218649	17579	8790	867	694	4220	3376	17656	14125	26984	191665	349789	69958	419747

\* G.K.; Geri kazanılabılır

## 7. SIZINTI SUYU İLE İLGİLİ ÇALIŞMALAR

Sızıntı suyu oldukça değişken bir bileşime sahip olup bir çok endüstriyel atıksuya göre daha geniş aralıkta bir kirlilik yüküne sahiptir. Sızıntı suyunun özellikleri depolama alanındaki katı atığın derinliği ve türü, depolama yaşı, geri dönen sızıntı suyunun oranı, depolama alanının tasarımı ve işletilmesi, sızıntı suyunun çevresel etkileri gibi birbirine etki eden pek çok faktöre bağlı olarak değişmektedir (Chan ve diğerleri, 2002; Johnson ve diğerleri, 1998)

Sızıntı suyu özellikleri ve sızıntı suyunun Kızılırmak'a etkilerinin araştırılması kapsamında; sızıntı suyundan, sızıntı suyunun Kızılırmak'a deşarj öncesinden ve Kızılırmak'tan aylık olarak alınan örneklerin analiz sonuçları Çizelge 7.1 - 7.12'de ayrı ayrı sunulmuştur. Sızıntı suyu BOİ<sub>5</sub> değeri 5000-18000 mg/L, KOİ değeri 11500-50726 mg/L arasında değişmiştir (Şekil 7.1). Askıda katı madde, toplam katı madde ve toplam uçucu katı madde miktarları BOİ<sub>5</sub> ve KOİ değişimine paralel olarak değişmiştir (Şekil 7.2). Ölçüm sonuçlarına göre, alkalinite 5465 mg/L ile Ekim ayında minimum, 25500 mg/L ile Temmuz ayında maksimum değere ulaşmıştır. Klorürün aylık değişimi 3633 mg/L ile Temmuz ayında minimum, 7872 mg/L ile Nisan ayında maksimum değere ulaşmıştır (Çizelge 7.13). Elektriksel iletkenlik ölçüm sonuçları ise Mart ayında minimum (21800µS/cm), Temmuz ayında ise maksimum değerlerini (44950µS/cm) almıştır. Çizelge 7.13'de de görüldüğü gibi sızıntı suyunun elektriksel iletkenliği kurak dönemlerde daha yüksek, yağışlı dönemlerde ise daha düşüktür.

Çizelge 7.13'de sızıntı suyunun özelliklerinin aylık değişimi ağır metaller dışında toplu olarak verilmiştir. Aylık ölçüm sonuçları incelendiğinde gerek çöp bileşiminin mevsimlik olarak ve hatta günlük olarak değişmesi nedeniyle, gerekse yağışlara bağlı olarak sızıntı suyunun özelliklerinin değiştiği anlaşılmaktadır.

Sivas çöp deponi alanı sızıntı suyunun özellikleri, Çizelge 7.14'de sunulan diğer bölgelerdeki sızıntı suyu özellikleri ile karşılaştırıldığında, sonuçların benzer olduğu görülmektedir.

Diğer atıksularda olduğu gibi sızıntı suları için de iki tür deşarj standardı söz konusudur.

- Atıksuların atıksu altyapı tesislerine deşarjında öngörülen atıksu standartları (Çizelge 7.15)

- Katı atık değerlendirme ve bertaraf tesislerinin alıcı ortama deşarj standartları (Çizelge 7.16)

Çizelge 7.1. Sivas kenti çöp deponi alanı Ocak ayı sızıntı suyu ölçüm sonuçları.

	Sızıntı suyu	Sızıntı suyu (D.Ö.)	Kızılırmak (D.Ö.)	Kızılırmak (D.S.)
pH	8.67	8.45	7.31	7.44
BOI <sub>5</sub> (mg/L)	10000	600	8.5	22
KOI (mg/L)	17527	1599	36.9	36.9
TKN (mg/L)	1989	136	0.56	0.34
AKM (mg/L)	1050	466	20	25
T.K.M. (mg/L)	17737	4654	2827	2884
T.U.K.M. (mg/L)	5275	1212	366	379
Alkalinite (mg/L)	11000	1000	170	160
Cl <sup>-</sup> (mg/L)	5498	1349	1799	1799
EC (µS/cm)	23870	3660	2940	2920
Cu <sup>2+</sup> (mg/L)	0.265	0.086	0.033	0.097
Zn <sup>2+</sup> (mg/L)	0.250	0.203	<0.01	<0.01
Pb <sup>2+</sup> (mg/L)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Cd <sup>2+</sup> (mg/L)	0.006	0.002	0.002	0.004
Ni <sup>2+</sup> (mg/L)	0.340	0.135	0.120	0.123

\*D.Ö.;Deşarj öncesi, D.S.; Deşarj sonrası

Çizelge 7.2. Sivas kenti çöp deponi alanı Şubat ayı sızıntı suyu ölçüm sonuçları.

	Sızıntı suyu	Sızıntı suyu (D.Ö.)	Kızılırmak (D.Ö.)	Kızılırmak (D.S.)
pH	8.63	8.52	7.28	7.31
BOI <sub>5</sub> (mg/L)	8500	700	8	13
KOI (mg/L)	15300	1650	30	32
TKN (mg/L)	1780	120	0.42	0.40
AKM (mg/L)	1020	410	54	58
T.K.M. (mg/L)	16400	4540	3170	3420
T.U.K.M. (mg/L)	4900	1310	320	340
Alkalinite (mg/L)	10700	1210	165	168
Cl <sup>-</sup> (mg/L)	5600	1480	1540	1530
EC (µS/cm)	22800	4100	2800	2800
Cu <sup>2+</sup> (mg/L)	0.160	0.08	0.020	0.03
Zn <sup>2+</sup> (mg/L)	0.320	0.180	0.08	0.09
Pb <sup>2+</sup> (mg/L)	0.04	0.02	0.01	<0.01
Cd <sup>2+</sup> (mg/L)	0.05	0.03	0.01	0.01
Ni <sup>2+</sup> (mg/L)	0.650	0.340	0.06	0.140

Çizelge 7.3. Sivas kenti çöp deponi alanı Mart ayı sızıntı suyu ölçüm sonuçları.

	Sızıntı suyu	Sızıntı suyu (D.Ö.)	Kızılırmak (D.Ö.)	Kızılırmak (D.S.)
pH	8.55	8.40	7.14	7.18
BOI <sub>5</sub> (mg/L)	7200	620	14	12
KOI (mg/L)	13800	1480	27	24
TKN (mg/L)	1620	116	0.34	0.34
AKM (mg/L)	940	410	62	60
T.K.M. (mg/L)	15420	4240	2620	2640
T.U.K.M.(mg/L)	4200	1210	330	340
Alkalinite (mg/L)	9400	1180	1884	192
Cl <sup>-</sup> (mg/L)	5284	1280	1620	1680
EC (µS/cm)	21800	3780	2980	3020
Cu <sup>+2</sup> (mg/L)	0.08	0.06	0.01	0.01
Zn <sup>+2</sup> (mg/L)	0.240	0.250	0.08	0.80
Pb <sup>+2</sup> (mg/L)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Cd <sup>+2</sup> (mg/L)	0.06	0.02	0.140	0.01
Ni <sup>2+</sup> (mg/L)	0.580	0.210	0.02	<0.01

\*D.Ö.;Deşarj öncesi, D.S.; Deşarj sonrası

Çizelge 7.4. Sivas kenti çöp deponi alanı Nisan ayı sızıntı suyu ölçüm sonuçları.

	Sızıntı suyu	Sızıntı suyu (D.Ö.)	Kızılırmak (D. Ö)	Kızılırmak (D.S)
pH	8.59	8.39	6.81	8.11
BOI <sub>5</sub> (mg/L)	12800	1100	30	30
KOI (mg/L)	16830	1760	70	75
TKN (mg/L)	1893	44	1.12	1.6812
AKM (mg/L)	975	325	25	20
TK.M. (mg/L)	24212	1936	1146	1271
T.U.K.M.(mg/L)	6879	360	119	144
Alkalinite (mg/L)	18200	1350	270	296
Cl <sup>-</sup> (mg/L)	7872	577	287	282
EC (µS/cm)	41557	3504	1882	1810
Cu <sup>2+</sup> (mg/L)	<0.02	<0.02	0.233	0.302
Zn <sup>2+</sup> (mg/L)	0.766	0.337	0.88	1.89
Pb <sup>2+</sup> (mg/L)	<0.01	<0.01	0.214	0.403
Cd <sup>2+</sup> (mg/L)	0.008	0.004	0.008	0.003
Ni <sup>2+</sup> (mg/L)	0.398	0.185	<0.01	0.285

Çizelge 7.5. Sivas kenti çöp deponi alanı Mayıs ayı sızıntı suyu ölçüm sonuçları.

	Sızıntı suyu	Sızıntı suyu (D.Ö.)	Kızılırmak (D.Ö.)	Kızılırmak (D.S.)
pH	8.91	8.53	7.06	8.23
BOI <sub>5</sub> (mg/L)	5000	900	30	35
KOI (mg/L)	26500	5500	70	80
TKN (mg/L)	1950	104.23	0.336	0.224
AKM (mg/L)	1463	101	84	85
T.K.M (mg/L)	26597	3136	1423	1438
T.U.K.M.(mg/L)	7822	738	182	187
Alkalinite (mg/L)	19300	1440	230	250
Cl <sup>-</sup> (mg/L)	5601	411	205	202
EC (µS/cm)	33962	3973	1803	1727
Cu <sup>2+</sup> (mg/L)	0.45	0.103	<0.032	<0.023
Zn <sup>2+</sup> (mg/L)	0.260	0.120	0.140	0.96
Pb <sup>2+</sup> (mg/L)	0.05	0.466	<0.01	0.029
Cd <sup>2+</sup> (mg/L)	0.02	0.04	0.007	0.01
Ni <sup>2+</sup> (mg/L)	0.680	0.352	0.280	0.425

\*D.Ö.;Deşarj öncesi, D.S.; Deşarj sonrası

Çizelge 7.6. Sivas kenti çöp deponi alanı Haziran ayı sızıntı suyu ölçüm sonuçları.

	Sızıntı suyu	Sızıntı suyu (D.Ö.)	Kızılırmak (D.Ö.)	Kızılırmak (D.S.)
pH	8.97	7.57	7.15	7.52
BOI <sub>5</sub> (mg/L)	17500	1750	25	35
KOI (mg/L)	27724	3585	95	140
TKN (mg/L)	3472	179.32	0.112	0.112
AKM (mg/L)	1360	170	43	33
T.K.M.(mg/L)	46010	5970	4050	4110
T.U.K.M. (mg/L)	24140	1570	370	410
Alkalinite (mg/L)	22750	3000	230	233
Cl <sup>-</sup> (mg/L)	3722	1152	1347	1382
EC (µS/cm)	44950	6422	5400	5465
Cu <sup>2+</sup> (mg/L)	0.064	0.037	0.032	0.095
Zn <sup>2+</sup> (mg/L)	0.420	<0.02	0.097	0.036
Pb <sup>2+</sup> (mg/L)	<0.01	<0.01	0.073	<0.01
Cd <sup>2+</sup> (mg/L)	0.02	0.002	0.012	0.03
Ni <sup>2+</sup> (mg/L)	0.418	0.95	0.070	0.090

Çizelge 7.7. Sivas kenti çöp deponi alanı Temmuz ayı sızıntı suyu ölçüm sonuçları.

	Sızıntı suyu	Sızıntı suyu (D.Ö.)	Kızılırmak (D.Ö.)	Kızılırmak (D.S.)
pH	7.98	7.89	6.95	6.39
BOI <sub>5</sub> (mg/L)	18000	1975	50	55
KOI (mg/L)	50726	5846	177	187
TKN (mg/L)	3054	345.2	0.45	0.56
AKM (mg/L)	1660	190	69	64
T.K.M. (mg/L)	59100	11256	5945	5904
T.U.K.M.(mg/L)	32172	5166	477	564
Alkalinite (mg/L)	25500	4075	273	289
Cl (mg/L)	3633	1283	1878	1829
EC (µS/cm)	46220	10026	8148	8220
Cu <sup>2+</sup> (mg/L)	0.097	0.022	0.033	0.245
Zn <sup>2+</sup> (mg/L)	0.655	0.120	0.058	0.098
Pb <sup>2+</sup> (mg/L)	<0.01	<0.01	<0.01	0.01
Cd <sup>2+</sup> (mg/L)	0.008	0.002	0.001	0.001
Ni <sup>2+</sup> (mg/L)	0.657	0.613	<0.01	0.01

\*D.Ö.;Deşarj öncesi, D.S.; Deşarj sonrası

Çizelge 7.8. Sivas kenti çöp deponi alanı Ağustos ayı sızıntı suyu ölçüm sonuçları.

	Sızıntı suyu	Sızıntı suyu (D.Ö.)	Kızılırmak (D.Ö.)	Kızılırmak (D.S.)
pH	8.45	8.07	7.40	7.58
BOI <sub>5</sub> (mg/L)	7750	655	14	16
KOI (mg/L)	28899	2692	35	40
TKN (mg/L)	2913	320	0.45	0.78
AKM (mg/L)	1580	282	76	65
T.K.M. (mg/L)	39473	7136	7035	7095
T.U.K.M.(mg/L)	17982	2450	742	747
Alkalinite (mg/L)	23450	1575	136.5	135
Cl (mg/L)	7710	1684	2446	2730
EC (µS/cm)	39906	8691	9187	9188
Cu <sup>2+</sup> (mg/L)	0.330	0.036	0.066	0.31
Zn <sup>2+</sup> (mg/L)	0.180	0.50	0.115	0.036
Pb <sup>2+</sup> (mg/L)	0.10	<0.01	0.02	0.052
Cd <sup>2+</sup> (mg/L)	0.014	0.004	0.001	0.008
Ni <sup>2+</sup> (mg/L)	0.730	0.258	<0.01	0.162

Çizelge 7.9. Sivas kenti çöp deponi alanı Eylül ayı sızıntı suyu ölçüm sonuçları.

	Sızıntı suyu	Sızıntı suyu (D.Ö.)	Kızılırmak (D.Ö.)	Kızılırmak (D.S.)
pH	8.62	8.44	7.48	7.52
BOI <sub>5</sub> (mg/L)	8350	1485	28	32
KOI (mg/L)	14320	2440	42	48
TKN (mg/L)	2148	312	0.52	0.64
AKM (mg/L)	1246	264	78	84
T.K.M. (mg/L)	26742	7450	6340	6470
T.U.K.M.(mg/L)	12662	1982	596	624
Alkalinite (mg/L)	12424	1876	138	148
Cl (mg/L)	5840	1948	1978	1996
EC (µS/cm)	27475	10560	8240	8240
Cu <sup>2+</sup> (mg/L)	0.045	<0.022	0.102	0.023
Zn <sup>2+</sup> (mg/L)	0.215	0.474	<0.01	<0.01
Pb <sup>2+</sup> (mg/L)	0.023	<0.01	0.010	0.02
Cd <sup>2+</sup> (mg/L)	0.02	0.06	0.008	0.006
Ni <sup>2+</sup> (mg/L)	0.497	0.01	<0.01	0.300

\*D.Ö.;Deşarj öncesi, D.S.; Deşarj sonrası

Çizelge 7.10. Sivas kenti çöp deponi alanı Ekim ayı sızıntı suyu ölçüm sonuçları.

	Sızıntı suyu	Sızıntı suyu (D.Ö.)	Kızılırmak (D.Ö.)	Kızılırmak (D.S.)
pH	8.69	8.55	7.92	7.25
BOI <sub>5</sub> (mg/L)	7500	1900	40	46
KOI (mg/L)	11515	3822	93.1	102.9
TKN (mg/L)	1288.92	605.24	0.45	0.56
AKM (mg/L)	880	285	87	90
T.K.M. (mg/L)	17808	8440	5350	4910
T.U.K.M.(mg/L)	5518	2447	562	272
Alkalinite (mg/L)	5465	2430	160	125
Cl (mg/L)	4499	2249	1699	1749
EC (µS/cm)	22605	11792	6754	6886
Cu <sup>2+</sup> (mg/L)	0.297	0.036	0.032	<0.012
Zn <sup>2+</sup> (mg/L)	0.245	0.424	0.045	0.099
Pb <sup>2+</sup> (mg/L)	0.05	<0.01	0.025	0.340
Cd <sup>2+</sup> (mg/L)	0.002	0.002	0.005	0.009
Ni <sup>2+</sup> (mg/L)	0.508	0.304	0.032	0.057



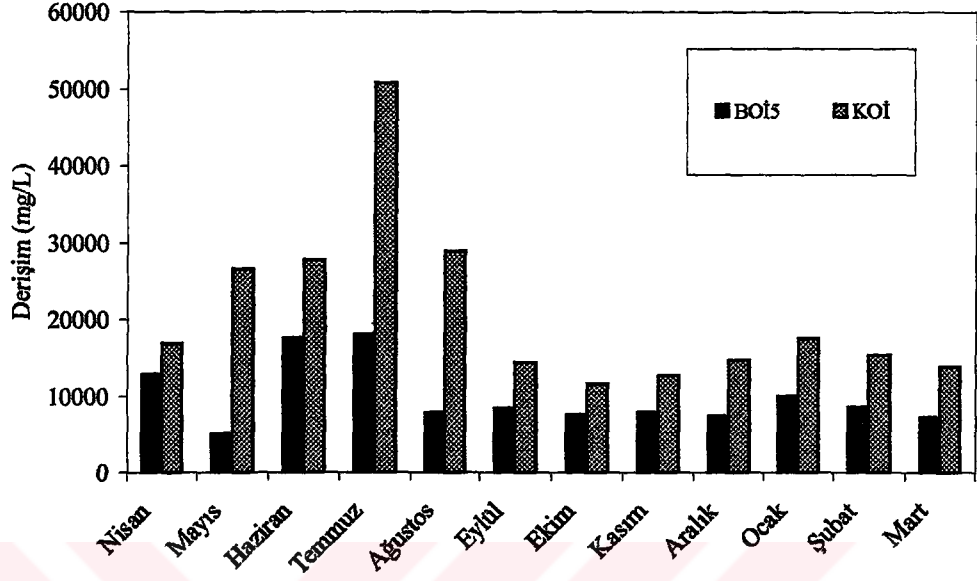
Çizelge 7.11. Sivas kenti çöp deponi alanı Kasım ayı sızıntı suyu ölçüm sonuçları.

	Sızıntı suyu	Sızıntı suyu (D.Ö.)	Kızılırmak (D.Ö.)	Kızılırmak (D.S.)
pH	8.70	8.73	7.69	7.76
BOI <sub>5</sub> (mg/L)	7900	2300	20	22
KOI (mg/L)	12645	4581	34	66
TKN (mg/L)	1401	150.2	--	--
AKM (mg/L)	930	236	59	74
T.K.M. (mg/L)	21640	8948	4506	3765
T.U.K.M.(mg/L)	6067	2728	308	275
Alkalinite (mg/L)	8550	2805	172	156
Cl(mg/L)	5598	1999	1549	1449
EC (µS/cm)	27050	11050	4520	4950
Cu <sup>2+</sup> (mg/L)	0.396	0.036	0.067	0.077
Zn <sup>2+</sup> (mg/L)	0.52	0.420	0.026	0.099
Pb <sup>2+</sup> (mg/L)	<0.01	<0.01	0.04	<0.01
Cd <sup>2+</sup> (mg/L)	0.01	0.01	0.06	0.08
Ni <sup>2+</sup> (mg/L)	0.750	0.486	0.046	0.283

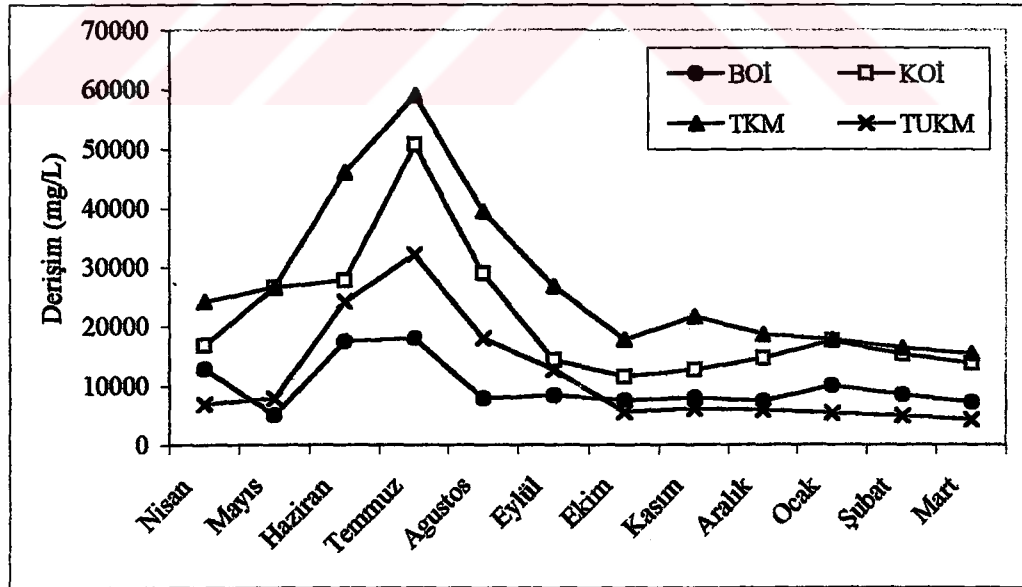
\*D.Ö.;Deşarj öncesi, D.S.; Deşarj sonrası

Çizelge 7.12. Sivas kenti çöp deponi alanı Aralık ayı sızıntı suyu ölçüm sonuçları.

	Sızıntı suyu	Sızıntı suyu (D.Ö.)	Kızılırmak (D.Ö.)	Kızılırmak (D.S.)
pH	8.7	8.65	7.54	7.62
BOI <sub>5</sub> (mg/L)	7400	1800	16	18
KOI (mg/L)	14650	3284	28	34
TKN (mg/L)	1672	2720	0.35	0.42
AKM(mg/L)	980	370	64	72
T.K.M. (mg/L)	18620	6450	3240	3680
T.U.K.M.(mg/L)	5830	1680	314	332
Alkalinite (mg/L)	9650	2170	168	152
Cl(mg/L)	5549	1698	1438	1529
EC (µS/cm)	24240	5750	3250	3370
Cu <sup>2+</sup> (mg/L)	0.0250	0.070	0.024	0.046
Zn <sup>2+</sup> (mg/L)	0.425	0.350	<0.01	<0.01
Pb <sup>2+</sup> (mg/L)	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Cd <sup>2+</sup> (mg/L)	0.006	0.002	0.004	0.004
Ni <sup>2+</sup> (mg/L)	0.340	0.135	0.042	0.050



Şekil 7.1. Sivas çöp deponi alanı sızıntı suyunda BOI<sub>5</sub> ve KOI değerlerinin aylık değişimi.



Şekil 7.2. Sivas çöp deponi alanı sızıntı suyunda BOI<sub>5</sub>, KOI, TKM, TUKM değerlerinin aylık değişimi.

Çizelge 7.13 . Sivas kenti katı atık deponi alanı sızıntı suyu özelliklerinin aylık değişimi (mg/L).

	pH	BOI <sub>5</sub>	KOI	TKN	AKM	TKM	TUKM	Alkalinite	CI	EC (µS/cm)
Ocak	8.67	10000	17527	1989	1050	17737	5275	11000	5498	23870
Şubat	8.63	8500	15300	1780	1020	16400	4900	10700	5000	22800
Mart	8.55	7200	13800	1620	940	15420	4200	9400	5284	21800
Nisan	8.59	12800	16830	1893	975	24212	6879	18200	7872	41557
Mayıs	8.91	5000	26500	1950	1463	26597	7822	19300	5601	33962
Haziran	8.97	17500	27724	3472	1360	46010	24140	22750	3722	44950
Temmuz	7.98	18000	50726	3054	1660	59100	32172	25500	3633	46220
Ağustos	8.45	7750	28899	2913	1580	39473	17982	23450	7710	39906
Eylül	8.62	8350	14320	2148	1246	26742	12662	12424	5840	27475
Ekim	8.69	7500	11515	1288	880	17808	5518	5465	4499	22605
Kasım	8.70	7900	12645	1401	930	21640	6067	8550	5598	27050
Aralık	8.70	7400	14650	1672	980	18620	5830	9650	5549	24240
Alıcı ortama deşarj standardı	6-9	100	160	--	200	--	--	--	--	--
Atıksu alt yapı tesislerine deşarj standardı	6,5-10	--	4000	--	500	--	--	--	10000	--

Çizelge 7.14. Bazı illerde tanımlanmış düzenli depolama sızıntı suyu değerleri (Irene ve Lo, 1996; Tatsi ve Zouboulis, 2002; Öztürk ve diğerleri 1999).

Parametre	İzmir	İstanbul	Hong-Kong	Yunanistan (Thessaloniki)	Sivas
pH	7,3-7,8	6,8-7,5	7,8-9,0	4,9-6,7	7,9-8,9
TOK (mg/L)	4550-6000	-	-	-	-
BOİ <sub>5</sub> (mg/L)	6900-1100	21000-25000	22000	9500-80795	5000-18000
KOİ (mg/L)	14900-19680	40000-50000	50000	44000-115000	11515-50726
AKM (mg/L)	-	2630-3930	2000	400-1900	880-1660
TÇM (mg/L)	-	17000-21000	-	-	-
TKN (mg/L)	1350-2650	375-410	13000	2023-10558	1620-3472
T.fosfor (mg/L)	-	5-6	90	1,6-655	-
Alkalinite (mg/L)	7040-13050	-	-	3540-26200	5465-25500
Cl (mg/L)	5620-6330	-	30000	580-10100	3633-7872
SO <sub>4</sub>	142-352	495-950	-	400-25000	-
Fe (mg/L)	14,2-44	100-130	-	-	-
Zn (mg/L)	0,38-1,06	0,7	-	-	0,18-0,76
Mg (mg/L)	363-640	-	-	-	-
Ca (mg/L)	77-787	-	-	-	-
Cd (mg/L)	<0,01	<0,2	<0,01	-	0,002-0,06
Cr (mg/L)	<0,002-0,78	1,3-2,2	5,3	-	-
Cu (mg/L)	0,02-0,13	<0,5	0,1	-	0,02-0,45
Pb (mg/L)	<0,04	0,08	0,1	-	0,01-0,1
Ni (mg/L)	0,32-0,45	0,9-1,3	0,1	-	0,340-0,750
EC µs/cm	-	-	90000	23000-35000	21800-44950

Sızıntı suyu ölçüm sonuçları, Çizelge 7.15'te verilen kanalizasyon sistemleri tam arıtma ile sonuçlanan atıksu altyapı tesislerine deşarj standartlarıyla karşılaştırıldığında; ağır metaller, pH ve klorür değerlerinin standardı sağladığı, fakat KOİ ve AKM değerlerinin standardın çok üzerinde olduğu belirlenmiştir.

Sızıntı suyu ölçüm sonuçları alıcı ortama deşarj standartlarıyla karşılaştırıldığında (Çizelge 7.16) pH ve ağır metaller açısından bir sakınca görülmemektedir. Fakat BOİ<sub>5</sub> için alıcı ortama deşarj standardı 100 mg/L olmasına karşın sızıntı suyunda ölçülen en düşük BOİ<sub>5</sub> değeri 5000 mg/L dir. Aynı durum KOİ için de söz konusudur, KOİ için standart 160 mg/L iken sızıntı suyunda ölçülen en düşük değer 11515 mg/L dir. AKM açısından ise hiçbir ay alıcı ortama deşarj standardı sağlanamamıştır. Yukarıda da ifade

edildiği gibi BOİ<sub>5</sub> değeri alıcı ortama deşarj standartlarından en az 50 kat, KOİ ise en az 70 kat daha yüksektir.

Çizelge 7.15. Atıksuların atıksu altyapı tesislerine deşarjında öngörülen atıksu standartları (Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 1995).

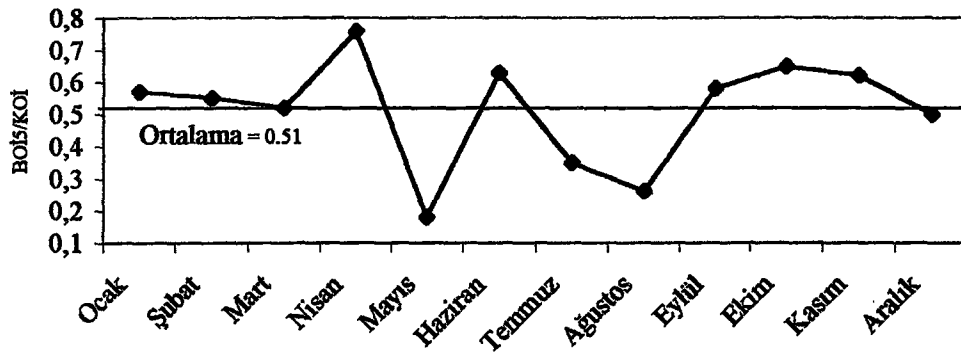
Parametre	Kanalizasyon sistemleri tam arıtma ile sonuçlanan atıksu altyapı tesislerinde	Kanalizasyon sistemleri derin deniz deşarjı ile sonuçlanan atıksu altyapı tesislerinde
Sıcaklık (°C)	40	40
pH	6,5-10,0	6,0-10,0
Askıda Katı Madde (mg/L)	500	350
Yağ ve Gres (mg/L)	250	50
Kimyasal oksijen ihtiyacı (mg/L)	4000	600
SO <sub>4</sub> (Sülfat) (mg/L)	1000	1000
Toplam Sülfür (S) (mg/L)	2	2
Fenol (mg/L)	20	10
Serbest Klor (mg/L)	5	5
Toplam Azot (N) (mg/L)	(a)	5
Toplam fosfor (P) (mg/L)	(a)	40
Arsenik (As) (mg/L)	3	10
Toplam Siyanür( CN <sup>-</sup> ) (mg/L)	10	10
Toplam Kurşun (Pb) (mg/L)	3	3
Toplam Krom (Cr) (mg/L)	5	5
Toplam Krom (Cr) (mg/L)	5	5
Toplam Civa (Hg) (mg/L)	0,2	0,2
Toplam Bakır (Cu) mg/L	2	2
Toplam Nikel (Ni) (mg/L)	5	5
Toplam Çinko (Zn) (mg/L)	10	10
Toplam Kalay (Sn) (mg/L)	5	5
Toplam Gümüş (Ag) (mg/L)	5	5
Toplam Klorür (mg/L)	10000	-

Sızıntı suyunda BOİ/KOİ ve uçucu katı madde/toplam katı madde oranları sızıntı suyunun organik madde bileşimini, yaşını ve duraylı (stabil) olma derecesini yansıtabilir. Sızıntı suyundaki BOİ/KOİ oranı biyolojik olarak artırılabilirliğini yansıtır. Taze sızıntı sularında bu oran 0.5 dolayında, yaşlı sızıntı sularında ise 0.2'lerdedir ( daha fazla duraylı duruma gelmiştir). BOİ/KOİ oranının yüksek çıkması suda fazla miktarda organik madde olduğunun göstergesidir (Tatsi ve Zouboulis, 2002; Ding ve diğerleri,2001).

Çizelge 7.16. Katı atık değerlendirme ve bertaraf tesislerinin alıcı ortama deşarj standartları (Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 1995).

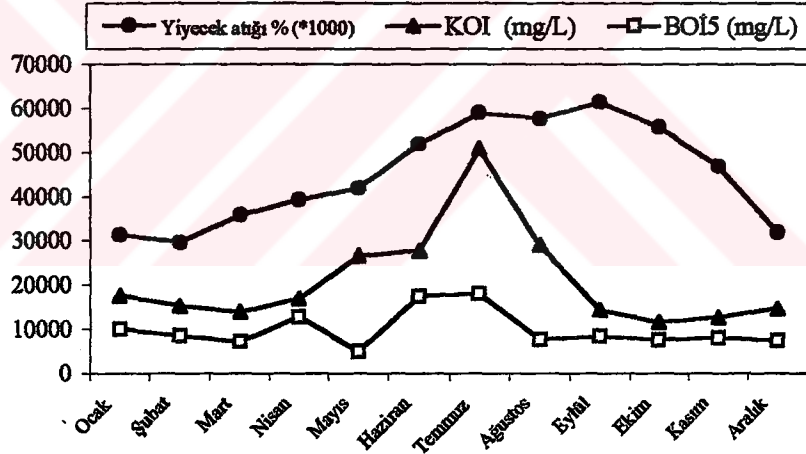
Parametre	Kompozit örnek 2 saatlik	Sızıntı suyu	Sızıntı suyu (D.Ö.)
BOİ <sub>5</sub> (mg/L)	100	5000-18000	600-2300
KOİ (mg/L)	160	11515-50726	1599-5846
AKM (mg/L)	200	880-1660	101-466
Yağ ve gres (mg/L)	20	--	--
Toplam fosfor (PO <sub>4</sub> ) (mg/L)	2	--	--
Toplam Krom (mg/L)	2	--	--
Krom (Cr <sup>+6</sup> ) (mg/L)	0,5	--	--
Kurşun (Pb) (mg/L)	2	0,01-0,05	0,01-0,466
Toplam Siyanür (CN) (mg/L)	1	--	--
Kadmiyum (Cd) (mg/L)	0,1	0,01-0,08	0,02-0,06
Demir (Fe) (mg/L)	10	--	--
Florür (F) (mg/L)	15	--	--
Bakır (Cu) (mg/L)	3	0,02-0,45	0,02-0,103
Çinko (Zn) (mg/L)	5	0,18-0,655	0,02-0,5
Balık Biyodeneyi (mg/L)	10	--	--
pH	6-9	7,98-8,97	7,57-8,65

Sivas çöp deponi alanı sızıntı suyunun BOİ/KOİ oranlarına (Şekil 7.3) bakıldığında, 0.18-0.65 arasında değiştiği görülmektedir. Mayıs ayında yağışların fazla olması nedeniyle BOİ değeri dolayısıyla BOİ/KOİ oranı düşük çıkmıştır. Ortalama BOİ/KOİ oranı 0.51 dir. Bu sonuçlara göre, sızıntı suyunda organik madde miktarının fazla olduğu, organik maddelerin duraylı (stabil) hale gelmediği, çöp deponi alanı sızıntı suyunun genç olduğu ve biyolojik olarak artırılabileceği belirtilebilir.



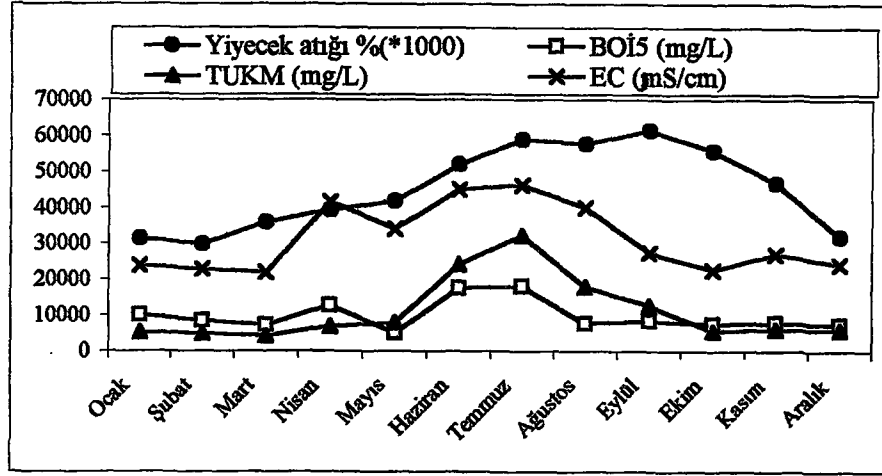
Şekil 7.3. Sivas çöp deponi alanı sızıntı suyunun BOİ<sub>5</sub>/KOİ oranlarının aylık değişimi.

Sızıntı suyu özelliklerinin aylık değişimi ile çöp deponi alanındaki yiyecek atıklarının aylık değişimleri karşılaştırıldığında ise; Şekil 7.4’de görüldüğü üzere çöp bileşimindeki yiyecek atıklarının yoğunlukta olduğu yaz aylarında BOİ<sub>5</sub> ve KOİ değerleri de yüksek çıkmıştır. Fakat yağışların bol olduğu Mayıs döneminde ise BOİ<sub>5</sub> değeri KOİ ve yiyecek atıkları ile orantılı olarak değişmemiş olup yağış sularının fazla olması nedeniyle diğer aylara göre düşük çıkmıştır. TUKM ve EC değerleri yiyecek atıklarının aylık değişimi ile karşılaştırıldığında; organik maddelerin bir göstergesi olan TUKM ile yiyecek atıklarının doğru orantılı olarak değiştiği, yaz aylarında ise en yüksek düzeye ulaştığı görülmektedir. Fakat, suyun içerisinde erimiş halde bulunan toplam tuz miktarının göstergesi olan EC ile değişim farklılık göstermiştir (Şekil 7.5). Organik maddelerin maksimuma ulaştığı Eylül ayında EC değeri, diğer aylara göre (yaz ayları) daha düşük çıkmıştır. Bu sonuç da yiyecek atıkları ile EC arasında fazla bir ilişki olmadığını göstermektedir. Dolayısıyla EC değerlerinin yaz aylarında yüksek çıkması buharlaşmaya bağlanabilir.



Şekil 7.4. Sızıntı suyundaki BOİ<sub>5</sub> ve KOİ değerleri ile çöp içerisindeki yiyecek atıkları arasındaki ilişki.

Deşarj öncesi sızıntı suyunun özelliklerini incelemek amacıyla; sızıntı suyu Kızılırmak’a boşalmadan önce sızıntı suyu ile eş zamanlı olarak alınan örneklerde aynı parametreler incelenmiş ve ölçüm sonuçları Çizelge 7.17’de verilmiştir. Çizelge 7.17’de görüldüğü gibi deşarj öncesi sızıntı suyunda pH 7.57-8.73, BOİ<sub>5</sub> 600-2300 mg/L, KOİ 1480-5846 mg/L, TKN 44-605 mg/L, AKM 101-466 mg/L, TKM 1936-11256 mg/L, TUKM 360-5166 mg/L, Alkalinite 1000- 4075 mg/L, klorür 411-2249 mg/L ve elektriksel iletkenlik 3504-11792 mg/L arasında değişmiştir.



Şekil 7.5. Sızıntı suyundaki TUKM, BOI<sub>5</sub> ve EC değerleri ile çöp içerisindeki yiyecek atıkları arasındaki ilişki.

Deşarj öncesi sızıntı suyu özellikleri ile alıcı ortama deşarj standartları karşılaştırıldığında; pH ve ağır metaller açısından sorun olmadığı, AKM değerlerinin ise sadece birkaç ay deşarj standartlarını sağladığı söylenebilir. Ölçülen minimum BOI<sub>5</sub> 600 mg/L, minimum KOİ 1480 mg/L olmasına karşın alıcı ortama deşarj standartları BOI<sub>5</sub> için 100 mg/L, KOİ için 160 mg/L dir. Görüldüğü gibi BOI<sub>5</sub> ve KOİ değerleri alıcı ortama deşarj standartlarının çok üzerindedir.

Deşarj öncesi sızıntı suyu ölçüm sonuçları, atıksu alt yapı tesislerine deşarj standartlarıyla karşılaştırıldığında sadece KOİ'nin üç aylık ölçümlerde standardı sağlamadığı tespit edilmiştir. Fakat genel olarak atıksu alt yapı tesislerine deşarj standartları açısından sorun yoktur. Deşarj standartları (ağır metaller hariç) ölçüm sonuçlarıyla birlikte Çizelge 7.17'de verilmiştir.

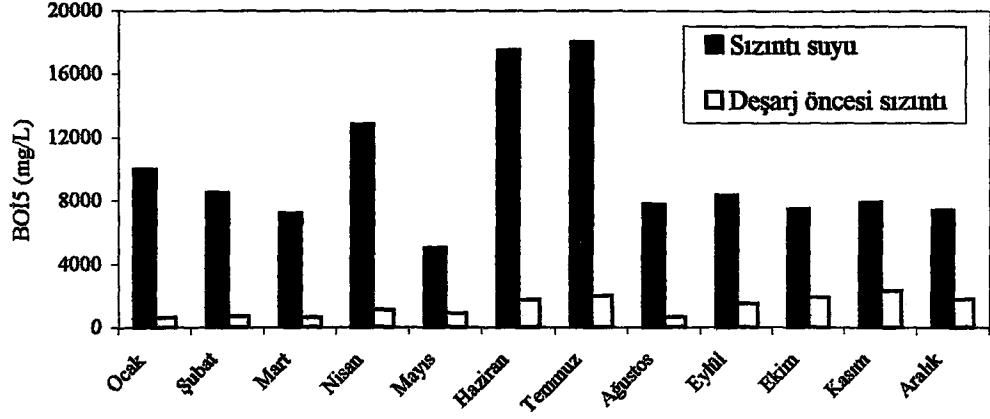
Sızıntı suyu özellikleri ile deşarj öncesi sızıntı suyu özellikleri karşılaştırıldığında pH haricinde ölçülen bütün parametrelerin derişimlerinde büyük bir azalma olduğu görülmektedir. Bütün parametrelerdeki bu değişimler Çizelge 7.18'de ve Şekil 7.6 – 7.13'de verilmiştir. BOI<sub>5</sub> değeri sızıntı suyunda 5000-18000 mg/L arasında değişmesine karşın bu değer deşarj öncesi sızıntı suyunda 600-2300 mg/L arasında değişmektedir (Şekil 7.6). Şekil 7.7'de görüldüğü üzere sızıntı suyunun KOİ değeri de Kızırmak'a boşalana kadar 5-10 kat seyrelmeye uğramıştır.

Şekil 7.6-7.13'deki sonuçlar çöp deponi alanından sızan sızıntı suyunun 500-600 m yol olarak Kızırmak'a ulaşana kadar, su içerisindeki kirleticilerin büyük bir bölümünün çökelme, filtrasyon (süzülme) ve yan kollardan gelen su ile azaldığını göstermektedir.

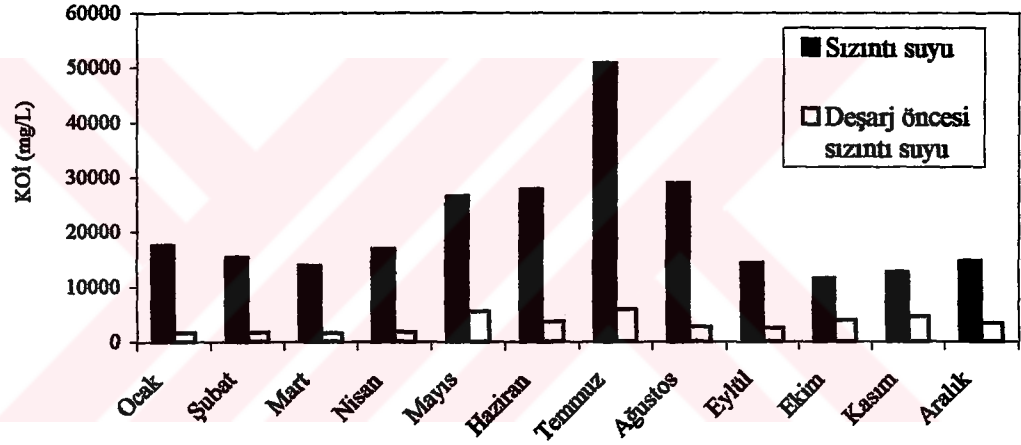


Çizelge 7.17. Deşarj öncesi sızıntı suyu özelliklerinin aylık değişimi (mg/L).

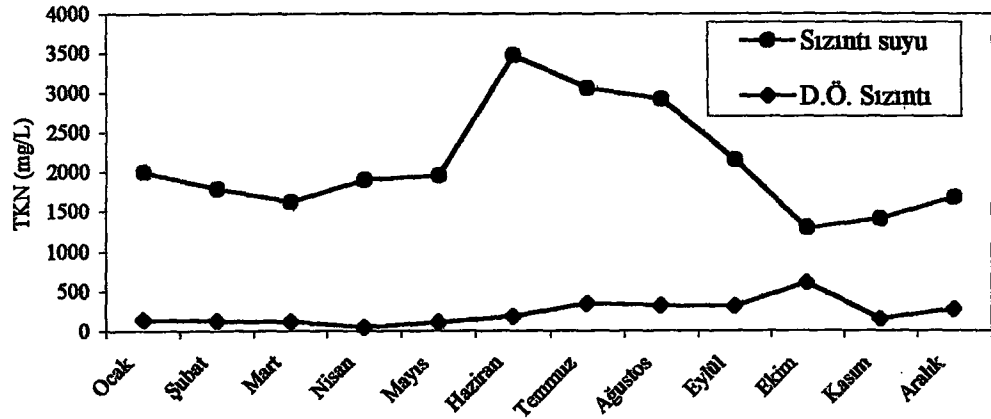
	pH	BOI <sub>5</sub>	KOI	TKN	AKM	TKM	TUKM	Alkalinite	Cl	EC (µS/cm)
Ocak	8.45	600	1599	136	466	4654	1212	1000	1349	3660
Şubat	8.52	700	1650	120	410	5540	1310	1210	1480	4100
Mart	8.40	620	1480	116	410	4240	1210	1180	1280	3780
Nisan	8.39	1100	1760	44	325	1936	360	1350	577	3504
Mayıs	8.53	900	5500	104	101	3136	738	1440	411	3973
Haziran	7.57	1750	3585	179	170	5970	1570	3000	1152	6422
Temmuz	7.89	1975	5846	345	190	11256	5166	4075	1283	10026
Ağustos	8.07	655	2692	320	282	7136	2450	1575	1684	8691
Eylül	8.44	1485	2440	312	264	7450	1982	1876	1948	10560
Ekim	8.55	1900	3822	605	285	8440	2447	2430	2249	11792
Kasım	8.73	2300	4581	150	236	8948	2728	2805	1999	11050
Aralık	8.65	1800	3284	272	370	6450	1680	2170	1698	5750
Alıcı ortama deşarj standardı	6-9	100	160	--	200	--	--	--	--	--
Atıksu alt yapı tesislerine deşarj standardı	6,5-10	--	4000	--	500	--	--	--	10000	--



Şekil 7.6. Sivas çöp deponi alanı sızıntı suyu ve Kızılırmak'a deşarj öncesi sızıntı suyundaki BOI<sub>5</sub> değerlerinin aylık değişimi.



Şekil 7.7. Sivas çöp deponi alanı sızıntı suyu ve Kızılırmak'a deşarj öncesi sızıntı suyundaki KOI değerlerinin aylık değişimi.

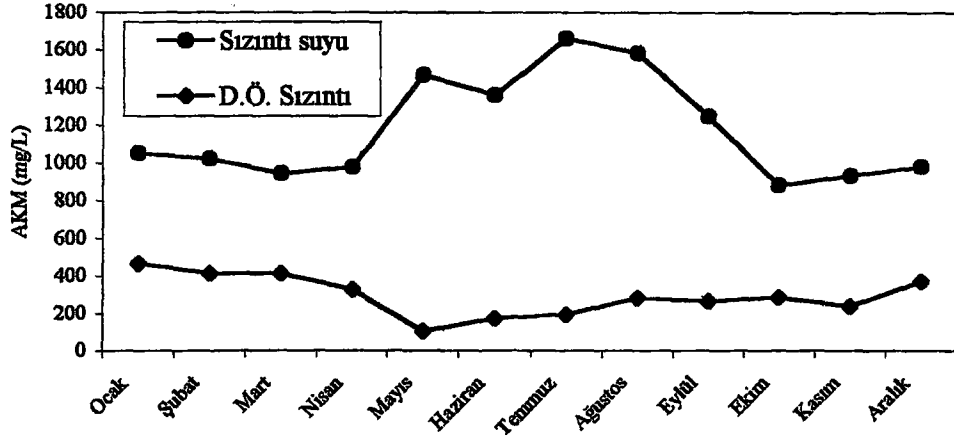


Şekil 7.8. Sivas çöp deponi alanı sızıntı suyu ve Kızılırmak'a deşarj öncesi sızıntı suyundaki TKN değerlerinin aylık değişimi.

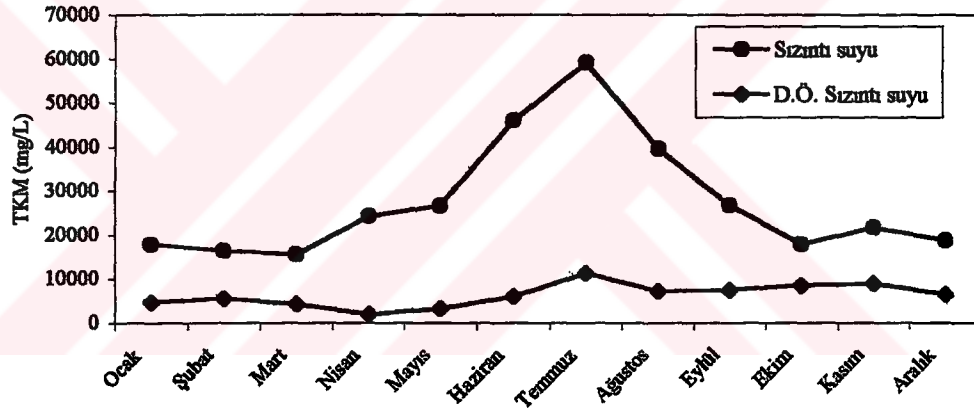
Çizelge 7.18. Sızıntı suyu ve deşarj öncesi sızıntı suyu özelliklerinin aylık değişimi (mg/L).

	pH		BOI <sub>5</sub>		KOI		TKN		AKM		TKM		TUKM		Alkalinite		CI		EC (µS/cm)	
	S.S.	D.Ö	S.S.	D.Ö	S.S.	D.Ö	S.S.	D.Ö	S.S.	D.Ö	S.S.	D.Ö	S.S.	D.Ö	S.S.	D.Ö	S.S.	D.Ö	S.S.	D.Ö
Ocak	8.67	8.45	10000	600	17527	1599	1989	136	1050	466	17737	4654	5275	1212	11000	1000	5498	1349	23870	3660
Şubat	8.63	8.52	8500	700	15300	1650	1780	120	1020	410	16400	5540	4900	1310	10700	1210	5000	1480	22800	4100
Mart	8.55	8.40	7200	620	13800	1480	1620	116	940	410	15420	4240	4200	1210	9400	1180	5284	1280	21800	3780
Nisan	8.59	8.39	12800	1100	16830	1760	1893	44	975	325	24212	1936	6879	360	18200	1350	7872	577	41557	3504
Mayıs	8.91	8.53	5000	900	26500	5500	1950	104	1463	101	26597	3136	7822	738	19300	1440	5601	411	33962	3973
Haziran	8.97	7.57	17500	1750	27724	3585	3472	179	1360	170	46010	5970	24140	1570	22750	3000	3722	1152	44950	6422
Temmuz	7.98	7.89	18000	1975	50726	5846	3054	345	1660	190	59100	11256	32172	5166	25500	4075	3633	1283	46220	10026
Ağustos	8.45	8.07	7750	655	28899	2692	2913	320	1580	282	39473	7136	17982	2450	23450	1575	7710	1684	39906	8691
Eylül	8.62	8.44	8350	1485	14320	2440	2148	312	1246	264	26742	7450	12662	1982	12424	1876	5840	1948	27475	10560
Ekim	8.69	8.55	7500	1900	11515	3822	1288	605	880	285	17808	8440	5518	2447	5465	2430	4499	2249	22605	11792
Kasım	8.70	8.73	7900	2300	12645	4581	1401	150	930	236	21640	8948	6067	2728	8550	2805	5598	1999	27050	11050
Aralık	8.70	8.65	7400	1800	14650	3284	1672	272	980	370	18620	6450	5830	1680	9650	2170	5549	1698	24240	5750

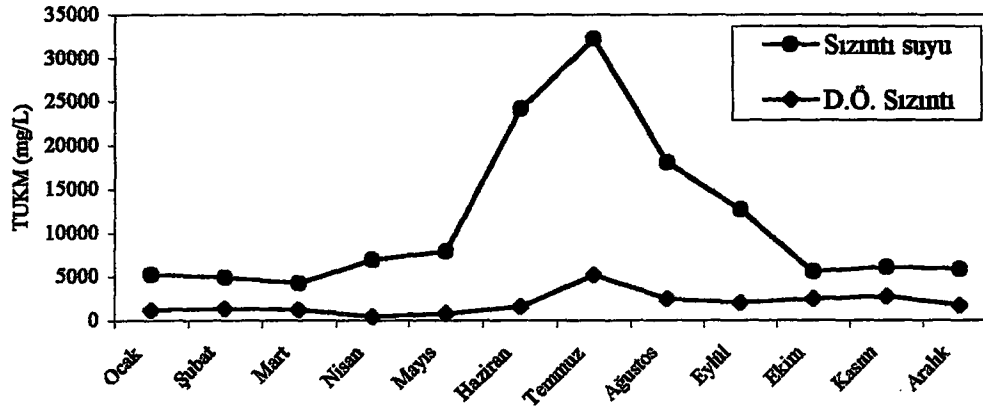
\* S.S.: Sızıntı suyu, D.Ö.:Deşarj öncesi sızıntı suyu



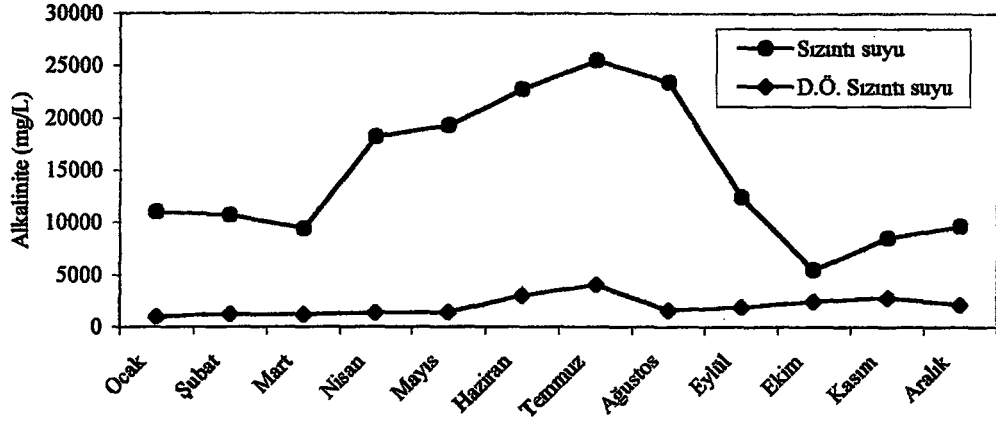
Şekil 7.9. Sivas çöp deponi alanı sızıntı suyu ve Kızılırmak'a deşarj öncesi sızıntı suyundaki AKM değerlerinin aylık değişimi.



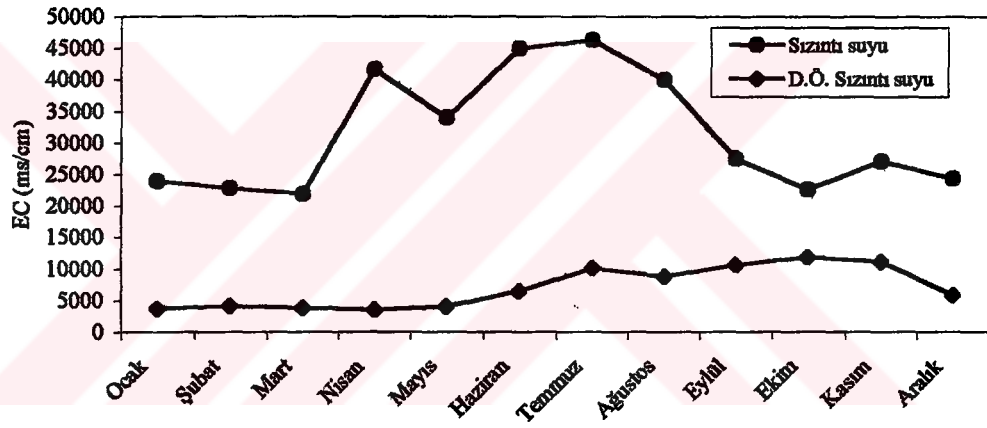
Şekil 7.10. Sivas çöp deponi alanı sızıntı suyu ve Kızılırmak'a deşarj öncesi sızıntı suyundaki TKM değerlerinin aylık değişimi.



Şekil 7.11. Sivas çöp deponi alanı sızıntı suyu ve Kızılırmak'a deşarj öncesi sızıntı suyundaki TUKM değerlerinin aylık değişimi.



Şekil 7.12. Sivas çöp deponi alanı sızıntı suyu ve Kızılırmak'a deşarj öncesi sızıntı suyundaki alkalinite değerlerinin aylık değişimi.



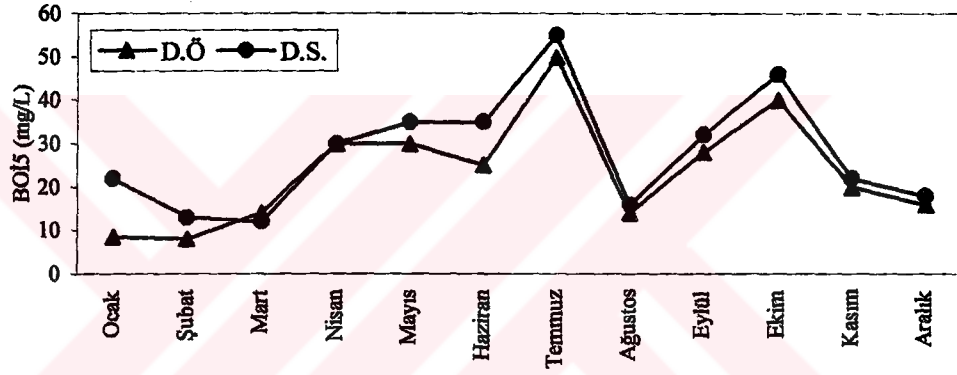
Şekil 7.13. Sivas çöp deponi alanı sızıntı suyu ve Kızılırmak'a deşarj öncesi sızıntı suyundaki alkalinite değerlerinin aylık değişimi.

Çöp deponi alanından sızan sızıntı suyunun Kızılırmak'a olan etkisinin araştırılması kapsamında Kızılırmak'tan deşarj noktası öncesi ve deşarj noktası sonrası örnekler alınmış bu örneklerin analiz sonuçları Çizelge 7.19'da sunulmuştur. Kızılırmak'tan deşarj noktası öncesi ve deşarj noktası sonrası alınan su örnekleri karşılaştırıldığında; sızıntı suyunun Kızılırmak'a olan etkisinin daha çok BOI<sub>5</sub>, KOI, TKN, TUKM parametrelerinde olduğu gözlenmiştir. Bu parametrelerdeki aylık değişimler ise Şekil 7.14-7.17'de sunulmuştur. Şekil 7.14-7.17'de de görüldüğü gibi sızıntı suyunun Kızılırmak'a olan etkisi az da olsa daha çok Kızılırmak'ın debisinin düşük, çöp bileşimindeki yiyecek atıklarının ise yüksek olduğu yaz dönemlerinde etkili olmaktadır.

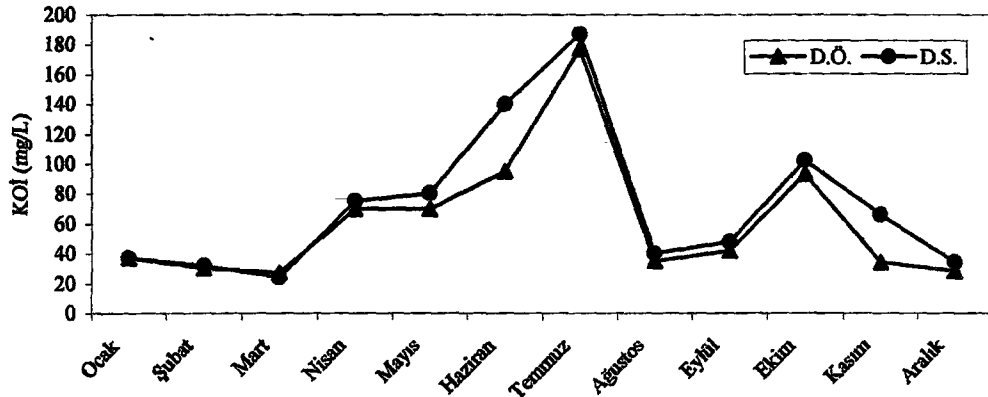
Çizelge 7.19. Kızılırmak'ın deşarj noktası öncesi ve deşarj noktası sonrası özelliklerinin aylık değişimi (mg/L).

	pH		BOI <sub>5</sub>		KOI		TKN		AKM		TKM		TUKM		Alkalinite		CI		EC	
	D.Ö	D.S	D.Ö	D.S	D.Ö	D.S	D.Ö	D.S	D.Ö	D.S	D.Ö	D.S	D.Ö	D.S	D.Ö	D.S	D.Ö	D.S	D.Ö	D.S
Ocak	7.31	7.44	8.5	22	37	37	0.56	0.34	20	25	2827	2884	366	379	170	160	1799	1799	2940	2920
Şubat	7.28	7.31	8	13	30	32	0.42	0.40	54	58	3170	3420	320	340	165	168	1540	1530	2800	2800
Mart	7.14	7.18	14	12	27	24	0.34	0.34	62	60	2620	2640	330	340	184	192	1620	1680	2980	3020
Nisan	6.81	8.11	30	30	70	75	1.12	1.681	25	20	1146	1271	119	144	270	296	287	282	1882	1810
Mayıs	7.06	8.23	30	35	70	80	0.336	0.224	84	85	1423	1438	182	187	230	250	205	202	1803	1727
Haziran	7.15	7.52	25	35	95	140	0.112	0.112	43	33	4050	4110	370	410	230	233	1347	1382	5400	5465
Temmuz	6.95	6.39	50	55	177	187	0.45	0.56	69	64	5945	5904	477	564	273	289	1878	1829	8148	8220
Ağustos	7.40	7.58	14	16	35	40	0.45	0.78	76	65	7035	7095	742	747	136	135	2446	2730	9187	9188
Eylül	7.48	7.52	28	32	42	48	0.52	0.64	78	84	6340	6470	596	624	138	148	1978	1996	8240	8240
Ekim	7.92	7.25	40	46	93	102	0.45	0.56	87	90	5350	4910	562	580	160	125	1699	1749	6754	6886
Kasım	7.69	7.76	20	22	34	66	--	--	59	74	4506	3765	308	275	172	156	1549	1449	4520	4950
Aralık	7.54	7.62	16	18	28	34	0.35	0.42	64	72	3240	3680	314	332	168	152	1438	1529	3250	3370

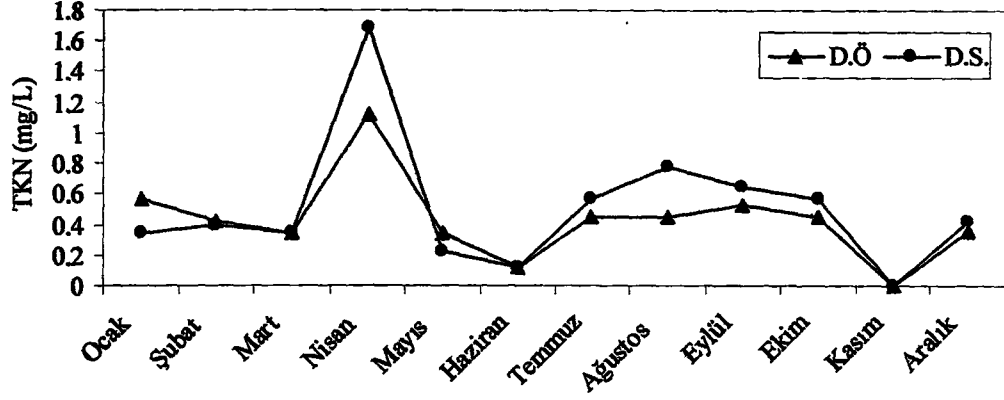
Kızılırmak'a boşalan sızıntı suyunun  $BOI_5$ 'i 600-6600 mg/L arasında değişmekte bu değer ortalama 1750 mg/L dolayındadır. Sızıntı suyunun gerçek  $BOI_5$  değeri 5000-18000 mg/L arasında değişmekte, ortalama ise 9800 mg/L dolayındadır. Yani çöp deponi alanından sızan sızıntı suyu 10-15 yıl sonra seyrelmeye fırsat bulamadan olasılıkla 9800 mg/L'lik  $BOI_5$  ile Kızılırmak'a boşalacaktır. Bu durum diğer kirletici parametreler için de geçerlidir. Bilindiği gibi deponi alanı dört yıldır kullanılmaktadır şu an için Kızılırmak risk altında olmasa bile 10-15 yıl sonra Kızılırmak'ın kirleneceği aşikardır.



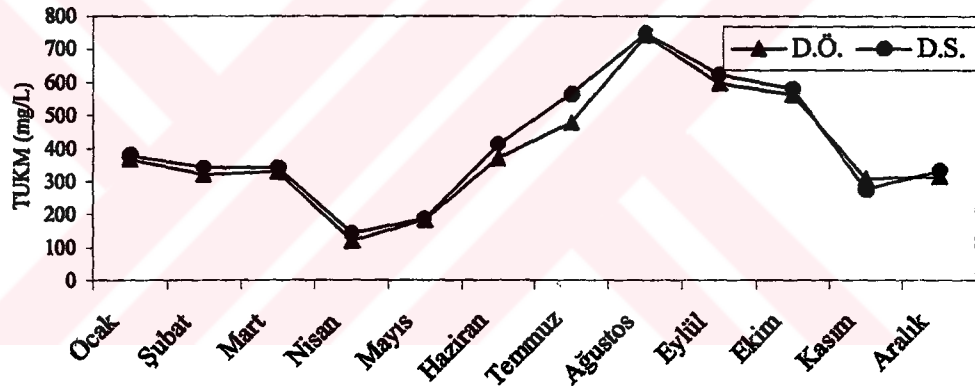
Şekil 7.14. Kızılırmak'ta deşarj noktası öncesi ve deşarj noktası sonrası  $BOI_5$  değerlerinin aylık değişimi.



Şekil 7.15. Kızılırmak'ta deşarj noktası öncesi ve deşarj noktası sonrası KOI değerlerinin aylık değişimi.



Şekil 7.16. Kızılırmak'ta deşarj noktası öncesi ve deşarj noktası sonrası TKN değerlerinin aylık değişimi.



Şekil 7.17. Kızılırmak'ta deşarj noktası öncesi ve deşarj noktası sonrası TUKM değerlerinin aylık değişimi.



## 8. SİVAS İL MERKEZİ DEPONİ ALANININ YENİDEN PLANLANMASI

### 8.1. Mevcut Durum

Ülkemizde düzensiz (vahşi) bir şekilde işletilen deponi alanlarından biri olan Sivas il merkezi çöp deponi alanı, Sivas'ın doğusunda, Sivas-Erzincan karayolunun yaklaşık 15. km'sinde, Seyfe beli dolayında Kızılırmak'a doğru açılan bir vadide yer almaktadır.

Sivas'ta atıklar 4 m<sup>3</sup> ve 8 m<sup>3</sup>'lük hacime sahip olan standart sıkıştırılmalı ve kapalı araçlar ile, hastane atıkları ise konteynırlar ile taşınmaktadır. Yaz dönemlerinde küçük (4 m<sup>3</sup> hacme sahip) araçlar ile hastane atıklarını taşıyan konteynırlar atıkları çöp aktarma istasyonlarına getirerek tırlara boşaltmakta, büyük araçlar ise çöp deponi alanına boşaltmaktadır. Kış döneminde aktarma istasyonu kullanılmayıp bütün araçlar atıkları çöp deponi alanına boşaltmaktadır.

Kentsel atıklar, hastane atıkları, ölü hayvanlar ve sahihsiz köpekler belediyenin çöp atma amacıyla ayırdığı sahaya getirilmekte ve buraya hiçbir hijyenik önlem alınmadan terk edilmektedir. Özellikle sağlık kuruluşlarından kaynaklanan patolojik, enfekte, delici, kesici malzemeleri içeren, hastalık nedeniyle bulaşmış veya bulaşması olası tıbbi atıklar da bu alana boşaltılmaktadır. Hatta bu atıklar, yaz döneminde deponi alanına gelmeden çöp aktarma istasyonunda kentsel atıklarla birleşmektedir. Tehlikeli atıklar aracılığıyla insanlara AIDS hastalığına neden olan HIV virüsü, sarılık hastalığına neden olan Hepatit-B virüsü ve diğer mikropların bulaşma riski fazladır. Ayrıca kedi, köpek gibi taşıyıcılar vasıtasıyla da bu atıkların ve hastalıkların çevreye yayılma riski vardır. Bu olumsuz ve hijyenik olmayan koşullarda, çöp ayıklayıcılar hiç bir önlem almadan buradaki geri kazanılabilir nitelikteki kağıt, plastik, cam ve metal gibi maddeleri toplamakta, bu işi yaparken de çöpleri etrafa yaymaktadırlar.

Günlük çöp üzerine örtü malzemesi serilmediği için çöpler rüzgarlarla çevreye yayılmakta, estetik açıdan oluşturduğu sorunların yanında koku, kuş, sinek gibi sorunlara neden olmaktadır. Deponi alanında oluşan sızıntı suyu, herhangi bir önlem alınmadığından, doğrudan Kızılırmak'a boşaltılmaktadır. Ayrıca çöplerin anaerobik ayrışması sonucu oluşan metan gazı yaz aylarında 2-3 ay yer yer tutuşmakta ve çöpler yanarak hava kirliliğine neden olmaktadır.

Deponi alanı, ağırlıklı olarak sınırlı bir akifer konumunda olan Oligo-Miyosen yaşlı karasal kırıntılı kayalarla, Kuvaterner yaşlı altıvyon ve topraktan oluşan ince bir örtünün üzerinde yer almaktadır. Yeraltısu seviyesi (YASS) Oligo-Miyosen yaşlı birimin

alt düzeylerine kadar çıkabilir. Ancak deponi alanı, YASS'nin yeteri kadar üzerindedir. Süreksizliklerin konumu ve deponi alanının tabanını oluşturan kayatürlerinin özellikleri gözetildiğinde, sızıntı sularının yeraltı sularından çok, Kızılırmak boyunca akan yüzey sularını kirletme potansiyeline sahip olduğu söylenebilir.

Deponi alanının temelini oluşturan Oligo-Miyosen yaşlı karasal kırıntılı kayalar, heterojen yapıları nedeniyle birleştirilmiş zemin sınıflamasına göre SW (iyi derecelenmiş kum) ve ML (düşük plastisiteli inorganik silt) sınıflarına, Kuvaterner yaşlı alüvyon ve toprak örtü ise CL (düşük plastisiteli inorganik kil) sınıfına karşılık gelmektedir. Kuvaterner yaşlı örtü, ayrıca elek analizi sonuçlarına göre kum ve silt içeren killi bir zeminle temsil edilmekte ve bu zeminin ortalama likit limiti % 35,12, plastik limiti % 19,73 ve plastisite indisi % 15,39 olarak saptanmıştır.

Öte yandan zemini oluşturan Kuvaterner yaşlı örtünün geçirimsizlik katsayısının  $1,2 \times 10^{-6}$  –  $3,11 \times 10^{-6}$  m/sn arasında değiştiği belirlenmiştir. Bu değerler, deponi alanları standartlarında önerilen  $1 \times 10^{-8}$  m/sn değerinden oldukça yüksektir.

Çöp deponi alanında oluşan sızıntı suyu için hiçbir önlem alınmamış olup, oluşan sızıntı suyu deponi alanının 500 m güney batısında bulunan Kızılırmak'a deşarj olmaktadır.

Çöp deponi alanında oluşan sızıntı suyunda; önemli kirletici parametrelerden BOİ<sub>5</sub>, 5000-18000 mg/L, KOİ 11500-50000 mg/L arasında değişmekte, AKM, TUKM, TKM gibi diğer kirletici parametreler ise BOİ<sub>5</sub> ve KOİ değişimiyle orantılı olarak değişmektedir. Sızıntı suyu özellikleri, kanalizasyon sistemleri tam arıtma ile sonuçlanan atıksu altyapı tesislerine deşarj standartlarının ve alıcı ortama deşarj standartlarının çok üzerindedir.

Deşarj öncesi sızıntı suyunda ise BOİ<sub>5</sub>, 600-2300 mg/L, KOİ 1480- 5846 mg/L, AKM 101-466 mg/L TKM 1936-11256 mg/L, TUKM 360-5166 mg/L , klorür ise 411-2249 mg/L arasında değişmektedir. Deşarj öncesi sızıntı suyu özellikleri deşarj standartları ile karşılaştırıldığında, atıksu altyapı tesislerine deşarj standartlarının sağlandığı, alıcı ortama deşarj standartlarının sağlanmadığı görülmektedir.

Bölüm 6'da yapılan hesaplamalara göre; katı atık deponi alanının hacmi ortalama  $8679918 \text{ m}^3$ , ömrü ise Lineer regresyon yöntemi nüfus verileri dikkate alındığında 27 yıl, İller bankası yöntemi nüfus verileri dikkate alındığında 22 yıldır.

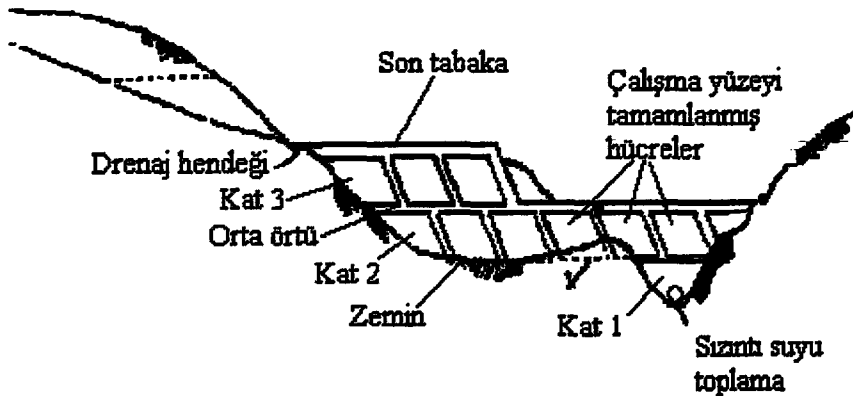
## 8.2. Deponi Alanının Yeniden Planlanması

Deponi sahasının yukarıda sunulan mevcut durumu, Bölüm 6'da sunulan çöp bileşimi, nihai ve en ekonomik yöntem olması gibi özellikler gözetildiğinde en uygun bertaraf yöntemi olarak "Düzenli depolama" yönteminin önerilebileceği öngörülmektedir.

Yukarıda da ifade edildiği üzere mevcut deponi sahası düzensiz deponi sahası özelliklerini taşımakta olup, bu sahanın iyileştirilmesi gerekmektedir. Bu kapsamda deponi alanının dolan kısmı iyileştirildikten sonra gelecekteki 18 yıllık kullanma süresi için yeniden planlanması gerekmektedir.

Deponi sahasında çöp boşaltım işleminin deponi sahasının üst kotlarından başlanarak doldurulması ve alt bölgelere doğru ilerlemesi öngörülmektedir. Katı atıkların deponi sahasına düzenli bir şekilde depolanması için hücreler oluşturulmalıdır (Şekil 8.1). Oluşturulan hücrelerin tabaka kalınlıkları 5 m olmalı, hücrelerin üzeri ve yanları 25 cm kalınlığında örtü malzemesi ile örtülmelidir. Hücrelerin yanlarında göçme ve kaymaları önlemek için 39° eğim oluşturulmalıdır.

Örtü malzemesi temini için deponi sahasının yüzeyi sıyrılarak yığılanmalıdır. Bu sıyırma işlemi de toprağın kalitesinin bozulmaması için aşamalar halinde olmalıdır. Sıyrılan deponi sahasının zeminine yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) folye veya geçirimsiz kil döşenmelidir.



Şekil 8.1. Sivas kenti katı atıklarının depolanması sistemi

### 8.2.1. Giriş yolları ve iç trafik

Sivas çöp deponi alanı giriş yolu oldukça dik ve dar olup özellikle kışın sorun oluşturmaktadır. Bu nedenle giriş yolu, il trafik yolları ilkelerine uyularak, maksimum yol eğimi % 8 ve yol genişliği iki kamyonun rahatlıkla geçebileceği kadar, yani eni az 6.5 m olacak şekilde yeniden planlanmalıdır.

Dolgu alanındaki iç yollar her türlü iklim koşullarında yeterli duraylılığa (stabiliteye) sahip ve trafiğe açık olmalıdır. Paletli dozer veya kompaktörlerin kamyon trafiği ile kesişmeyecek biçimde garaja kadar yolları ayrı olmalıdır. Araçların gerek ana kapı girişinden önce, gerekse deponi alanı içinde manevra yapabilecekleri alanlar bulunmalıdır.

### 8.2.2. Deponi alanı giriş yapıları

Deponi alanı giriş yapıları Şekil 8.2'de verilmiş ve açıklamalar ise aşağıda sunulmuştur.

#### *İşletme binası*

Gelen araçların ve katı atıkların kontrol ve kayıt edildiği, gerektiğinde örnek alındığı, saha ile ilgili tüm işletme kararlarının verildiği, basit laboratuvar imkanlarının bulunduğu birimdir.

#### *Kantar*

Araçların taşıdıkları çöp miktarının belirlenmesi ve kaydedilmesi çok önemli bir aşamadır. Çünkü kayıt edilen bilgiler sahanın dolum oranını, projenin gerçekleşme yüzdesini ve hepsinden önemlisi de ileride katı atık çalışmaları için iyi bir birikim olacaktır. Bu amaçla hemen girişe konan kantarla sahada depolanacak olan çöp miktarı ölçülmeli ve işletme binası içerisindeki kantar görevlisi tarafından bilgisayara kaydedilmelidir.

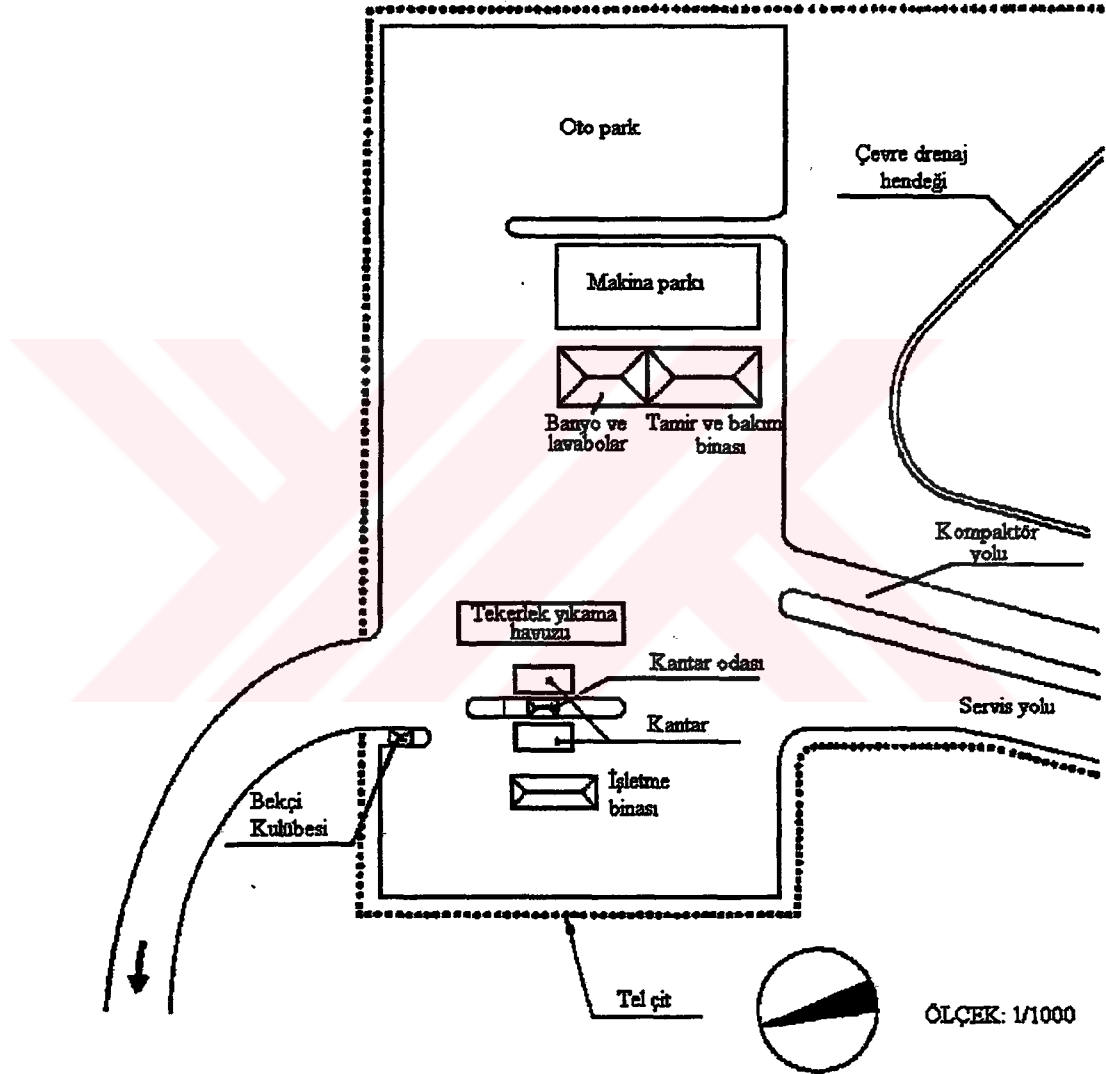
#### *Tamir ve bakım binası*

Çöp arabalarında ve iş makinelerinde oluşabilecek basit arızaları, saha çevresindeki çevre çitinde gerekecek tamiratları ve tesisteki basit marangozluk işlerini halledebilecek çok yönlü kabiliyete sahip ustalardan oluşan bir birimdir. Bu amaca yönelik olarak bu birimde gerekli alet ve malzeme bulundurulmalıdır.

#### *Lavabolar ve banyolar*

Deponi sahasında çalışan kişilerin iş bitiminde temizlenmesini sağlamak amacıyla kullanılan bir birimdir. Soyunma odaları, banyo ve tuvaletler, lavabolar olmak

üzere üç ana bölümden oluşmalıdır. Bu birimde mutlaka sıcak su, temizlik maddeleri bulundurulmalı ve ısıtma tesisatı ile donatılmış olmalıdır.



Şekil 8.2. Deponi alanı giriş yapıları

### **Makine parkı**

Herhangi bir nedenle arıza yapmış ya da çalışmasına bir süre ara verilmiş tüm araç ve iş makinelerinin park ettiği birimdir.

### **Oto park**

Tesiste çalışan tüm personelin ve misafir araçlarının park yeri olarak kullanıldığı birimdir.

### ***Tekerlek yıkama havuzu***

Çöp taşıma araçları doğrudan deponi alanının dolgu alanına girerek boşaltma yaptıkları için ve iç yolların toprak stabilize olmasından dolayı çöp taşıma araçlarının lastiklerine çamur ve atıklar yapışmaktadır. Bu kirlilikler araçların hareket ettiği yollara yayılmakta ve trafiği olumsuz yönde etkilemektedir. Bu soruna karşı bir tekerlek yıkama tesisi inşa edilmelidir. Bu tesis, 40-50 m uzunluğunda, 10 m genişliğinde ve 10-15 cm derinliğinde havuz şeklinde inşa edilmeli ve araçlar su içerisinde geçirilerek tekerlekleri temizlenmelidir.

### ***Toprak stok alanı***

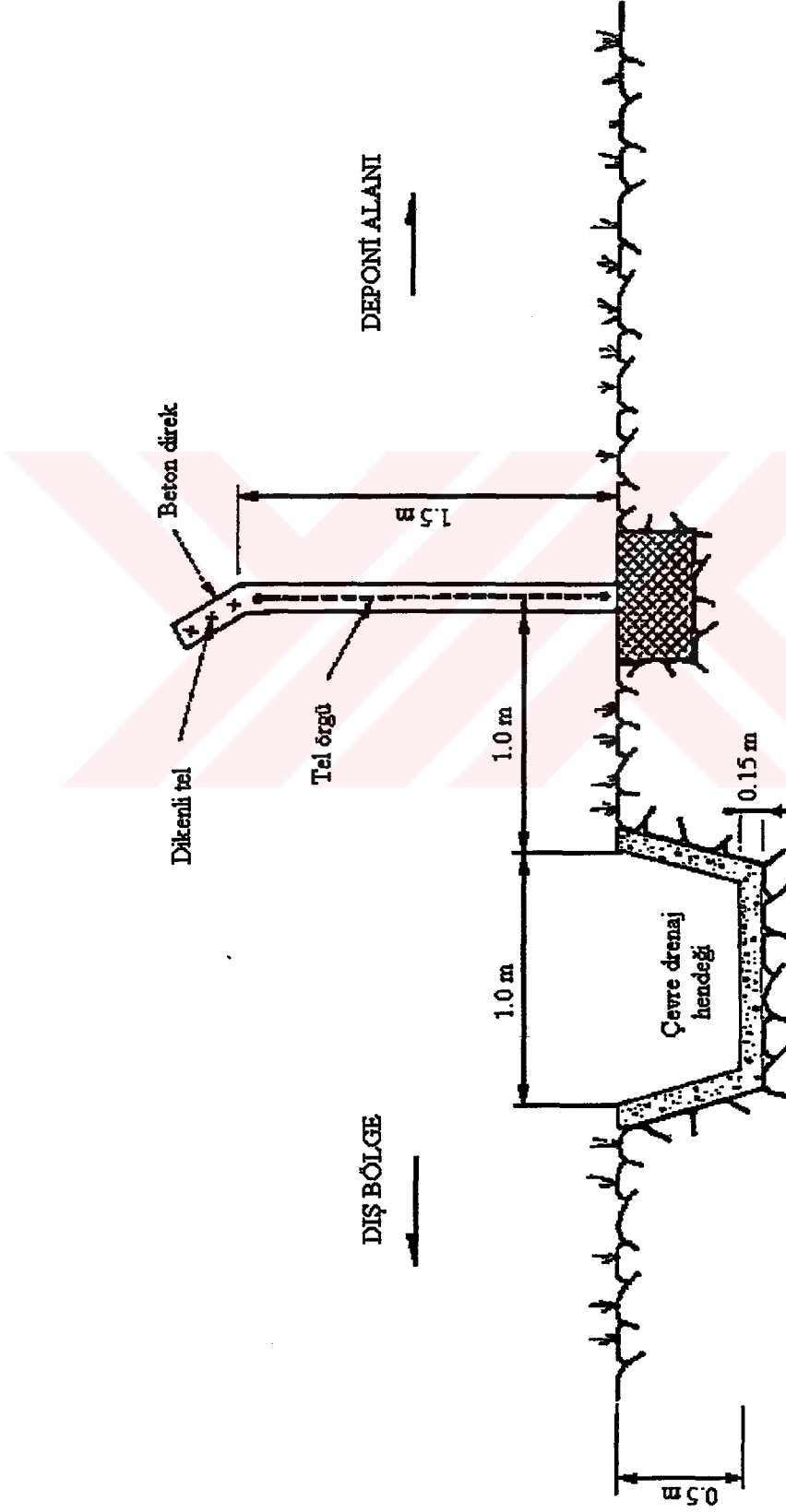
Depolanan ve tabakalanan çöplerin üzerini örtmek için örtü toprak bu alanda stoklanmalıdır. Bu alanın üzeri açık olabilir fakat tabanı mutlaka geçirimsiz hale getirilmiş olmalıdır. Burada yeterli miktarda örtü malzemesi depolanmalı, eksildikçe tekrar takviye edilmelidir.

### ***Ağaçlandırma***

Sahanın her iki yanında koruma alanı içinde kalan bölge ağaçlandırılmalıdır. Ağaçlandırılan bölgeler çalışanlarca dinlenme amacıyla kullanılabilir, ağaçlar sahada oluşacak tozları absorblayacak, uçan hafif malzemelerin bölge dışına çıkmasını önleyecek, yüzeysel akışla oluşacak erozyonu önleyecek bu da drenaj kanallarının toprakla dolup işlevini yitirmesini geciktirecektir.

### **8.2.3. Deponi alanı çevre çiti**

Deponi alanına görevlilerden başkasının, yabani ve evcil hayvanların girmesini engellemek amacıyla çevre çiti oluşturulmalıdır. Çevre çiti oluşturulmadığı takdirde, sahaya giren insan ve hayvanlar, hijyenik açıdan tehlikelere maruz kalacaklardır. Bazı mikroplar çevreye taşınarak, hastalık salgınlarına neden olacaktır. Çevre çiti tüm bunları kontrol ederken aynı zamanda rüzgarla hafif çöplerin saha dışına çıkmasını da engelleyecektir. Bu amaçla 1.5 m yüksekliğinde ve aralıkları 3-4 cm olan tel örgü ile deponi sahası çevrilmeli ve bu tel örgünün üzerine üç sıra dikenli tel çekilmelidir (Şekil 8.3). Sahanın etrafını çevirmek için 5075 m (7612m<sup>2</sup>) tel örgüye, 15225 m dikenli tele ve 1015 adet beton direk'e ihtiyaç vardır. Bu tel örgü ve dikenli teller her 5m'de bir beton direklere monte edilecek şekilde projelendirilmiş ve Şekil 5.8 üzerinde gösterilmiştir.



Ölçek: 1/25

Şekil 8.3. Deponi alanı çevre drenaj hendeki ve çevre çiti kesiti.

#### 8.2.4. Sızıntı suyunun kontrolü

Katı atık deponi alanlarında oluşan sızıntı suları, deponi sahasının tabanında oluşturulan geçirimsiz tabaka üzerine döşenen drenaj sistemi ile deponi tabanından uzaklaştırılır.

Sivas çöp deponi alanı zeminin tamamına geçirimsiz kil döşemek vadi topoğrafyası nedeniyle oldukça zordur. Bu nedenle deponi alanında geçirimsizliği sağlamak için 2.5 mm kalınlığında HDPE (Yüksek yoğunluklu polietilen) folye döşenmesi uygun görülmektedir. Böylece yamaçlardan sızıntı suyunun sızması engellenebilir. Vadi tabanına da zemin sızdırmazlığı için killi malzeme kullanılabilir. Bu zemin sızdırmazlık bariyerinde sıkıştırılmış durumdaki permeabilite katsayısı  $1 \times 10^{-8}$  m/sn'den küçük ve sistemde kullanılacak kil kalınlığı sıkıştırılmış olarak en az 60 cm olmalıdır (Katı Atık Kontrolü Yönetmeliği, 1995). Bu kil tabakasının üzerine 30 cm kalınlığında drenaj tabakası yerleştirilmelidir. Vadi tabanında da HDPE folye kullanılması durumunda ise Şekil 8.4'de görüldüğü üzere folye üzerine koruyucu bir tabaka (kum gibi) serildikten sonra sızıntı suyu drenaj tabakası oluşturulmalıdır.

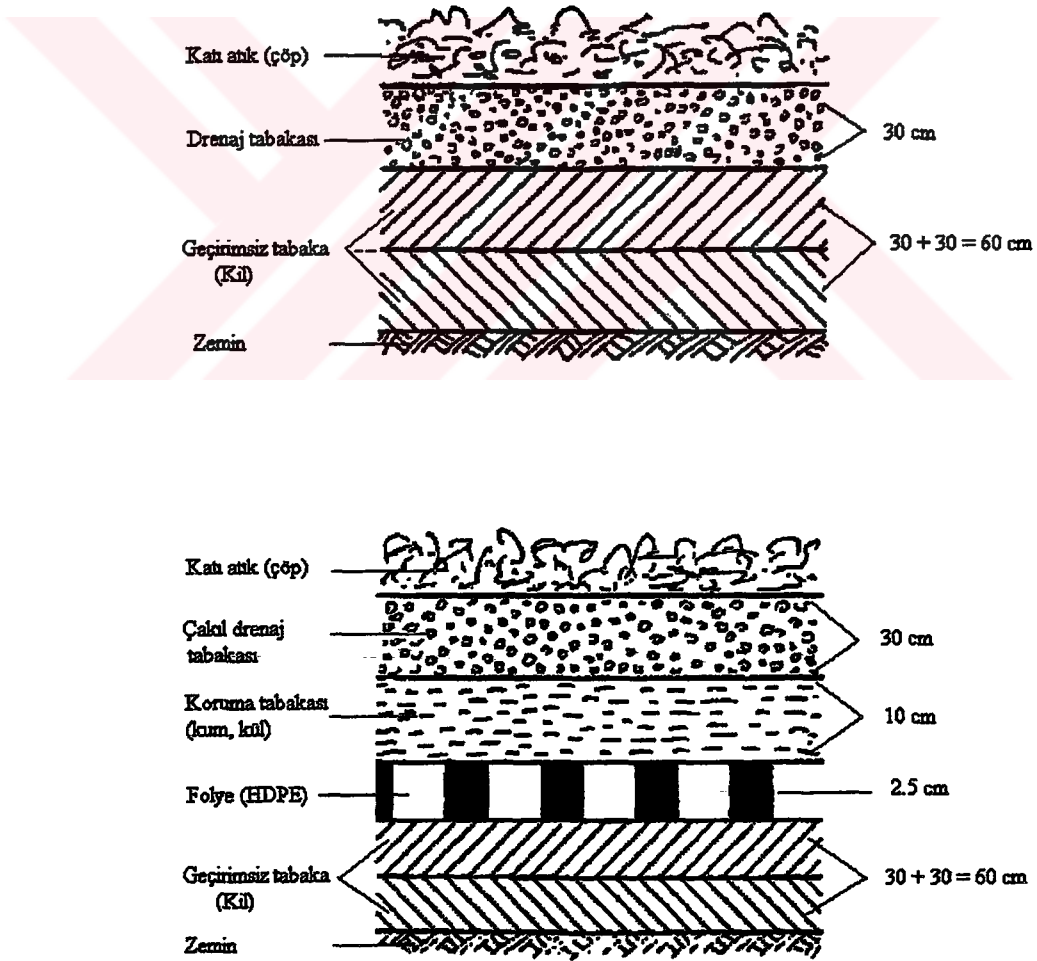
Sızıntı suyu drenaj boruları deponi alanının topoğrafyasına uygun olarak döşenmelidir. Çöp içerisinde bulunan organik maddelerin biyolojik olarak ayrışması, yağmur suları ve sıvı atıklardan oluşan sızıntı suyu, geçirimsiz zemin üzerinde en düşük kota doğru akış gösterecektir. Bu akışın oluşturduğu ağ üzerine sızıntı suyu toplama boruları döşenmelidir.

Sızıntı suyu drenajında kullanılan boruların çapı en az 100 mm ve eğimi en az %1 olmalıdır (Katı Atık Kontrolü Yönetmeliği, 1995). Drenaj boruları mümkün mertebe yatayda ve düşeyde kıvrım yapmadan deponi alanı dışına çıkarılarak sızıntı suları bir noktada toplanmalıdır. Drenaj boruları 20 m aralıklarla döşenmelidir. Ayrıca drenaj boruları altta 10, üstte 30 cm'lik bir kum çakıl drenaj örtüsüyle kaplanmalıdır. Drenaj sisteminde kullanılan çakıl veya macırm çapı 16/32 veya 8/16 ve kireç oranı % 30'dan az olmamalıdır (TC Çevre Bakanlığı, 1995).

Sızıntı suyu drenajında tali borular 100 mm çaplı, toplayıcı borular 200 mm çaplı, ana toplayıcı borular 300 mm çaplı borular şeklinde düzenlenmelidir. Tali borular delikli, toplayıcı ve ana borular deliksiz borulardan oluşmalıdır. Deponi alanı sızdırmazlık tabakası ve drenaj borularının zarar görmemesi için, sıkıştırma araçları ilk katı atık tabaka yüksekliği en az 2 m olana kadar sahaya girmemelidir. Böylece sızdırmazlık tabakasının çatlaması ve drenaj borularının kırılma, bükülme ve göçmesi önlenmiş olur.



Sızıntı suyunun toplandıktan sonra biriktirilmesi için taban geçirimsizliği sağlanmış lagün veya sızıntı suyu toplama havuzu yapılmalıdır. Çöp deponi alanında oluşan sızıntı suyu debisi mevsimlere göre değişmekte olup Ağustos ayında 14.23 m<sup>3</sup>/gün, Eylül ayında 17.28 m<sup>3</sup>/gün, Ocak ayında ise 17.30 m<sup>3</sup>/gün'dür. Deşarj öncesi (Kızılırmak'a boşalmadan önceki debi) yağışlar ve yan kollardan gelen sular nedeniyle artmakta olup Ağustos ayında 28.80 m<sup>3</sup>/gün, Eylül ayında 56.16 m<sup>3</sup>/gün, Ocak ayında ise 86.40 m<sup>3</sup>/gün'lük debiye sahiptir. Bu kapsamda iki adet biriktirme havuzu veya lagün inşa edilmeli, bu lagünlerden ikisi de gerekirse yağışlı dönemlerde kullanılmalıdır. Lagünlerin tabanına sırasıyla 30 cm drenaj malzemesi, 60 cm kil tabakası ve 2 mm kalınlığında HDPE folye döşenmelidir.



Şekil 8.4. Deponi alanı zemin geçirimsizlik sistemleri (TC Çevre Bakanlığı, 1995).

Deponi alanında oluşan sızıntı suyu kirletici parametreleri deşarj standartlarının çok üzerindedir. Bu nedenle, sızıntı sularının Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği kanalizasyona deşarj Standartları'nı sağlayacak derecede arıtımı gözetildiğinde; Dengeleme, Kimyasal çöktürme, Amonyak giderme (pH=10-11), Biyolojik arıtma (yüksek hızlı anaerobik veya aerobik sistemler) işlemlerinde bir ön arıtma uygulanması gerekmektedir (Ding ve diğerleri, 2001; Ress ve diğerleri,1998; Öztürk,1999). Genç deponi sızıntı sularında bu tür bir ön arıtma sonunda Kanalizasyona Deşarj Standartlarına ulaşılacaktır. Sızıntı suyunun Kızılırmak'a deşarj edilebilecek düzeyde arıtımı için ise kimyasal ve biyolojik arıtmaya ek olarak Stabilizasyon havuzları + klorlama, Ultra filtrasyon + Ters ozmoz, Stabilizasyon havuzları + Sulak alanda arıtma dizilerinden birinin kullanılması gerekmektedir (Öztürk, 1999). Sivas için sızıntı suyunun ön arıtım sonrası kanalizasyona taşınmasının daha ekonomik olacağı düşünülmektedir. Sivas çöp deponi alanı, düzenli deponi olarak kullanılması durumunda, kurak dönemlerde düzenli deponi üzerine sızıntı suyunun geri devri sızıntı suyu miktarında azalma sağlayarak arıtma maliyetini düşürebilir.

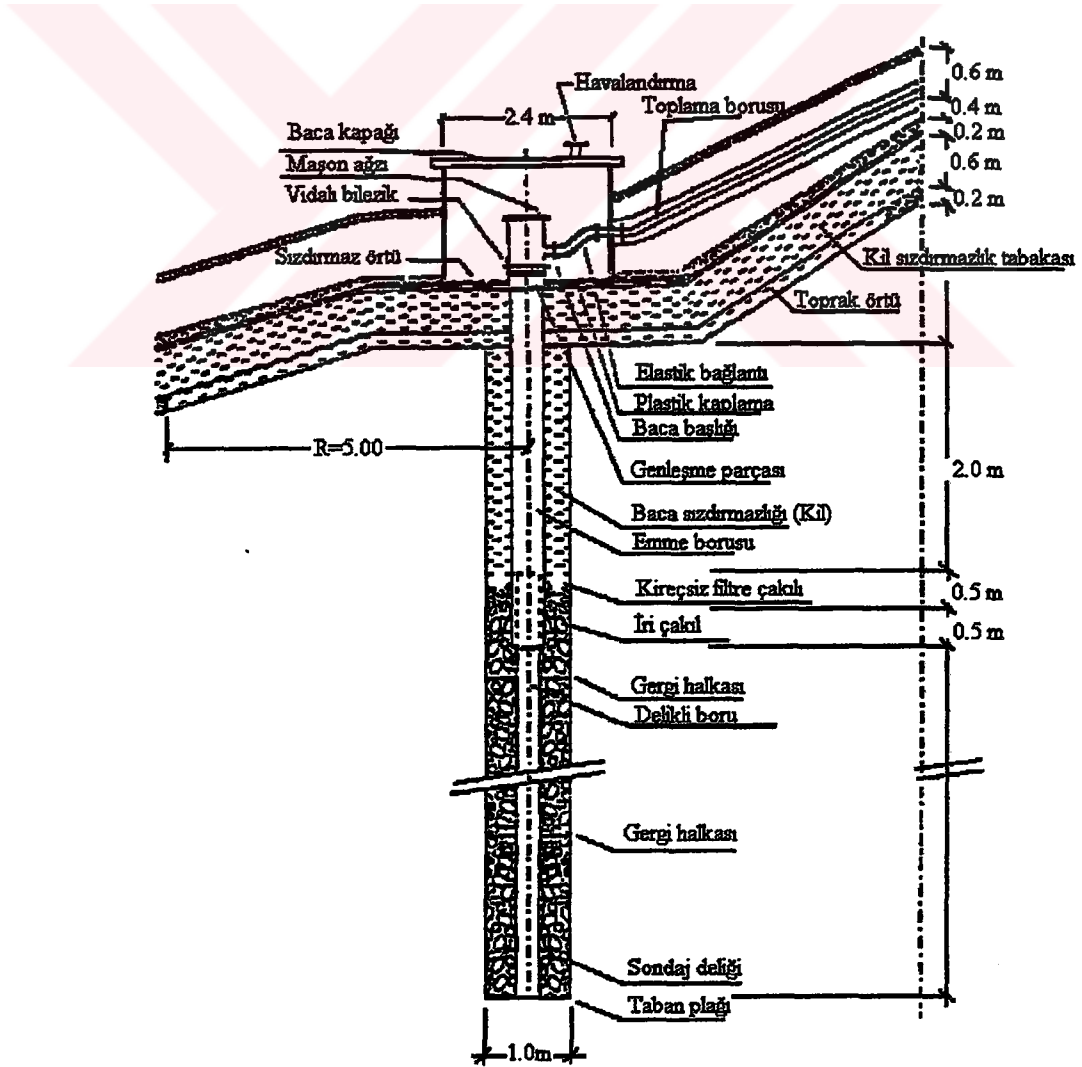
#### **8.2.5. Yüzey suyu boşalım kontrolü**

Katı atık deponi sahalarında toplanan yüzeysel sular, sızıntı sularına dönüşerek önemli bir sorun oluşturmaktadır. Her zaman sızıntı sularını azaltmak önemli bir amaçtır. Bunun için yüzeysel suların deponi sahasına akışı engellenmelidir. Bu amaçla mevcut sahanın etrafına bir drenaj kanalı yapılmalıdır. Bu kanal deponi sahası etrafındaki akışa geçen tüm yüzeysel suları toplayarak Kızılırmak'a boşaltacaktır. Böylece deponi alanı yüzeysel sulardan etkilenmemiş olacaktır. Bu drenaj kanalının uzunluğu 4290 m olup, V kesitli olarak projelendirilmiş ve Şekil 5.8 üzerinde gösterilmiştir.

#### **8.2.6. Deponi alanında oluşacak biyogazın kontrolü**

Sivas kenti katı atıklarının fazla miktarda inorganik madde (kül, cüruf, toprak) içermesinden ve bunun yılın büyük bölümünde de devam etmesinden dolayı ekonomik olarak değerlendirilmeyeceği öngörülmektedir. Fakat oluşan gazların; gerek patlama riski, gerekse yanma riski nedeniyle kontrol altına alınması gerekmektedir. Gaz drenaj boruları yerleştirilerek gaz tahliye bacalarından atmosfere atılmalıdır. Böylece gazların deponi altında birikerek, belirli bir basınç ve yoğunluğa ulaşip patlama ve yangın tehlikesi göstermesi önlenmiş olacaktır.

Deponi alanı gazı drenajı için 50 m aralıklarla 100 mm çapında drenaj boruları yatay olarak yerleştirilmelidir. Bir ucu kapalı olmalı ve diğer ucundan gaz emişi yapılmalıdır. Bu gaz drenaj borularının etrafına çakıl malzeme gerekmemektedir. Gaz drenajı nihai olarak düşey drenajlarla yapılmalıdır. Dolgu işlemi tamamlandıktan sonra ise, sızdırmazlık örtüsüyle birlikte sondaj yoluyla 1 m çapında düşey gaz bacaları hazırlanır ve yatay drenajlara terk edilir. Eğer deponi alanında oluşan gazlar kullanılacak ise bacanın ortasına yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) delikli veya yarıklı drenaj borusu yerleştirilir. Bu borunun etrafı çakıl veya mıcır ile doldurulur. Gaz bacalarında kullanılan boruların yüzey alanının % 15'i delik veya yarıkla kaplı olmalıdır (Şekil 8.5). Deponi gazlarından yararlanılmayacak ise kuyu içi sadece mıcır veya çakılla doldurularak gaz doğrudan atmosfere verilir.



Şekil 8.5. Düşey gaz drenaj borusu detayı (TC Çevre Bakanlığı, 1995).

Gaz toplama bacaları çöp dökümünden önce inşa edilirse, zeminde hazırlanan temel üzerine 1 m çapında çelik hasır yerleştirilmelidir. Bunun ortasına delikli veya yarıklı gaz borusu indirilmeli ve etrafı çakılla doldurulmalıdır. Gaz herhangi bir biçimde kullanılmayacak ise bacalara gaz borusu konmamalı sadece çakılla doldurulmalıdır. Dolum yükseldikçe çelik hasır yükseltilmeli ve çöp dökümü sırasında bu gaz bacalarının kapanmamasına dikkat edilmelidir.

#### **8.2.7. Deponi sahasının kapatılması**

Depolama işleminin tamamlanmasından sonra, deponi sahasının üst yüzeyi geçirimsiz hale getirilerek yağmur sularının deponi sahası içerisine girmesi önlenmelidir.

Deponi sahasının kapatılmasında

-Sıkıştırılmış ve düzeltilmiş çöpün üzerine 50 cm kalınlığında dengeleme tabakası serilmelidir.

-Bunun üzerine 30'ar cm'lik iki tabaka halinde, 60 cm sıkıştırılmış geçirimsiz kil katmanı serilmelidir. Ayrıca mümkün olduğu takdirde, bu kil tabakası yerine 2.5 mm kalınlığında HDPE folye kullanılabilir veya her iki malzeme de birlikte kullanılabilir (bu tabakanın permeabilitesi  $1 \times 10^{-8}$  den küçük olmalıdır).

- Geçirimsiz tabakanın üzerine 30 cm kalınlığında drenaj tabakası döşenmelidir. Bu tabakanın oluşturulmasında genellikle kireç oranı düşük kum ve çakıl kullanılır. Bu tabaka sayesinde, yağış ve sulama suları çöplüğün gövdesine ulaşmadan toplanarak tahliye edilir.

-Drenaj tabakası üzerine bitkilerin kök ve derinliğine göre en az 1 m kalınlığında tarım toprağı serilmelidir. Deponi sahasına düşen yağış sularının kısa sürede sahayı terk etmesi için bu tabakanın eğimi % 3'den büyük olmalıdır.

Tarım toprağının üzeri ise, Sivas'ın iklim koşullarına uyum sağlayan bitki ve ağaçlar ekilerek yeşillendirilebilir.

## 9. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Katı atıklar günümüzde çevre kirliliğine neden olan en büyük sorunlardan birisidir. Birçok yerleşim biriminde olduğu gibi Sivas il merkezinde de bu sorun ciddi boyutlara ulaşmıştır.

Sunulan çalışmada Sivas il merkezi katı atık sorunu bir bütün olarak incelenmiştir. Bu amaçla mevcut katı atık deponi alanının yer olarak uygunluğu, çevresel etkileri ile atıkların ve sızıntı suyunun özellikleri incelenmiş ve en uygun bertaraf modeli araştırılmıştır.

Sivas il merkezi katı atık deponi alanının yer olarak uygunluğunun araştırılması kapsamında; deponi alanı dolayının temel jeolojik, hidrojeolojik ve bazı mühendislik özellikleri deponi alanı özelinde güncelleştirilmiştir

Deponi alanı olarak kullanılan alanın ne tür temelden oluştuğunu belirlemek üzere bu alanın stratigrafik ve yapısal özelliklerine bakıldığında; deponi alanı yöresinde yüzeylenmeyen Bozbel formasyonunun çeşitli boyutlarda kırıntılı kayalardan oluştuğu ve yer yer çeşitli kökenlerde bloklar içerdiği görülmektedir (Kurman,1973). Küçüktuzhisar jipsleri ise görünür kalınlığı sıkça değişen genel olarak masif yer yer orta-kalın katmanlı jipsler ve kırıntılı düzeylerle ardalanan bir yapı sunmaktadır. Bölgesel jeolojik veriler incelendiğinde deponi alanı yöresinde yer alan Oligosen yaşlı Selimiye formasyonu'nun, altta Bozbel formasyonu, üstte Küçüktuzhisar jipslerinin yer aldığı bir temelin üzerinde bulunduğu söylenebilir (Şekil 5.4).

Deponi alanı ağırlıklı olarak Selimiye formasyonunun e ve f düzeylerinin üzerinde bulunmaktadır (Şekil 5.8 ve 5.9). Deponi alanının temelini oluşturan Selimiye formasyonu'nun e düzeyi başlıca çakıtaşı, kumtaşı, kilitaşı, çamurtaşı ve şeyl ardalanmasından, en üstte bulunan f düzeyi ise katmanlı jips ve ince taneli kırıntılı düzeylerin ardalanmasından oluşmaktadır.

İnceleme alanının yapısal özelliklerine bakıldığında;

- Genel olarak inceleme alanının kuzeyinde Şekil 5.2 görüldüğü gibi kuzeydoğu-güneybatı gidişli bindirme bileşenin de yer aldığı sol yönlü doğrultu atımlı ve sınırlı olarak aktif olabilen fayların olduğu, fakat bu fayların deponi alanını etkilemesinin beklenmediği,

- İnceleme alanında yer alan kırıntılı birimlerin katmanlanmasının yaklaşık kuzeybatı-güneydoğu gidişli bir kıvrıma ve bu kıvrımın ekseninde katmanların eğiminin 10-15 derece, kanatlara doğru 35-45 derece dolayında olduğu,

●İnceleme alanının tüm birimlerinde bir bölümü çökme sırasında olmak üzere çeşitli boyutlarda kırıkların ve eklemlerin geliştiği saptanmıştır.

Deponi alanının zemin özelliklerini belirlemek üzere yapılan saha ve laboratuvar çalışmaları toplu olarak değerlendirildiğinde Çizelge 9.1’de sunulan bazı temel sonuçlara varılabilmektedir. Örneğin, deponi alanındaki 1,6,7,8 ve 9 nolu örneklerin Kuvaterner yaşlı toprak zeminden, 2,3,4 ve 5 nolu örneklerin Kuvaterner yaşlı alüvyal zeminden ve 10 ile 11 nolu örneklerin Oligosen yaşlı çakıllı kumtaşından oluşan bir temel üzerinde yer aldığı görülmektedir.

Her örneğin hidrojeolojik özellikleri sunulmuştur. Buna göre, Oligosen yaşlı çakıllı kumtaşlarının akifer niteliğinde olduğu, Kuvaterner yaşlı alüvyonal zeminin az su içeren ve bu suyu az ileten bir yapıda olduğu, toprak zeminin ise yüzey sularının üzerinden aktığı bir eğimde olduğu görülmektedir.

Çizelge 9.1. Deponi alanı zeminine ait örneklerin jeolojik, hidrojeolojik ve bazı mühendislik özelliklerine göre varılan sonuçlar.

Örnek no	Jeolojik özellikleri	Hidrojeolojik özellikleri	Bazı mühendislik özellikleri (temel veriler)	Varılan sonuçlar
1	Kuvaterner yaşlı toprak	Yüzey suları üstünden akar	CL sınıfı ve az geçirimli	Önlemlerin alınması gerekli
2	Kuvaterner yaşlı alüvyon	Su az içerir ve az iletir	CL sınıfı ve az geçirimli	Önlemlerin alınması gerekli
3	Kuvaterner yaşlı alüvyon	Su az içerir ve az iletir	CL sınıfı ve az geçirimli	Önlemlerin alınması gerekli
4	Kuvaterner yaşlı alüvyon	Su az içerir ve az iletir	CL sınıfı ve az geçirimli	Önlemlerin alınması gerekli
5	Kuvaterner yaşlı alüvyon	Su az içerir ve az iletir	CL sınıfı ve az geçirimli	Önlemlerin alınması gerekli
6	Kuvaterner yaşlı toprak	Yüzey suları üstünden akar	CL sınıfı ve az geçirimli	Önlemlerin alınması gerekli
7	Kuvaterner yaşlı toprak	Yüzey suları üstünden akar	CL sınıfı ve az geçirimli	Önlemlerin alınması gerekli
8	Kuvaterner yaşlı toprak	Yüzey suları üstünden akar	CL sınıfı ve az geçirimli	Önlemlerin alınması gerekli
9	Kuvaterner yaşlı toprak	Yüzey suları üstünden akar	CL sınıfı ve az geçirimli	Önlemlerin alınması gerekli
10	Oligosen yaşlı çakıllı kumtaşı	Yeraltı suları için akifer düzeyler içerir	SW-ML sınıfı ve geçirimli düzeyler içerir	YAS açısından korunması gerekli
11	Oligosen yaşlı çakıllı kumtaşı	Yeraltı suları için akifer düzeyler içerir	SW-ML sınıfı ve geçirimli düzeyler içerir	YAS açısından korunması gerekli

\* YAS; Yeraltı suları

Mühendislik özellikleri gözetildiğinde, alüvyal ve toprak zeminlerin AASTHO (Amerikan karayolları) sınıflama sistemine göre (A-6) zemin sınıfında yer aldığı ve bu zeminin orta ile zayıf zemin sınıfına karşılık geldiği söylenebilir. Ayrıca birleştirilmiş zemin sınıflama sistemine göre CL sınıfına karşılık gelmekte, CL sınıfı zemin ise inorganik killer (düşük ile orta plastisitede) çakıllı killer, kumlu killer, siltli killer ve yağsız killerle temsil edilmektedir.

Bu bilgiler ışığında, deponi alanını oluşturan toprak ve alüvyal zeminlerin az da olsa temele su iletebileceği de gözetildiğinde, yer yer akifer niteliğindeki Oligosen yaşlı Selimiye formasyonu'nda yer alan yeraltısularının kirlenebileceği ve Kızılırmak'ın deponi alanına oldukça yakın olması nedeniyle özellikle kurak dönemlerde yüzey sularının da sızıntı suları tarafından kirleneceği anlaşılmaktadır.

Deponi alanı olarak kullanılacak sahalarda zemin geçirimsizliğinin en az  $1 \times 10^{-8}$  m/sn olması tavsiye edilmektedir (Katı Atık Kontrolü Yönetmeliği, 1995). Oysa çöp deponi alanının geçirimsizlik katsayısı  $1,2 \times 10^{-6}$  ile  $3,11 \times 10^{-6}$  m/sn arasında değişmektedir. Geçirimsizlik açısından bakıldığında, sahanın geçirimsizlik (permeabilite) katsayısı  $1 \times 10^{-8}$  m/sn olan bir kil tabakası veya HDPE folye ile kaplandığında çöp depolama alanı olarak kullanılabilirliği sonucuna varılmaktadır.

Çöp deponi alanı dolayındaki yeraltısuyu kalitesini araştırmak amacıyla alınan altı adet kuyu suyu örneklerinden Paşapınarı çeşmesi haricindeki örneklerde yeraltısuyunun toplam sertliğinin 820-1850 mg/L CaCO<sub>3</sub> arasında değiştiği görülmüştür. Ayrıca analiz sonuçları ülkemiz için kabul edilen içme suyu standartlarıyla (TS-266) karşılaştırıldığında Paşapınarı çeşmesi haricinde bütün örneklerde özellikle kalsiyum ve sülfat miktarlarının standart değerlerin çok üzerinde olduğu belirlenmiştir. TS-266'ya göre içme suyunda maksimum kalsiyum miktarı 200 mg/L, maksimum sülfat miktarı ise 250 mg/L olmasına karşın, bu değerler kalsiyum için 284 - 640 mg/L, sülfat için ise 350-1500mg/L arasında değişmektedir. Sonuç olarak Paşapınarı haricindeki kuyu sularının hiçbiri içme suyu için uygun değildir. Analiz sonuçları sulama suyu olarak kullanılabilirlik açısından değerlendirildiğinde ise sodyum açısından hiç bir sorunun olmadığı fakat tuzluluk tehlikesi açısından sadece Paşapınarı çeşmesinden alınan suyun sulama için uygun olduğu tespit edilmiştir. Özellikle Hesaş Helva, Şark Gaz ve Çiftlikten alınan su örneklerin de tuzluluk tehlikesi (EC) çok yüksek (C4-S1) olup "Sulama suyu için uygun değildir" sınıfına girmektedir.

Çöp deponi alanının taşkın durumu araştırıldığında, yapılan hesaplamalar sonucunda Kızılırmak'tan 50 yılda gelmesi muhtemel maksimum debinin ( $730 \text{ m}^3/\text{sn}$ ) 30 katı kadar su geçirilse dahi çöp deponi alanı için taşkın riskinin olmadığı belirlenmiştir.

Sivas il merkezi katı atıkları için uygun bir bertaraf sistemi seçebilmek amacıyla; öncelikli olarak atıkların bileşimi incelenmiştir. Mart 2002-Şubat 2003 tarihleri arasındaki bir yıllık süre içinde haftada bir kez alınan örneklerde yapılan bileşim incelemesi sonucu atıkların yaklaşık % 45'inin yiyecek atıklarından, % 22'sinin cam, kağıt-karton, plastik – naylon, metal ve kemik gibi geri kazanılabilir maddelerden, % 21,8'inin kül ve cüruf gibi inorganik maddelerden ve geri kalanın da tekstil, odun ve çocuk bezi gibi maddelerden oluştuğu görülmüştür. Sivas ili kentsel katı atık bileşimi diğer illerle karşılaştırıldığında ise geri kazanılabilir madde miktarı diğer illere göre daha düşük, kül ve cüruf oranı daha yüksek çıkmıştır. Sivas'ta kül ve cüruf miktarının fazla çıkması il'de kışların soğuk ve uzun süreli olmasından kaynaklanmaktadır.

Sivas katı atıkları ağırlıkça % 22 geri kazanılabilir madde içermektedir. Bu nedenle hangi bertaraf yöntemi seçilirse seçilsin geri kazanım birimi içermesi uygun olacaktır.

En uygun bertaraf yönteminin belirlenmesinde yardımcı olan parametrelerden nem içeriği, C/N oranı ve enerji içeriğinin ölçüm sonuçları değerlendirildiğinde, nem içeriğinin % 75.2 ile % 80.5 arasında, C/N oranının 25.5 ile 30.2 arasında, enerji içeriğinin de 3560-4472 kJ/kg arasında değiştiği belirlenmiştir.

Sivas il merkezi katı atıkları kompostlanabilirlik açısından değerlendirildiğinde; nem içeriğinin kompostlama için yüksek olduğu, C/N oranının ise optimum aralık olan 25-35 oranını sağladığı görülmektedir. Hamoda ve diğerlerinin (1998) yaptığı çalışmada nem içeriğinin % 60'dan yüksek olması durumunda oksijen transferinin azalması nedeniyle verimin düştüğü, optimum C/N oranının ise 30 olduğu belirtilmektedir. Das ve diğerlerine (2002) göre C/N oranı 30-40, optimum nem içeriği % 60 olmalıdır. Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'ne göre ise, kompost reaksiyonunun en uygun koşullarda gerçekleşmesi, daha ekonomik kompost üretilmesi için; tesise giren katı atığın C/N oranının 35'den küçük olması gerektiği belirtilmektedir. Buna göre kompostlama için C/N oranı açısından bir sorun yoktur. Fakat, Sivas'ta katı atıkların nem içeriğinin yüksek, kış mevsiminin de soğuk ve uzun süreli olması nedeniyle, kompostlaştırmanın verimli ve ekonomik olmayacağı düşünülmektedir..

Katı atıkların ek yakıt gerektirmeden yanabilmesi için nem, kül, organik madde miktarı ve ısı değerlerinin belirli aralıkta bulunması gerekmektedir. Genel olarak kül ve



cüruf içeriği % 60'dan az, yanabilen organik madde oranı % 25'ten fazla, nem oranı % 50'den az ve ısı değeri 5000 kJ/kg'dan fazla olmalıdır (Buekens ve patrick, 1995; TÇSV,1995). Ayrıca 400 t/gün'den düşük kapasiteye sahip tesisler için yakma işlemi pahalı bir yöntemdir. Bu parametreler ile Sivas il merkezi katı atıklarının özellikleri karşılaştırıldığında; enerji içeriğinin düşük olması, nem içeriğinin yüksek olması ve Sivas'ta üretilen katı atık miktarının 400 t/gün'den daha az olması nedeniyle yakma yönteminin ekonomik olmayacağı düşünülmektedir.

Düzenli depolama ise nihai bir bertaraf yöntemidir ve atıklar ne tür işleme tabi tutulursa tutulsun düzenli depolama gerektirmektedir. Katı atık bertaraf yöntemleri ekonomik açıdan karşılaştırıldığında düzenli depolamanın en ekonomik yöntem olduğu görülmektedir. İstanbul için yapılan bir çalışmada katı atıkların uzaklaştırma maliyeti bir ton başına düzenli depolama için 8.5 \$, kompostlama için 10.5 \$, yakma için ise 80.97 \$ bulunmuştur (Curi, 1994). Maliyet açısından Bueken ve Patrick'e (1995) göre aynı sıralama söz konusudur. Kompostlama ile ilgili olarak yapılan başka bir çalışmada ise kompostlamanın maliyeti 50 \$/ton olarak bulunmuştur (Renkow ve Rubin,1998).

Sivas il merkezi katı atıklarının bertarafı için, gerek nihai bir bertaraf yöntemi olması, gerekse en ekonomik yöntem olması nedeniyle en uygun yöntem olarak düzenli depolama öngörülebilir.

Katı atık deponi alanının yer olarak uygunluğu kapsamında ayrıca deponi alanının hacim olarak Sivas'a kaç yıl hizmet edeceği hesaplanmış ve bu süre; lineer regresyon yöntemindeki nüfus hesaplamalarına göre 27 yıl, iller bankası yöntemindeki nüfus hesaplamalarına göre ise 22 yıl bulunmuştur.

Sivas il merkezi katı atık deponi alanının çevresel etkilerinin araştırılması kapsamında en önemli sorunlardan biri olan sızıntı suyunun özellikleri ve Kızılırmak'a etkisi araştırıldığında;

Sızıntı suyu ile ilgili olarak;

-Önemli kirletici parametrelerden  $BOI_5$ 'in 5000-18000 mg/L,  $KOI$ 'nin 11500 - 50000 mg/L arasında değiştiği, AKM, TUKM, TKM gibi diğer kirletici parametrelerin,  $BOI_5$  ve  $KOI$  değişimiyle orantılı olarak değiştiği,

-Kirletici parametrelerin yaz aylarında (çöp bileşimindeki yiyecek atığının fazla, kül ve cüruf oranının az olması nedeniyle) maksimuma ulaştığı,

-Ağır metaller açısından sorun olmadığı,

-Sızıntı suyunun BOİ<sub>5</sub>/KOİ oranının ortalama 0.51 olduğu, bu değer genç sızıntı suyu özelliklerini yansıttığı, yani organik madde miktarının fazla olduğu, organik maddelerin duraylı hale gelmediği ve biyolojik olarak arıtılabileceği,

-Analiz sonuçları kanalizasyon sistemleri tam arıtma ile sonuçlanan atık su altyapı tesislerine deşarj standartlarıyla karşılaştırıldığında; KOİ ve AKM değerlerinin standartların çok üzerinde olduğu,

-BOİ<sub>5</sub> değerinin alıcı ortama deşarj standardının 50 katı, KOİ değerinin ise 70 katı olduğu görülmüştür.

Deşarj öncesi sızıntı suyu ile ilgili olarak;

-BOİ<sub>5</sub>'in 600-2300 mg/L, KOİ'nin 1480-5846 mg/L, AKM'nin 101-466 mg/L, TKM'nin 1936-11256 mg/L, TUKM'nin 360-5166 mg/L, Klorür'ün 411-2249 mg/L arasında değiştiği,

-Deşarj öncesi sızıntı suyu özellikleri ile sızıntı suyu özellikleri karşılaştırıldığında bütün parametrelerin derişimlerinde büyük bir azalma olduğu,

-Analiz sonuçları deşarj standartlarıyla karşılaştırıldığında ise atık su altyapı tesislerine deşarj standartlarının sağlandığı, alıcı ortama boşlatma (deşarj) standartlarının sağlanmadığı belirlenmiştir.

Kızılırmak'la ilgili olarak ise; sızıntı suyunun Kızılırmak'a etkisinin araştırılması amacıyla Kızılırmak'tan deşarj noktası öncesi ve deşarj noktası sonrası alman su örnekleri karşılaştırılmış, özellikle yaz aylarında (Kızılırmak debisinin düşük, kirlilik yükünün fazla olduğu dönem) az da olsa etkinin olduğu belirlenmiştir.

Sızıntı sularının Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği kanalizasyona deşarj standartlarını sağlayacak derecede arıtımı gözetildiğinde; Dengeleme, Kimyasal çöktürme, Amonyak giderme (pH=10-11), Biyolojik arıtma (yüksek hızlı Anaerobik veya aerobik sistemler) işlemlerinden oluşan bir ön arıtma uygulanması gerekmektedir (Ding ve diğerleri, 2001; Ress ve diğerleri,1998; Öztürk,1999). Genç deponi sızıntı sularında bu tür bir ön arıtma sonunda Kanalizasyona Deşarj Standartlarına ulaşılacaktır. Sızıntı suyunun Kızılırmak'a deşarj edilebilecek düzeyde arıtımı için ise kimyasal ve biyolojik arıtmaya ek olarak Stabilizasyon havuzları + klorlama, Ultra filtrasyon + Ters ozmoz, Stabilizasyon havuzları + Sulak alanda arıtma dizilerinden birinin kullanılması gerekmektedir (Öztürk, 1999). Sivas için sızıntı suyunun, ön arıtmadan sonra kanalizasyon sistemine taşınmasının daha ekonomik olacağı düşünülmektedir. Arıtma yapılmaması durumunda ise, sızıntı suyu kentsel kanalizasyon sistemine kanalizasyon debisinin % 2'sini geçmeyecek şekilde verilebilir. Ayrıca, yaz

mevsiminde kullanılmak üzere, iki adet yeteri kadar büyüklükte havuz yapılarak sızıntı suyu buharlaştırılabilir. Sivas çöp deponi alanının düzenli deponi olarak kullanılması durumunda ise, kurak dönemlerde düzenli deponi üzerine sızıntı suyunun geri devri sızıntı suyu miktarında azalma sağlayarak arıtma maliyetini düşürebilir.

Yukarıda sunulan temel özellikler ışığında, deponi alanı sızıntı sularının, yeraltısularını sınırlı da olsa kirletme potansiyeline sahip olduğu, Sivas il merkezi katı atık deponi alanı için en uygun bertaraf yönteminin geri kazanım ve düzenli depolama olduğu, sızıntı suyunun şimdilik kurak dönemlerde az da olsa Kızılırmak'a etkisinin olduğu, fakat ileriki yıllarda sızıntı suyu seyrelmeye fırsat bulamadan Kızılırmak'a ulaşacağı için daha büyük bir tehlikenin ortaya çıkabileceği söylenebilir. Buna göre, deponi alanı zemininin en azından Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği'nde öngörülen bir kil tabakası ya da aynı özelliklere sahip yapay bir membranla örtülmesinin ve sızıntı suyunun ön arıtmayı takiben kanalizasyona taşınmasının gerektiği belirlenmiştir.

Sivas kenti hastane atıklarının bertarafı için ise, literatürde en çok önerilen yöntem yakma olmakla birlikte, yakma yönteminin getireceği ekonomik yükler düşünülerek, Sivas kent merkezindeki hastane ve sağlık ocaklarının atıkları için yerseçimi ölçütleri gözetilerek belirlenmiş başka bir alanın değerlendirilmesinde yarar vardır.

Sonuç olarak, Sivas il merkezi katı atık deponi alanının iyileştirilmesi ve gelecekteki 18 yıllık kullanım süresi için de yeniden planlanması gerekmektedir. Yeniden planlama çerçevesinde; deponi alanı giriş yolları ve giriş yapıları düzenlenmeli, çevre çiti oluşturulmalı, sızıntı suyu için geçirimsiz tabaka oluşturularak sızıntı suyu drenaj yapıları ile sızıntı suyu toplanması amacına yönelik iki adet lagün inşa edilmeli, yüzey suyu boşalmasını engellemek için sahanın etrafına drenaj kanalı yapılmalı, gaz drenajı için gaz bacaları oluşturulmalı, çöp depolama işlemi tamamlandıktan sonra çöp üzeri geçirimsiz tabaka ile kaplanarak yağış sularından etkilenmeyecek şekilde düzenlenmeli ve tarım toprağı serilerek yeşillendirilmelidir. İş emniyeti açısından saha çalışanlarına çelik tabanlı çizme, kask, eldiven, maske gibi koruyucu giysiler giydirilmeli ve saha içerisinde tehlike oluşturabilecek faaliyetlere (ateş yakmak gibi) izin verilmemelidir.

**KAYNAKLAR**

- Abu-Qudais, M., Abu-Qdais, H., 2000, Energy Content of Municipal Solid Waste in Jordan and its Potential Utilization Energy Conversion & Management, v.41, s.983-991
- Aktimur, T., Atalay, Z., Ateş, Ş., Tekirli, M.E ve Yurdakul, M.E., 1988, Munzur Dağları ile Çavuşdağı Arasının Jeolojisi: MTA Derleme Rap. No. 8320, Ankara, 102s.
- Alpan, S., 1998, Katı Atıkların Yönetimi, T.M.M.O.B., Çevre Mühendisleri Odası, Katı Atık Yönetimi Semineri, Ekim, Ankara, s.22-24
- APHA-AWWA-WPCF, 1981, Standart Methods for The Examination of Water and Wastewater, 15th Edition, American Public Health Association, 1134s.
- Arıkan, O., Tarı, S., Öztürk, İ., 1999, Silivri ve Selimpaşa Belediyeleri Ortak Katı Atık Düzenli Depolama Tesisi, Kent Yönetimi İnsan ve Çevre Sempozyumu 99., 17-19 Şubat 1999-İstanbul, s.452-461
- Ashford, S.A., Visvanathan, C., Husain, N., Chomsurin, C., 2000, Design and Contruction of Engineering Municipal Solid Waste Landfills in Thailand, Waste Management& Reseach, v. 18, s.464-470
- Avcı, N., Cadoğlu, İ.F. ve Ayaz, M.E., 1997, Sivas Belediyesi Mücavir Alanı Arazi Kullanım Potansiyeli ve Su Havzalarını Korunması için Öngörülen Tedbirler: Su ve Çevre Sempozyumu 97, İstanbul, s.309-319.
- Ayyıldız, M.,1990, Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri, Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Yayınları; 1196. Ders Kitabı; 344, 280s.
- Baştürk, A., Gönüllü, T., 1993, Evrensel ve Endüstriyel Katı Atıkların Düşündürdükleri, Çevre ve İnsan Dregisi, Yıl 5, Sayı:15, s.12-15
- Benitez, S.O., Beraud-J.L., 2003, The Municipal Solid Waste Cycle in Mexico Final Disposal, Resources, Conservation and Recyling, v.39, s. 239-250.
- Brunt, L.P., Dean, R.B., Patrick, P.K.,1995, Kompostlama, Katı Atık Yönetimi, Çevre Mühendisleri Odası Yayını, s.37-77
- Buenrostro, O., Bocco,G., Cram, S., 2001 Classification of Sources of Municipal Solid Wastes in Developing Countries, Resources, Conservation and Recyling v.32, s.29-41
- Canik, B.,1998, Hidrojeoloji, Yeraltısularının Aranması, İşletilmesi, Kimyası. Ankara Üniversitesi, Fen Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü, ISBN; 975-94414-0-3
- Cerit, O., Değirmenci, M. ve Kaçaroğlu, F., 1996, Sivas Yakın Doğusu Jips Karst Alanının Tektonik Özellikleri: KTÜ Mühendislik –Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü 30. Yıl Sempozyumu, Bildiriler Trabzon, Cilt II, s.521-530.
- Chan, G.Y.S., Chu, L.M., Wong, M.H., 2002, Effects of Leachate Recirculation on Biogas Production From Landfill Co-Disposal of Municipal solid Waste, Sewage Sludge and Marine Sediment, Environmental Pollution, v.118, s.393-399.

- Clarke, M.J., Read, D.A., Phillips, P.S, 1999, Integrated Waste Management Planning and Decision- Making in New York City, Resources, Conservation and Recycling, v.26, s.125-141
- Curi, K., 1990, Katı Atık Ayıklama Transfer İstasyonları, Katı Atık Tanımı, Toplanması ve Uzaklaştırılması Kurs Notları, Katı Atık Kirlenmesi Araştırma ve Denetimi Türk Milli Komitesi, Boğaziçi Üniversitesi, İstanbul, s.1.1-1.4
- Curi, K., 1994, İstanbul'da Katı Atıklar: Toplanması, Nakli, Depolanması ve Bertarafı Sorunları, Katı Atık ve Çevre, Katı Atık Türk Milli Komitesi, Sayı.14, s.4-22
- Das, K.C., Simit, M.C. Gattie, D.K., Dorothy, D., Boothe, H., 2002, Stability and Quality of Municipal Solid Waste Compost From a Landfill Aerobic Bioreduction Process, Advances in Environmental Research, v.6, s.401-409
- Daskalopoulos, E., Badr, O., Probert, S.D., 1998 Municipal Solid Waste: a Prediction Methodology for the Generation Rate Composition in the European Union Countries and the United States of America, Resources, Conservation and Recycling v.24, s.155-166
- Demirci, İ., Altınbaş, M., Arıkan, O., 1999, Katı Atıklar İçin Entegre Yönetim Yaklaşımı, Kent Yönetimi İnsan ve Çevre Sempozyumu 99,17-19 Şubat 1999-İstanbul, s.252-262
- Değirmenci, M., 1995, Kızılırmak'ın Sivas Civarındaki Kesiminin Doğal Sular ve Kentsel Atıksularla Kirlenmesi: H.Ü. Çevre Uygulama ve Araştırma Merkezi, Çevre Bilimleri Dergisi. Sayı 2, s.9-22.
- Değirmenci, M., Kaçaroğlu, F., Cerit, O., 1995 Sivas Yakın Doğusu Jips Kartısı Hidrojeolojisi: Süleyman Demirel Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi Dergisi, Jeoloji Mühendisliği Seksiyonu, v.8, s.77-92
- Değirmenci, M., Kaçaroğlu, F., Cerit, O., 1996, Jipsli Havzalarda Su Sağlamada Karşılaşılan Kalite Problemleri (Sivas Örneği): KTÜ Mühendislik -Mimarlık Fakültesi, Jeoloji Mühendisliği Bölümü 30. Yıl Sempozyumu, Bildiriler, Trabzon, Cilt II, s.504-520.
- Diamadopoulos, E., Koutsantonakis, Y., Zaglora, V., 1995, Optimal Design of Municipal Solid Waste Recycling Systems, Resources, Conservation and Recycling, v.24, s.35-59
- Diaz, L.F., Savage, G.M., ve ark., 1993, Composting and Recycling Municipal Solid Waste, Lewis Publishers, 296s.
- Ding, A., Zhang, Z., Fu, J., Cheng, L., 2001, Biological of Leachate from Municipal Landfills, Chemosphere, v.44, s.1-8
- Döngen, D., 1998, Sızıntı Suyu Kalite Kestirimi, Katı Atık ve Çevre, Katı Atık Türk Milli Komitesi, v.31, s.12-19
- Duvarcı, E., 1994, Rejyonel Jeoelektrik Haritaları Projesi: Sivas Tersiyer Havzası Özdirenç Etüdü: MTA Derleme Rap.No.9701, Ankara, 20s.
- Ekinci, E., 1990, Katı Atıkların Yakılması, Katı Atık Tanımı, Toplanması ve Uzaklaştırılması Kurs Notları, Katı Atık Kirlenmesi Araştırma ve Denetim Türk Milli Komitesi, Boğaziçi Üniversitesi, İst. s.10.1-10.24

- El-Fadel, M., Zeid,E.,B., Chahine, W., Alayli,B., 2002, Temporal Variation of Leachate Quality from Pre-Sorted and Baled Municipal Solid Waste High Organic and Moisture Content, *Waste Management*, v.22, s.269-28
- EPA, 1988, Guide to Technical Resources for the Design of Land Disposal Facilities EPA/625/6-88/081, December 63s.
- EPA., 1990, Guidance on the Definition and Identification of Commercial Mixed Low-Level Radioactive and Hazardous Waste Answers to Anticipated Questions, EPA/530/6-89/025a, 183s.
- EPA., 1991, Hazardous Waste Management, EPA/600/M-91/031, September, 16s.
- EPA, 1994, Design, Operation and Closure of Municipal Waste Landfills, EPA/625/R-94/008, September, 86s.
- Ergun, O.,Çoruh,S., Gökbulut,G.,1998, Solid Waste Management in The Black Sea Region of Turkey, The Kriton Curi Symposium on Environmental Management in The Mediterranean Region, Boğaziçi Üniversitesi, s.429-437
- Ergun, O.N., 2001, Katı Atık Yönetimi, Ders Notları, Ondokuz Mayıs Üniversitesi,168s.
- Evirgen,M.M., Kasapoğlu, K.E.,1989, Deponi Sahası Yer Seçiminde Gözönünde Bulundurulması Gereken Jeolojik Faktörler, Çevre 89 Beşinci Bilimsel ve Teknik Çevre Kongresi, Çukurova Üniversitesi, s.592-603, Adana.
- Gawande, N.A., Reinhart, D.R., ve ark., 2003, Municipal Solid Waste in Situ Moisture Content Measurement Using an Electrical Resistance Sensor, *Waste Management* v.23, s.667-674
- Gökbulut,N.,G., 1997, Sinop İl Merkezi Katı Atıklarının İncelenmesi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 127s.
- Gönüllü, T., 1999, Patlama Riski Açısından Çöp Deponi Yerleri, Kent Yönetimi İnsan ve Çevre Sempozyumu 99.,17-19 Şubat 1999-İstanbul, s.313-321
- Hamoda,M.F., Abu Qdais, H.A., Newham, J., 1998, Evaluation of Municipal Solid Waste Composting Kinetics, Resources, Conservation and Recycling, v.23, s.209-223
- Iannotti, D.A., Pong,T., Toth, B.L., Elwell, D.L., Keener, H.M., Hoitink, H.A.J., 1993, A Quatitative Respirometric Method forMonitoring Compost Stability, *Compost Sci. Utilization* v.3, s.52-65
- Irene,M.,Lo,C., 1996, Characteristics and Treatment of Leachates from Domestic Landfills, *Environmental International*, v.22, s.433-442
- İnan,S.,Öztürk, A. ve Gürsoy, H.,1993, Ulaş- Sincan (Sivas) Yöresinin Stratigrafisi: Doğa- Türk Yerbilimleri Derg. (Tr.J. of Earth Sciences), v. 2, s.1-15.
- İpekoğlu, A.N.,1990, Katı Atıkların Kompost Yapılarak Değerlendirilmesi, Katı Atık Tanımı, Toplanması ve Uzaklaştırılması Kurs Notları, Katı Atık Kirlenmesi Araştırma ve Denetim Türk Milli Komitesi, Boğaziçi Üniversitesi, İst. s.9.1-9.13
- Johnson, C.A., Rishner, G.A., Vitvar, T., Schittli, N., Eberhard, M., 1998, Hydrological and Geochemical Factors Affecting Leachate Composition in Municipal Solid Waste İncinerator Bottom Ash, *Journal of Contaminant Hydrology*, v.33, s.361-376.

- Kaçaroğlu, F., Değirmenci, M., Cerit, O., 1997, Karstification in Miocene Gypsum: an Example from Sivas, Turkey: *Environmental Geology*, v.30(1/2), s.88-97.
- Katı Atık Kontrolü Yönetmeliği, 1995, T.C. Çevre Bakanlığı, Çevre Mevzuatı, Cilt 2, s.294-315
- Kesava, M.E., Mbuligwe, S.E., Kassenga, G., 2002, Recycling İnorganic Domestic Wastes: Result from a Pilot Study in Dares Salaam City, Tanzania, *Resources, Conservation and Recycling*, v.35, s.243-257
- Kocasoy, G., 1994, Atıksu Arıtma ve Katı atık ve Kompost Örneklerinin Analiz Yöntemleri, Boğaziçi Üniversitesi, Çevre Bilimleri Enstitüsü, 109s.
- Kormacher, S.K., 1997, Solid Waste Collection Systems in Developing Urban Areas of South Africa: an Overview and Case Study, *Waste Management & Research*, v.15, s.477-494
- Kurtman, F., 1973, Sivas- Hafik –Zara ve İmranlı Bölgesinin Jeolojik ve Tektonik Yapısı: *MTA Derg.*, 80, s.1-33.
- Malgorzato, G.J., 2001, Management of Industrial and Municipal Solid Wastes in Poland, *Resources, Conservation and Recycling*, v.32, s.85-103
- Metin, E., Eröztürk, A., Neyim, C., 2003, Solid Waste Management Practices and Review of Recovery and Recycling Operations in Turkey, *Waste Management* v.23 s.425-432
- MTA, 1996, Sivas Kentinin Çevre Jeolojisi ve Doğal Kaynakları, MTA Orta Anadolu I. Bölge Müdürlüğü, Sivas, 169 s.
- Öztürk, İ., Altınbaş, M., Arıkan, O., 1999, Katı Atık Sızıntı Suyu Kirliliğinin Boyutları ve Arıtma Teknikleri, *Kent Yönetimi İnsan ve Çevre Sempozyumu 99.*, 17-19 Şubat 1999-İstanbul, s.393-403
- Öztürk, İ., 1999, Anaerobik Biyoteknoloji ve Atık Arıtımındaki Uygulamaları, *Su Vakfı Yayınları*, s.203-225
- Renkow, M., Rubin, A.R., 1998, Does Municipal Solid Waste Composting Make Economic Sense, *Journal of Environmental Management* v.53, s.339-347
- Ress, B.B., Calvert, P.P., Pettigrew, C.A., Barlaz, M.A., 1998, Testing Anaerobic Biodegradability of Polymers in a Laboratory-Scale Simulated Landfill, *Environmental Science, Technology*, v.32, s.821-827
- Peavy, H.S., Rowe, D.R., Tchbanoglous, G., 1985, *Solid Waste, Environmental Engineering*, McHill Book Company, s.573-652
- Poisson, A. Guezou, J.C. Öztürk, A., İnan, S., Temiz, H., Gürsoy, H., Kavak, K.Ş ve Özden, S., 1996, Tectonic Setting and Evolution of the Sivas Basin Central Anatolia, Turkey: *International Geology Review*, v.38, s.838-853.
- Samsunlu, 1999, Çevre Mühendisliği Kimyası, *Sam-Çevre Teknolojileri Merkezi Yayınları*, ISBN:975-94764-1-X, 396s.
- Sikalidis, C.A., Zabaniotou, A.A., Famellos, S.P., 2002, Utilization of Municipal Solid Waste for Mortar Production, *Resources, Conservation and Recycling* v.36, s.155-167

- Sorgun, K., 1988, Düzenli Depolama, T.C. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı Eğitim ve Geliştirme Merkezi Genel Müdürlüğü, Kuşadası, 110s.
- Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, 1995, Çevre Bakanlığı Mevzuatı, Cilt 2, s.158-223
- Subramanian, P.M.,2000, Plastics, Recycling and Waste Management in the US, Resources, Conservation and Recycling, v.28, s.253-263
- Sürücü, G.,1990, Katı Atıkların Düzenli Depolanması, Katı Atık Tanımı, Toplanması ve Uzaklaştırılması Kurs Notları, Katı Atık Kirlenmesi Araştırma ve Denetim Türk Milli Komitesi, Boğaziçi Üniversitesi, İst. s.8.1-8.16
- Tatsi, A.A., Zouboulis.,A.I., 2002, A Field Investigation of the Quantity and Quality of Leachate from a Municipal Solid Waste Landfill in a Mediterranean Climate (Thessaloniki, Greece), Advances in Environmental Research v.6, s.207-219
- TC Çevre Bakanlığı, 1995, Küçük Ölçekli Belediyelerde Atık Depolama Alanlarının İnşaat ve İşletme Kılavuzu, Çevre Kirliliğini Önleme ve Kontrolü Genel Müdürlüğü, Yayın No:1, s.1-27
- Tchobanoglous,G., Theisen, H., Vigil, S., 1993, Integrated Solid Waste Management, McGraw-Hill Book Company, s.39-67
- TÇSV, 1995, Katı Atıklar, Türkiye'nin Çevre Sorunları'95, Türkiye Çevre Sorunları Vakfı, Ankara, s.447-476
- Topdağ, B.,2003, Sivas İli Dolayının Sel ve Taşkınlar Açısından İncelenmesi ve Alınması Gereken Önlemler, Cumhuriyet Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 78s.
- Toprak, H., 1998, Katı Atıkların Toplama, Taşıma, ve Bertaraf Sistemlerinin En İyilenmesi ve Ekonomisi, D.E.Ü., Müh. Fak. Yayınları, No.265, s.2-20, İzmir
- Topacık, D., Eroğlu, V., 1993, Su Temini ve Atıksu Uzaklaştırma Uygulamaları, İ.T.Ü. Rektörlüğü, Sayı:1518, 554s.
- Uzuner,B.A.,1998, Çözümlü Problemlerle Temel Zemin Mekaniği, Teknik Yayınevi, 376s, s.85-101, Ankara
- Yılmaz, A., 1980, Tokat ile Sivas Arasındaki Bölgede Ofiyolitlerin Kökeni, İç Yapısı ve Diğer Birimlerle İlişkisi. A.Ü. Fen Fakültesi Jeoloji Kürsüsü, Doktora Tezi, Ankara, 136s.
- Yılmaz A., 1982, Dumanlıdağı (Tokat) ile Çeltekdağı (Sivas) Dolaylarının Temel Jeolojik Özellikleri ve Ofiyolitli Karışığın Konumu. MTA Rapor No.7230, Ankara, 136 s.
- Yılmaz, A., 1984, Tokat (Dumanlıdağı) ile Sivas (Çeltekdağı) Dolaylarının Temel Jeoloji Özellikleri ve Ofiyolitli Karışığın Konumu: MTA Derg. No. 99/100, 1 –18.
- Yılmaz, A., 1994, Çarpışma Sonrası Bir Çanak Örneği: Sivas Havzası, Türkiye: Türkiye 10. Petrol Kongresi, Bildiriler (Jeoloji), Ankara, s.21-33.
- Yılmaz, A., 1998, Sivas Havzasının Jeodinamik Evrimi, Türkiye. Ofiyolit- Granitoyid İlişkisiyle Gelişen Demir Yatakları Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, Sivas, s.66-88.
- Yılmaz, A., Sümengen,M., Terlemeç, İ. ve Bilgiç, T., 1989, 1/100 000 Ölçekli Açınsama Nitelikli Türkiye Jeoloji Haritaları Serisi, Sivas-G23 Paftası: MTA Jeoloji Etüdüleri Dairesi Yayını, Ankara, 23s.



- Yılmaz, A., Sümengen, M., Terlemez, İ. ve Bilgiç, T., 1990, Sivas İle Şarkışla Arasındaki Bölgenin Jeolojisi. MTA Derleme Rap. No. 9090, Ankara, 54s.**
- Yılmaz, A., Avcı, N., Ayaz, E., 2002, Sivas İli Çevre Durum Raporu, T.C. Sivas Valiliği, Esform Matbaa, Sivas, 331s.**



**ÖZGEÇMİŞ**

1970 yılında Sivas'ta doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Sivas'ta tamamladı. 1989-1993 yılları arasında Cumhuriyet Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'nde öğrenim gördü. 1996 yılında aynı bölümde Araştırma Görevlisi olarak göreve başladı. 1997 Yılında Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nden "Sivas'ta Trafik ve Endüstriden Kaynaklanan Gürültü Kirliliğinin Araştırılması" konulu yüksek lisans tezini tamamlayarak Çevre Bilimleri Anabilim Dalında Yüksek Mühendis derecesini aldı. Bu süre içerisinde Çevre Mühendisliği Bölümü'ndeki araştırma, geliştirme, eğitim ve projelerinde görevlendirildi. Halen bu bölümde Araştırma Görevlisi olarak çalışmakta, İngilizce bilmekte, evli ve iki çocuk babasıdır.