



ARAŞTIRMA MAKALESİ /RESEARCH ARTICLE

KAMPUS KATI ATIKLARININ KARAKTERİZASYONU VE GERİ KAZANIMI: ANADOLU ÜNİVERSİTESİ ÖRNEĞİ* Müfide BANAR¹, Aysun ÖZKAN²

ÖZ

Günümüzde, atık miktarındaki hızlı artış nedeniyle sadece uluslararası ve ulusal değil, yerel anlamda da etkin bir entegre katı atık yönetiminin oluşturulması gerektiğinden, tüm dünyadaki üniversite kampuslarında, çevre yönetimi uygulamalarında atıkların azaltılması ve geri kazanım çalışmaları önemli bir yer tutar. Bu çalışmada, Anadolu Üniversitesi'nin iki kampusunda (Yunusemre ve İki Eylül), ambalaj atıklarının geri kazanılması ve atık bileşiminin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada, el broşürleri ve duvar ilanları hazırlanmış; iki ayrı renkte konteynerler yerleştirilmiş ve her iki kampus bünyesinde dört adet "Geri Kazanım Noktası" (Bring Center) oluşturulmuştur. Kampus atıklarıyla ilgili bir veri tabanı oluşturabilmek için, atıkların bir yıl süreyle fiziksel ve kimyasal analizleri (pH, nem, uçucu madde, kızdırma kaybı, elementel analiz, ısı değer, kalsiyum, sodyum, potasyum ve ağır metal tayinleri) yapılmış, bunlar SPSS 10.0 programıyla istatistiksel açıdan değerlendirilmiştir. Ayrıca, üniversite personelinin yaklaşımını belirlemek amacıyla projenin başlangıcında ve iki yıl sonra bir anket çalışması yapılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Katı atıklar, Kampus geri kazanım programı, Kampus atıkları, Anadolu Üniversitesi

CHARACTERISATION AND RECOVERY OF CAMPUS SOLID WASTES: ANADOLU UNIVERSITY EXAMPLE

ABSTRACT

Due to the increase in solid waste quantity rates, an effective integrated solid waste management has to be implemented not only at international or national levels but also on local level. Waste reduction and recovery efforts serve as one of the keystone environmental management activities on university campuses in the world. Main objective of this study has been the recovery of the packaging wastes and characterisation of waste composition in two campuses (Yunusemre and İki Eylül) of Anadolu University. In this study, brochures and posters have been prepared; two different colored containers were located; and four "Bring Centers" were established in the two campuses. Campus solid wastes have been analyzed for physical / chemical parameters such as pH, moisture content, volatile matter, volatile combustible matter, ultimate analysis, calorific value, calcium, sodium, potassium, heavy metals etc. for the establishment of a data base and have been evaluated by SPSS 10.0 program for statistical analysis. Also, an opinion survey has been conducted at the commencement and two years after the project.

Key words: Solid wastes, Campus recovery program, Campus wastes, Anadolu University

* Bu çalışma, Anadolu Üniversitesi Rektörlüğü tarafından desteklenen 99-02-28 no'lu "Anadolu Üniversitesi Yunusemre ve İki Eylül Kampusları Atıklarının Karakterizasyonu ve Değerlendirilebilirlik Seçeneklerinin İncelenmesi" başlıklı Araştırma Fonu Projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir.

¹ Anadolu Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, İki Eylül Kampusu, Eskişehir, Tel: 0 222 321 3550/6400, Faks: 0 222 323 95 01, e-posta: mbanar@anadolu.edu.tr

² Anadolu Üniversitesi, Çevre Sorunları Uygulama ve Araştırma Merkezi, İki Eylül Kampusu, Eskişehir

1. GİRİŞ

Nüfus artıp, kısıtlı doğal kaynaklar azaldıkça, yaşamın sürdürülebilmesi için yeni kaynaklara ihtiyaç duyulur. Üretim ve kaynak tüketimine dayanan faaliyetlerden ortaya çıkan katı, sıvı ve gaz atıkların etkin yöntemlerle uzaklaştırılması, günümüzde insanlığın karşı karşıya bulunduğu en önemli sorunlardan birisidir. Etkin Atık Yönetimi sorunu, hızla gelişmekte olan ülkemiz için de büyük önem taşımaktadır. Yaşam seviyesinin yükselmesine paralel olarak atık miktarı artarken, mevcut tesislerin pek çoğunda teknolojinin öngördüğü şartların yerine getirilememiş olması konunun ciddiyetini daha da artırmaktadır.

Türkiye’de kişi başına günde 0,6 kg. evsel nitelikli katı atık ve ortalama 1 kg. belediye atığının üretildiği kabul edilmektedir. 2000 yılı kesin nüfus sayımı sonuçlarına göre ülkemiz nüfusu 67,8 milyon kişi olup, günde ortalama 68.000 ton, yılda 28,4 milyon ton civarında evsel nitelikli belediye atığı üretilmektedir. DİE’nin 1992 yılında yaptığı çalışma sonucunda tespit edilen evsel nitelikli atık kompozisyonu, söz konusu atıkların % 65 organik, % 23 kül-cüruf ve % 12 geri kazanılabilir nitelikli olduğunu göstermektedir. Bu çalışmalar periyodik olarak tekrarlanamadığı için evsel nitelikli geri kazanılabilir katı atık miktarı ve kompozisyonu hakkında güncel rakamlar verilememektedir. Ancak DİE verileri ile yerel yönetimlerin yapmakta olduğu katı atık analizleri değerlendirilerek hareket edildiğinde, geri kazanılabilir atık miktarının 3 milyon ton/yıl seviyesinin üzerine çıktığı söylenebilir (Banar, 2003).

Yılda yaklaşık 800 bin ile 1 milyon ton atığın geri kazanıldığı Türkiye’de, bu atıkların büyük bir kısmı çöp depolama sahalarından ve sokaklardan ilkel ve sağlıklı koşullarda toplanmaktadır. Ancak bu şekilde toplanan atıkların bir kısmı yaş çöple karıştığı için değerlendirilememektedir. Daha sağlıklı ve verimli bir geri kazanım sistemi oluşturmanın temel koşulu geri kazanılabilir atıkların kaynağında, yani konutlarda, işyerlerinde, okullarda, otel ve tatil köylerinde çöpten ayrı toplanmasıdır. Böylece daha temiz ve fazla miktarda atık ekonomik bir şekilde toplanabilir.

Ülkemizde bugüne değin geri kazanımla ilgili yapılan çalışmalar genelde belediye düzeyinde gerçekleştirilmiş, önemli bir yaşam alanı olan üniversite kampüslerinde sistemli bir çalışma yapılmamıştır. Bilindiği gibi Türkiye nüfusunun önemli bir kısmını genç nüfus oluşturmakta ve bu genç nüfusun 2001-2002 yılı itibarıyla yüksek öğrenimdeki 1.046.134’ü (522.250 açık öğretim öğrencisi dahil edilmemiştir) örgün öğretim görmekte, bu öğrencilerin eğitiminde de 70.012 öğretim elemanı görev yapmaktadır. Dolayısıyla, nüfusunun %1.6’sı günlük yaşamını 53 devlet ve 23 vakıf üniversitesinin kampüslerinde geçirmektedir (http1, 2).

Bu noktadan hareketle çalışmada, bugüne değin 910 000 kişiyi kapsayan ve 60’dan fazla ayrı toplama ve geri kazanım programı yürüten ÇEVKO Vakfı ile işbirliğine girilmiş ve Anadolu Üniversitesi ile ÇEVKO Vakfı arasında 27 Ekim 2000’de imzalanan

protokolün ardından, 19 Mart 2001 tarihinde “Anadolu Üniversitesi Katı Atıkların Değerlendirilmesi Projesi” fiilen başlatılmıştır. Çalışmanın amacı, Anadolu Üniversitesi’nin Yunussemre ve İki Eylül Kampuslarında ortaya çıkan her türlü atığın Entegre Katı Atık Yönetimi anlayışıyla bertarafı için, değerlendirilebilir katı atıkların kaynağında, diğer evsel atıklardan ayrı toplanması ve yeniden değerlendirilmesi çalışmalarının etkin bir şekilde gerçekleştirilmesi ve ülkemizdeki diğer üniversite kampüsleri için örnek bir model oluşturulmasıdır.

2. KAMPUS GERİ KAZANIM ÇALIŞMALARI

Belediyeler ölçeğinde yapılan geri kazanım çalışmaları ne denli önemli ve gerekliyse, adeta birer kasaba nüfusuna sahip olan üniversite kampüsleri için de bir o kadar önemlidir. Ülkemizde özellikle Çevre Mühendisliği Bölümlerinin olduğu birkaç üniversitede münferit olarak yapılan çalışmalar dışında Anadolu Üniversitesi’nde olduğu gibi sistematik bir şekilde “Geri Kazanım Programı” uygulayan bir üniversite kampüsü yoktur.

Dünyadaki diğer üniversite kampüslerine bakıldığında özellikle ABD’deki üniversitelerde geri kazanım çalışmalarının 1990’lı yıllardan sonra çevre yönetimi aktivitelerinde anahtar faktör olduğu dikkat çekmektedir. ABD’de 1992’de 3500 devlet okulunun %75’inden fazlasında geri kazanım programı uygulanmıştır. Son yapılan bölgesel çalışmalar hemen hemen her kampusta geri kazanım programının olduğunu göstermektedir. Çalışmada, geri kazanım programı uygulayan Appalachian State University, Birmingham Southern College, Brigham Young University-Hawaii, Coastal Carolina Community College, University of Colorado at Boulder, Dartmouth College, Georgetown University, Highline Community College, Humboldt State University, Medical University of South Carolina, The University of Michigan, Middlebury College, University of Minnesota, Montgomery College (Rockville Campus), The University of North Carolina at Chapel Hill, The University of North Carolina at Charlotte, University of Oregon, University of South Carolina, The University of Texas at Dallas ve University of Wisconsin-Madison gibi 20 üniversitedeki uygulamalar incelenmiş, bu üniversitelerden bazılarındaki sistemin Anadolu Üniversitesi ile karşılaştırmalı durumu ise Tablo 1’de özetlenmiştir (http3,4).

Bu uygulama programlarının yanında, yapılan detaylı literatür araştırmasında, 2003 yılında Vega vd. tarafından Meksika’da yapılan bir geri kazanım uygulaması ile 2004 yılında Mason vd. tarafından Yeni Zelanda’da yapılan geri kazanım programı ile ilgili çalışmalara rastlanmıştır. Ancak bu çalışmalarda, sadece üniversite kampüslerinde geri kazanım programlarının yönetsel açıdan nasıl kurulacağı, konteyner sayıları, yerleşimleri gibi konular ele alınmış, atıklar kimyasal bileşimleri açısından incelenmemiştir.

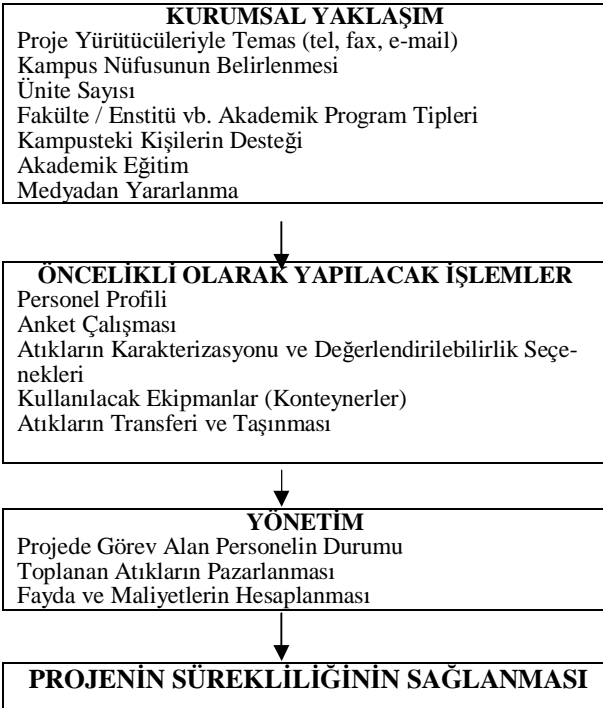
Tablo 1. Dünyanın çeşitli üniversitelerindeki kampus geri kazanım projelerinden örnekler (http3,4)

	University of South Carolina	University of Oregon	University of Colorado at Boulder	University of Texas at Dallas	Anadolu Üniversitesi
Öğrenci sayısı	38634	16500	29151	12000	18368
Personel sayısı	7210	4500	5500	2200	4286
Stadyum	Var	Var	Var	Yok	Var
Hastane	Yok	Yok	Yok	Yok	Var
Geri dönüştürülen atık miktarı (ton)	915	550	1457	185	88(*)
Kompostlanan atık miktarı (ton)	350	260	122	---	---
Toplam atık miktarı (ton/yıl)	4200	2700	5260	6824	730-1940
Gönüllü çalışan sayısı	0	50	15	0	2
Geri dönüştürülen maddeler	Kağıt, telefon defteri, otomobil yağı, floresan lamba, alüminyum teneke, printer kartuşu, karton, otomobil aküsü, hurda metal, otomobil lastiği	Kağıt, telefon defteri, otomobil yağı, floresan lamba, 1,2,3,4,5,6 ve 7 numaralı plastik, alüminyum kutu, printer kartuşu, karton, akü, çelik kutu, hurda metal, yemek yağı, cam şişe, antifiriz	Çelik kutular, kağıt, telefon defteri, otomobil yağı, alüminyum kutu, karton, 1 ve 2 numaralı plastik, printer kartuşu, cam şişe, hurda metal, antifiriz, akü	Kağıt, telefon defteri, otomobil yağı, alüminyum kutu, karton, hurda metal	Kağıt, plastik, alüminyum kutu, karton, cam şişe, metal
Kompostlanan maddeler	Ağaç dalı, çim ve diğer yeşil maddeler, yapraklar, yiyecek atıkları	Ağaç dalı, çim ve diğer yeşil maddeler, yapraklar, yiyecek atıkları	Ağaç dalları, çim ve diğer yeşil maddeler, yapraklar, yiyecek atıkları	Ağaç dalları, çim ve diğer yeşil maddeler, yapraklar	Yok
(*) 2001-2003 yıllarına ait toplam miktar					

3. METODOLOJİ

İşleyiş mekanizması Şekil 1’de verilen çalışmada, öncelikle kampus nüfusunun belirlenmesi çalışması yapılmış ve her iki kampusun toplam nüfusunun 22654 kişi olduğu (öğrenci, öğretim elemanı, memur, işçi vb.) tespit edilmiştir (Banar vd., 2001a, 2001b). Daha sonra;

- Her iki kampusta projenin başlangıcında ve sonunda bir anket çalışması yapılmış,
- Kampuslarda 4 adet “Geri Kazanım Noktası” (Bring Center) oluşturulmuş, koridorlara mavi (cam, metal, plastik) ve yeşil (kağıt-karton) renkli olmak üzere 120 adet 120-240 L’lik plastik konteynerler yerleştirilmiş,
- Yoğun bir şekilde eğitim ve bilgilendirme çalışmaları yapılmış,
- Duvar afişleri ve el broşürleri bastırılmış,
- Toplam bir yıl süreyle atıkların aylık olarak fiziksel-kimyasal analizleri yapılmış,
- Çalışmanın başlangıcından iki yıl sonra Mühendislik Mimarlık Fakültesi öğretim elemanlarına yönelik bir anket uygulaması daha yapılmıştır.



Şekil 1. Çalışmanın işleyiş mekanizması

4. MATERYAL VE YÖNTEM

4.1. Fiziksel ve Kimyasal Analizler

Çalışmanın deneysel bölümünde, bir yıl süreyle aylık olarak alınan örneklerde, atığın fiziksel-kimyasal analizleri yapılmıştır. Laboratuvara getirilen örneğin önce fiziksel bileşimi belirlenmiş, 105⁰C’da kurutulduktan sonra hacli darbeli öğütücüde öğütülerek >2 mm, 2 mm, 1 mm ve 710 µm boyutlarına getirilmiş ve hazırlanan analitik örneklerde aşağıdaki analizler yapılmıştır:

- pH tayini (TS 8332 ISO 10390/Aralık 1995),
- Nem tayini,
- Uçucu madde tayini,

- Kızdırma kaybı tayini
- Ağır metallerin tayini (Kral suyuyla yaş yakma yöntemi, Varian marka Flame Atomik Absorpsiyon Spektrometre),
- Kalsiyum, sodyum ve potasyum tayini (ELEX 6361 model Eppendorf marka flame fotometre),
- Fosfor tayini (Olsen Yöntemi)
- Karbon, azot, hidrojen, kükürt ve ısı değer tayinleri (Elementel analiz, EA 1108 model Fisons marka elementel analiz cihazı)

4.2. Anket Çalışması

Çalışmada biri genel (proje başlangıç ve bitiş tarihlerinde) diğeri de daha spesifik olarak sadece öğretim elemanlarına yönelik iki anket uygulaması yapılmıştır. İlk anket uygulamasında 100 kişiyle görüşülmüş ve projeye ilgili başlangıç ve bitişteki görüşleri değerlendirilmiştir. Diğer ankette ise, çalışma bölgesi olarak Mühendislik Mimarlık Fakültesi seçilmiş ve 81 kişiyle görüşmeler yapılmıştır. Çalışmada kullanılan ankette, öğretim elemanlarının ürettikleri atık cinsleri, 2 yıl önce başlayan program hakkındaki görüşleri ve önerileri saptanmaya çalışılmıştır.

5. BULGULAR VE DEĞERLENDİRME

Bir yıl boyunca alınan katı atık örneklerinin fiziksel bileşimi %42 organik madde, %24 plastik, %22 kağıt, %8 cam ve %4 metal olarak belirlenmiştir. Türkiye genelinde bu değerler, %65 organik madde, %23 kül ve cüruf, %12 geri kazanılabilir atıklardan oluşmaktadır. Sadece geri kazanılabilir nitelikteki atık grubunun dağılımına bakıldığında ise, çalışmada bulunan değerler %41 plastik, %14 cam, %38 kağıt ve %7 metaldir. ÇEVKO tarafından belirlenen değerlerde bu dağılım %23 plastik, %28 cam, %42 kağıt ve %7 metal şeklindedir. Ancak, kampus atıklarıyla ilgili bu anlamda bir çalışma olmadığından, karşılaştırılan tüm bu değerler belediye ölçeğindedir (ÇEVKO, 2000).

Fiziksel bileşimi belirlenen numuneler, önce hacli darbeli öğütücüde öğütülmüş, daha sonra elek analizi yapılarak 710µm, 1 mm, 2 mm ve >2 mm olmak üzere dört farklı boyuta elenmiştir. Tüm analiz sonuçları Tablo 2’de, elde edilen verilerin istatistiksel olarak anlamlandırılabilmesi amacıyla SPSS 10.0 paket programı kullanılarak yapılan Pearson korelasyonu sonuçları ise Tablo 3-7’de verilmiştir. Normal dağılmış X ve Y değişkenleri arasındaki doğrusal bağımlılığın bir ölçüsü olan Pearson Korelasyonuna göre aralarında doğrusal bağımlılık bulunan ve istatistiksel olarak anlamlı olan parametreler tablolarda koyu renkle belirtilmiştir. Bu katsayılar negatif ise ilişki ters yönlü (bir değişkenin değeri artarken diğerrinin değeri azalır), pozitif işaretli ise doğru orantılıdır (değişkenlerin değerleri birlikte artar ya da azalır). Sayısal yorum yapılırken 0’a yakın olan değerler için ilişkinin zayıf olduğu, 0,5’ten büyük değerler için (özellikle 1’e yakın olanlar için) kuvvetli olduğu söylenir. Ayrıca, bu değerlerin istatistiksel açıdan anlamlı olarak nitelendirilebilmesi için yapılan korelasyon sonucunda bulunan anlamlılık değerlerinin 0,05’ten küçük olması gereklidir.

Tablo 2. Ocak-Haziran ayları arasındaki tüm fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

	Ocak				Şubat				Mart				Nisan				Mayıs				Haziran			
	710	1	2	>2	710	1	2	>2	710	1	2	>2	710	1	2	>2	710	1	2	>2	710	1	2	>2
pH	5,16				6,2				7,4				7,52				6,88				6,46			
Nem (%)	78,7				66,3				39,7				62,9				66,3				73,7			
KM(%)	21,3				33,7				60,3				37,1				33,7				26,3			
UM(%)	93,5	92,7	94,4	-	69,6	80,8	75	87,9	26,1	33,2	44,9	85,4	58,7	69,4	70,7	85,5	62,5	68,7	64,4	83,9	89	88,8	87,3	91,7
KK(%)	94,1	96,1	95,7	-	74,9	80,9	75,7	94,7	30,2	36,5	52,6	72,1	78,2	70,8	70,8	90,6	71,2	69,8	73,7	68,3	88,5	92,7	88,4	92,9
Fe (mg/kg)*	<6	<6	<6	-	241,8	21,0	53,4	31,5	1132	1014	815,9	542,6	523,3	631,3	1083	69,8	<6	<6	<6	<6	<6	<6	<6	<6
Cu (mg/kg)*	<3	<3	6,99	-	<3	<3	<3	<3	4,2	4,2	<3	<3	<3	<3	<3	<3	15,3	40,2	40,2	11,9	15,2	15,1	13,3	13,3
Ni (mg/kg)*	<10	<10	<10	-	<10	<10	<10	<10	175	151	136	71,8	39,1	47,3	55,5	5,87	58,0	74,8	81,8	102,8	144,2	164	130	123,3
Zn (mg/kg)*	<1	2,5	2,79	-	7,37	5,14	5,49	6,41	17,2	15,5	50	18,8	11,5	16,3	10,5	2,11	3,29	1,98	5,14	17,7	3,83	6,19	7,32	4,02
Cd (mg/kg)*	<2	<2	<2	-	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Pb (mg/kg)*	<10	<10	<10	-	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Ag (mg/kg)*	<2	<2	<2	-	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Cr (mg/kg)*	<6	<6	<6	-	<6	<6	<6	<6	123	82,7	82,7	41,5	41,5	82,7	41,5	<6	<6	<6	<6	<6	<6	<6	<6	<6
Ca (mg/kg)	1799	2598	5194	-	1122	6596	1069	200	4058	8398	5897	4017	1569	2480	1878	8693	1249	1049	8995	8094	1195	197,8	1689	3785
Na (mg/kg)	1999	2498	3595	-	971,5	989,5	799,4	1099	399,8	499,9	699,7	499,7	799,9	1200	1299	799,4	899,8	799,9	899,5	799,4	597,6	593,6	695,5	796,9
K (mg/kg)	6396	4097	6991	-	3022	3408	1898	1299	9997	1249	1219	4098	1069	1680	1708	8793	3999	3499	3998	3197	2291	2374	2782	5479
P (mg/kg)	474				207,2				315,9				181,3				317				399			
C (%)	41,061				28,043				12,775				30,39				33,806				41,832			
H (%)	6,8				3,921				1,652				4,283				4,799				6,424			
O (%)	44,465				64,766				83,473				61,597				58,099				48,777			
N (%)	7,674				3,27				2,1				3,73				2,758				2,833			
S (%)	0				0				0				0				0,538				0,134			
Isıl Değer (kcal/kg)	3767				861				0				1309				1914				3496			

*Atomik absorpsiyon cihazının Fe için hassasiyet sınırı <0,06 mg/L, Cu için <0,03 mg/L, Ni için <0,1 mg/L, Zn için <0,01 mg/L, Cd için <0,02 mg/L, Pb için <0,1 mg/L, Ag için <0,02 mg/L ve Cr için <0,06 mg/L olduğundan bu sınırların altında kalan derişim değerleri çizelgede “<” işaretiyle gösterilmiştir.

Tablo 2. (Devam) Temmuz-Aralık ayları arasındaki tüm fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

	Temmuz				Ağustos				Eylül				Ekim				Kasım				Aralık			
	710	1	2	>2	710	1	2	>2	710	1	2	>2	710	1	2	>2	710	1	2	>2	710	1	2	>2
pH	6,82				5,88				7,18				7,08				6,1				5,93			
Nem (%)	87				66,9				43,9				83,9				78,4				81,8			
KM(%)	13				33,1				56,1				16,1				21,6				18,2			
UM(%)	92,7	90,2	91,4	89,7	78,8	81,9	80,9	85,7	86,4	87,2	87,1	89,2	94	92,7	91,1	90,9	96,7	96,5	95,9	89,1	92,1	91,7	89,9	89,7
KK(%)	88,7	91,2	91,4	89,2	80,6	78,4	89,6	94	87,1	88,2	89,8	93,7	90,4	89	89,7	88,2	97,8	97,7	97,1	90,2	98,1	97,4	96,7	95,7
Fe (mg/kg)*	<6	<6	<6	<6	<6	<6	<6	<6	1270	524,5	1304	473	686,5	325	216	30,07	<6	<6	<6	<6	<6	<6	<6	<6
Cu (mg/kg)*	15,72	18,17	15,3	11,96	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3	<3
Ni (mg/kg)*	57,75	102,7	19,56	22,35	58,03	102,7	123,5	144,7	53,85	<10	32,84	25,86	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Zn (mg/kg)*	46,5	29,43	9,77	5,13	15,17	14,24	13,83	4,58	27,79	162,1	14,97	10,7	2,03	<1	<1	1,09	12,19	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Cd (mg/kg)*	<2	<2	<2	-	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Pb (mg/kg)*	<10	<10	<10	-	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10	<10
Ag (mg/kg)*	<2	<2	<2	-	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2	<2
Cr (mg/kg)*	<6	<6	<6	<6	<6	<6	<6	<6	<6	<6	<6	<6	<6	<6	<6	<6	<6	<6	<6	<6	<6	<6	<6	<6
Ca (mg/kg)	99,5	199,7	199,8	1697	7499	7597	7181	299,8	2599	2498	2398	3497	3499	4697	4497	2197	199,7	199,8	1897	199,8	1498	1490	1699	1688
Na (mg/kg)	597	699	899	799	799	799	698	599	1199	1199	899	799	499	399	499	599	499	599	599	299	599	695	599	596
K (mg/kg)	1293	1997	3795	7391	1799	1699	1396	899	7199	7096	4096	2298	4999	3898	3397	3596	299,6	299,7	299,5	399,6	1398	938	599,9	596
P (mg/kg)	289				298				257				342				508				492			
C (%)	41,829				39,473				43,01				34,936				52,813				88,65			
H (%)	6,779				6,139				6,301				4,854				7,253				6,866			
O (%)	49,161				52,027				46,578				56,481				36,072				0,774			
N (%)	2,231				2,274				4,111				3,729				3,862				3,71			
S (%)	0				0,087				0				0				0				0			
Isıl Değer (kcal/kg)	3593				3068				3646				2085				5200				9447			

*Atomik absorpsiyon cihazının Fe için hassasiyet sınırı <0,06 mg/L, Cu için <0,03 mg/L, Ni için <0,1 mg/L, Zn için <0,01 mg/L, Cd için <0,02 mg/L, Pb için <0,1 mg/L, Ag için <0,02 mg/L ve Cr için <0,06 mg/L olduğundan bu sınırların altında kalan derişim değerleri çizelgede “<” işaretiyle gösterilmiştir.

Tablo 3. 710 µm boyutundaki örneklerin istatistiksel analiz sonuçları

	UM	KK	Fe	Cu	Ni	Zn	Cr	Ca	Na	K
UM	1.000									
KK	.957	1.000								
Fe	-.464	-.510	1.000							
Cu	.021	-.054	-.389	1.000						
Ni	-.596	-.691	.326	.443	1.000					
Zn	-.002	-.100	.229	.215	.229	1.000				
Cr	-.863	-.880	.570	-.100	.648	.101	1.000			
Ca	-.975	-.971	.518	-.090	.597	-.009	.933	1.000		
Na	.211	.249	-.086	.022	-.345	-.136	-.302	-.249	1.000	
K	-.652	-.572	.726	-.203	.311	-.015	.679	.654	.222	1.000

Tablo 4. 1 mm boyutundaki örneklerin istatistiksel analiz sonuçları

	UM	KK	Fe	Cu	Ni	Zn	Cr	Ca	Na	K
UM	1.000									
KK	.987	1.000								
Fe	-.759	-.763	1.000							
Cu	-.176	-.162	-.294	1.000						
Ni	-.529	-.514	.155	.443	1.000					
Zn	.043	.035	.326	-.143	-.156	1.000				
Cr	-.795	-.772	.827	-.165	.336	-.056	1.000			
Ca	-.947	-.929	.825	-.050	.466	-.067	.835	1.000		
Na	.189	.226	-.116	-.199	-.370	.139	-.054	-.188	1.000	
K	-.682	-.673	.856	-.168	.166	.206	.917	.678	.140	1.000

Tablo 5. 2 mm boyutundaki örneklerin istatistiksel analiz sonuçları

	UM	KK	Fe	Cu	Ni	Zn	Cr	Ca	Na	K
UM	1.000									
KK	.971	1.000								
Fe	-.388	-.455	1.000							
Cu	-.169	-.102	-.341	1.000						
Ni	-.618	-.538	.156	.226	1.000					
Zn	-.783	-.765	.514	-.157	.644	1.000				
Cr	-.804	-.838	.558	-.230	.481	.864	1.000			
Ca	-.880	-.885	.437	-.162	.514	.902	.957	1.000		
Na	.196	.169	-.050	.066	-.241	-.135	-.060	-.068	1.000	
K	-.580	-.668	.669	-.116	.220	.519	.782	.652	.305	1.000

Tablo 6. 2 mm boyutundan büyük örneklerin istatistiksel analiz sonuçları

	UM	KK	Fe	Cu	Ni	Zn	Cr	Ca	Na	K
UM	1.000									
KK	.960	1.000								
Fe	.136	.047	1.000							
Cu	.185	.067	-.296	1.000						
Ni	.208	.129	.035	.475	1.000					
Zn	.224	.011	.631	.265	.461	1.000				
Cr	.058	-.102	.724	-.174	.176	.617	1.000			
Ca	.122	-.063	.727	-.074	.222	.701	.965	1.000		
Na	.705	.707	.038	.334	.165	.308	-.156	-.050	1.000	
K	.345	.281	.072	.462	.076	.142	.102	.268	.445	1.000

Tablo 7. Deney verilerinin aylık ortalamalarının istatistiksel analiz sonuçları

	pH	Nem	KM	UM	KK	Fe	Cu	Ni	Zn	Cr	Ca	Na	K	P	C	H	O	N	S	Isıl değer
pH	1.000																			
Nem	-.497	1.000																		
KM	.497	-1.000	1.000																	
UM	-	.735	-.735	1.000																
	.543																			
KK	-.581	.703	-.703	.981	1.000															
Fe	.720	-.817	.817	-.549	-.549	1.000														
Cu	.028	.224	-.224	-.021	-.079	-.419	1.000													
Ni	.301	-.453	.453	-.548	-.564	.179	.343	1.000												
Zn	.403	-.615	.615	-.127	-.121	.669	-.201	.125	1.000											
Cr	.573	-.614	.614	-.834	-.808	.681	-.271	.389	.152	1.000										
Ca	.485	-.689	.689	-.920	-.928	.630	-.169	.490	.163	.920	1.000									
Na	-.516	.079	-.079	.203	.233	-.120	.091	-.299	-.146	-.137	-.167	1.000								
K	.669	-.108	.108	-.314	-.367	.522	-.034	.036	.056	.561	.391	.044	1.000							
P	-.629	.478	-.478	.483	.459	-.472	.036	-.201	-.257	-.330	-.264	.146	-.488	1.000						
C	-.478	.522	-.522	.643	.714	-.446	-.085	-.419	.011	-.528	-.597	-.054	-.514	.625	1.000					
H	-.585	.624	-.624	.899	.914	-.580	.139	-.332	.011	-.776	-.863	.214	-.456	.554	.732	1.000				
O	.527	-.548	.548	-.697	-.766	.468	.071	.454	.003	.570	.645	-.033	.515	-.651	-.994	-.782	1.000			
N	-.530	.219	-.219	.441	.461	-.097	-.146	-.587	-.166	-.237	-.311	.865	-.028	.411	.204	.359	-.291	1.000		
S	.091	-.043	.043	-.247	-.268	-.283	.812	.358	-.217	-.183	-.030	-.072	-.224	-.044	-.119	-.075	.126	-.237	1.000	
Isıl değer	-.512	.497	-.497	.644	.704	-.425	-.085	-.367	.062	-.498	-.554	-.015	-.519	.703	.987	.760	-.987	.236	-.158	1.000

Elde edilen bulgulara göre, pH'nın ortalama 6,55 olduğu ve nemin %69,46 ile oldukça yüksek bir değere sahip olduğu belirlenmiştir. Literatür değerleriyle karşılaştırma sonuçlarına bakıldığında (Tablo 8), genel olarak kampus atıklarının nem oranının literatürdeki aralıkların çok üstünde olduğu görülmektedir. Ancak, C, H, O, N, S ve ısı değer sonuçlarının literatürle uyum içerisinde olduğu dikkat çekmektedir.

Tablo 8. Bazı parametrelerin literatürle karşılaştırılması

Nem (%)	Projede Bulunan Sonuçlar		Literatür *	
	Aralık	Tipik Değer	Aralık	Tipik Değer
	39,7-87	69,46	15-40	20
C (%)	40,72		48	
H (%)	5,51		6,4	
O (%)	50,2		37,6	
N (%)	3,52		2,6	
S (%)	0,06		0,4	
Isıl Değer (Btu/lb)	Kuru Bazda 5763		Toplandığı Gibi 4600	Kuru Bazda 5750

*Tchobanoglous, 1993

Analiz edilen örneklerin hiçbirisinde Cd, Pb ve Ag tespit edilememiştir. Ayrıca, tüm değerlere bakıldığında özellikle 2 mm boyutundan büyük örneklerin fiziksel-kimyasal analiz sonuçları arasındaki doğrusal bağımlılık azalmaktadır.

Aylık ortalamaların istatistiksel analizlerine bakıldığında;

- Isıl değer ve karbon, hidrojen, oksijen,
- Kızdırma kaybı ve karbon, hidrojen, oksijen, ısı değer,
- Uçucu madde ve karbon, hidrojen, oksijen, ısı değer,
- Kalsiyum ve karbon, hidrojen, oksijen,
- Fosfor ve karbon, oksijen, ısı değer, arasında kuvvetli bir ilişki olduğu, ancak;
- Bakırın kükürt dışında hiçbir parametreyle ilişkisinin bulunmadığı,
- Çinkonun sadece 2mm ve 2 mm'den büyük boyuta sahip atıklar için kalsiyumla kuvvetli bir ilişkiye sahip olduğu, tespit edilmiştir.

Uçucu madde, ısı değer, kızdırma kaybı, karbon, hidrojen ve oksijen arasındaki ilişki kimyasal açıdan beklenildiği gibi çıkmıştır. Kampus atıkları içerisinde yiyecek atıklarının çoğunlukta olması nedeniyle, yapısal olarak karbon, hidrojen ve oksijene bağlı formda bulunan temel besin elementlerinden kalsiyum ve fosfor, istatistiksel açıdan da bu elementlerle kuvvetli bir ilişki göstermektedir. Bunun yanında, çinko ve kalsiyum arasındaki kuvvetli ilişkinin, özellikle gıda ambalajlarında kullanılan kalsiyum-çinko stabilizatörlerden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Projenin başlangıcında ve sonunda 100 kişiye uygulanan ankete göre;

- Kampus içerisindeki geri kazanım konteynerlerinin kullanım yüzdesi 65'den 72'ye, birimlerdeki konteynerlerin kullanım oranları ise % 14'den % 71'e çıkmıştır ki bu sonuç, geri kazanım konteynerlerinin kişilere yakın olmasının ne denli önemli olduğunu ortaya çıkarmaktadır.
- Atıkların çevreye verdiği zararlar hakkındaki bilgi'nin sorulduğu sorudaki oran, % 65'den % 82'ye çıkmıştır. Yapılan eğitim çalışmalarının bu oranda etkin rol aldığı düşünülebilir.
- Günlük çıkarılan atık miktarı ile ilgili soruya verilen yanıt, her iki durumda da fazla değişmemiştir.

Projenin başlangıcından iki yıl sonra Mühendislik Mimarlık Fakültesi'nde 81 öğretim elemanına bir anket uygulaması daha yapılmıştır. Buna göre, bir çok kişiye kişisel duyarlılığının yanı sıra bilgi, haber ve deneyimin de tavırlar üzerinde belirleyici olduğu ve kişilerin üniversitede daha önce yapılmış olan çalışmalardan ve sürdürülen programdan etkilendikleri anlaşılmıştır. Öyle ki, kişilerin geri kazanım programı konusundaki yargıları değerlendirildiğinde seksen bir kişinin kırkı 'Önemli', otuz yedisi 'Olması gerekli', yirmi dördü 'Gelişmeli' ve yirmi biri 'Yararlı' olarak yaklaşmışlardır. Ayrıca, projeye ilgili yapılan eğitim, seminer vb aktivitelerin hatırlanma oranının %60 ve bunların da birimlerdeki geri kazanım kutularını kullanan %67'lik kesimin içinden olduğu belirlenmiştir. Son olarak, kişilere geri kazanım programı ile ilgili önerileri sorulduğunda,

- Eğitim seminerleri verilmesi %35,
 - E-mail yoluyla haberleşmenin sağlanması %30,6,
 - Laboratuvar atıklarının değerlendirilmesi %10,4,
 - Diğer %24
- yanıtları alınmıştır.

6. SONUÇ

Üniversitelerin evrensel eğitim kriterleri içerisinde en önemli görevlerinden birisi topluma her alanda öncülük etmektir. Tüm dünyada olduğu gibi ülkemiz için de geri kazanım projelerinin gerçekleştirilmesi ve sürekliliğinin sağlanması gerekir. Ancak, uygulamada güçlükler içeren bu programın kısa sürede bir düzene oturtulması ve geri kazanım veriminin % 10-15 civarında olması başlangıç için önemli bir değerdir. Ayrıca, ülkemizdeki diğer üniversite kampusları için örnek bir model olan bu çalışmada;

- Sadece sistem kurulmakla kalınmamış, yapılan bir yıllık detaylı atık analizleri sayesinde son derece önemli bir veri tabanı oluşturulmuştur.
- Elde edilen fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarıyla yapılan istatistiksel değerlendirmede, analiz edilen parametrelerin birbirleriyle olan etkileşimleri belirlenmiştir.
- Ayrıca, yapılan anket çalışmalarıyla, geri kazanımı daha etkin kılmak için neler yapılabileceği ve özel-

likle eğitimin önemi vurgulanmıştır. Nitekim, projenin yasal süresi bitmiş olmakla birlikte, sürekli tekrarlanmakta olan etkinlikler ve izlemeyle, geri kazanım oranının önümüzdeki yıllarda daha da artacağı beklenmektedir.

KAYNAKÇA

Banar, M. (2003). *Katı Atık Yönetimi Dersi*, Anadolu Üniversitesi Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü Lisans Ders Notları, Eskişehir.

Banar, M, Şahin, A., Neyim, C., Malkoç, S. ve Vardar, Ç. (2001a). Kampus Atıklarının Değerlendirilebilirliği ve Anadolu Üniversitesi Örneği. *UKAK 2001, 1. Ulusal Katı Atık Kongresi*, 18-21 Nisan, DEÜ Çevre Mühendisliği Bölümü, İzmir, Bildiriler Kitabı, 3. oturum, s.23-31.

Banar, M, Vardar, Ç., Malkoç, S., Şahin, A., Neyim, C. ve Eröztürk, A. (2001b). Kampus Katı Atıklarının Değerlendirilmesi ve Anadolu Üniversitesi Örneği. *II. Uluslararası Ambalaj Kongresi ve Sergisi*, 29 Mayıs-1 Haziran, DEÜ Çevre Mühendisliği Bölümü, İzmir, Bildiriler Kitabı, s.417-425.

ÇEVKO (2000). *Faaliyet Raporu*, İstanbul

http 1: www.yok.gov.tr

http 2: www.die.gov.tr

http 3: www.bgsu.edu/offices/recycling/univlinks.html

http 4: www.nfw.org/campusEcology

Mason, I.G., Oberender, A. ve Brooking, A.K. (2004). Source separation and potential re-use of resource residuals at a university campus. *Resources, Conservation and Recycling* 40, 155-172.

Tchobanoglous, G., Theisen, H. ve Vigil, S.A. (1993). *Integrated Solid Waste Management*, McGraw-Hill International Editions.

TS 8332 (1995). *Toprak Kalitesi-pH Tayini*, ISO 10390, Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.

Vega, C.A., Benitez, S.O.ve Barreto, M. (2003). Mexican educational institutions and waste management programmes: a University case study. *Resources, Conservation and Recycling* 39. 283-296.

Teşekkür

Çalışmamıza verdikleri katkılardan dolayı Çevre Koruma ve Ambalaj Atıklarının Değerlendirme Vakfı'na (ÇEVKO) ve Araş.Gör. Semra Malkoç'a teşekkür ederiz.



Müfide Banar, 05.01.1967 Eskişehir doğumludur. Anadolu Üniversitesi Kimya Mühendisliği Bölümünden 1988 yılında lisans, 1991 yılında yüksek lisans, 1998 yılında ise doktora derecelerini almıştır. Halen Anadolu Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık

Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümünde Öğretim Üyesi olarak görev yapmaktadır. Evli ve bir çocuk annesidir.



Aysun Özkan, 12.06.1978 Datça doğumludur. Anadolu Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümünden 1999 yılında lisans, 2002 yılında yüksek lisans derecelerini almıştır. Halen Anadolu Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Çevre

Mühendisliği Bölümünde doktora çalışmalarına devam etmektedir. Evli ve bir çocuk annesidir.