



**THE EFFECTS OF LIMITED LIMING ON SOLAR DRIED WASTEWATER
SLUDGES IN COVERED DRYING BEDS**

N. Kamil SALİHOĞLU*

Uludağ Üniversitesi, Mühendislik Mimarlık Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Görükle-BURSA

Received/Geliş: 31.08.2009 Revised/Düzelme: 27.10.2010 Accepted/Kabul: 02.12.2010

ABSTRACT

The purpose of this study was to investigate the effects of limited liming (CaO) in mechanically dewatered sludges from municipal wastewater treatment plant during solar drying in a pilot covered drying bed. The basis for the study was to benefit from the solar energy potential of our country and increase the use of renewable energy sources in environmental investments. A tunnel type greenhouse with 2m x 5m paved bed floor width and transparent polycarbonate cover was designed for the study. Sludge was spread over the concrete floor with a 25 cm. height and mixed twice a day. Limited quicklime (0.15 kg quicklime/kg Dry Solids(DS)) was used to speed up the pathogen microorganism removal. When the limited liming & solar drying method was applied to the sludge of 20% DS content, the legal landfilling requirement of 35% DS content and the USEPA Class A pathogen reduction requirement were achieved in 10 days in summer, and in 20 days in winter.

Keywords: Waste sludge, solar drying, limited liming.

**ATIKSU ARITMA ÇAMURLARININ KAPALI KURUTMA YATAKLARINDA
KURUTULMASINDA SINIRLI KİREÇLEMENİN ETKİSİ**

ÖZET

Bu çalışmanın amacı, kentsel atıksu arıtma tesisinden çıkan mekanik olarak susuzlaştırılmış çamurların kapalı kurutma yatağında kurutulması sırasında sınırlı miktarda sönmemiş kireç (CaO) kullanımının etkilerinin incelenmesidir. Çalışmanın temeli ülkemizin güneş enerjisi potansiyelinden yararlanmak ve çevre yatırımlarında yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımını artırmaktır. Çalışma için, 2m. x 5m. boyutlarında beton tabanlı ve şeffaf polikarbonat örtü ile kaplı tünel tipi bir sera tasarlanmıştır. Çamur, beton zemine 25 cm. yüksekliğinde serilmiş ve günde iki kez karıştırılmıştır. Patojen giderimini hızlandırmak için sınırlı miktarda kireç (0,15kg CaO/ kg çamur Katı Madde(KM)) kullanılmıştır. Sınırlı kireçleme ve güneşle kurutma yöntemi uygulanan %20 Katı Madde (KM) içeren çamurların depolama için yasal sınırlama olan %35 KM'ye ve Amerikan Çevre Koruma Ajansı (USEPA) A sınıfı çamur değerlerine yaz döneminde 10 gün kış döneminde 20 gün içerisinde ulaştığı görülmüştür.

Anahtar Sözcükler: Atık çamur, güneşle kurutma, sınırlı kireçleme.

1. GİRİŞ

Avrupa Konseyi (AK) yönergesinin (91/271/EEC) getirdiği sınırlamalarla AB'ye üye ülkelerde 1998'de oluşan 7,2 Milyon Ton çamur katı maddesinin (KM), 2005 yılında 9,4 Milyon Ton

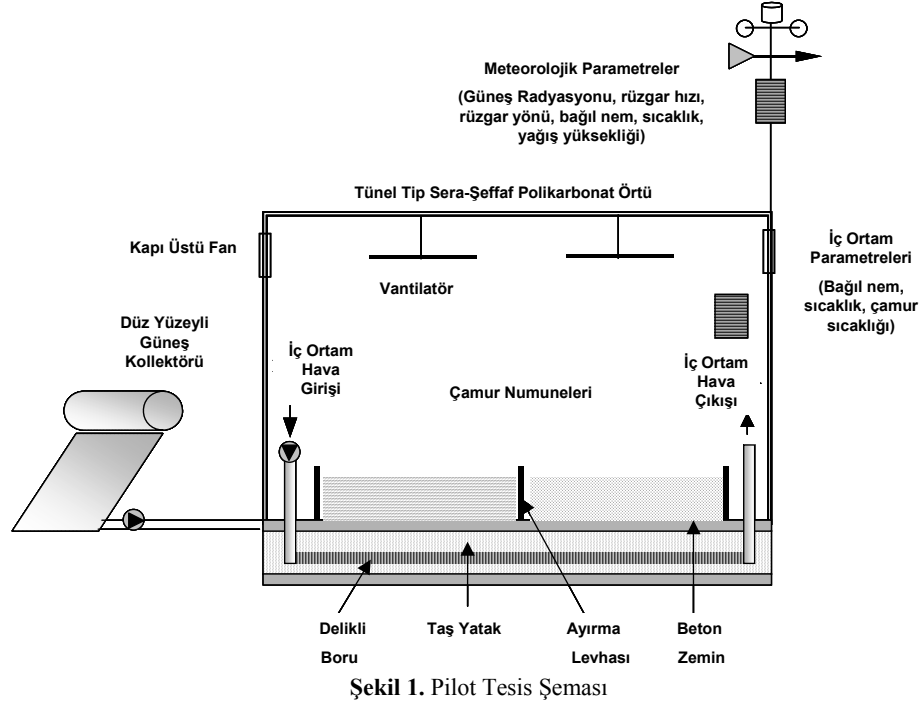
* nkamils@uludag.edu.tr, tel: (224) 294 21 18

KM'ye çıkması beklenmektedir [1,2]. Ayrıca Amerika Birleşik Devletleri'nde (A.B.D.) 1998'de oluşan 6,9 milyon ton KM'nin 2005'te 8,2 milyon ton KM'ye ulaşacağı hesaplanmıştır [3]. Ülkemizde 2004 yılı verilerine göre toplam nüfusun ancak %66'sına kanalizasyon şebekesi ile hizmet verilmekte ve yine nüfusun %35'lik kısmının atıksuları bir arıtma tesisine ulaşmaktadır. Ayrıca belediyelere ait 165 atıksu arıtma tesisi ile 303 belediyeye hizmet verilmektedir. Arıtılan atıksuyun %56 biyolojik, %32 fiziksel ve %12'sine ileri arıtma uygulanmıştır [4]. Oluşan çamurların bertarafında uygulanacak ilk adım çamurdaki su muhtevasının azaltılmasıdır. Günümüzde uygulanan mekanik susuzlaştırma yöntemleri nihai bertaraf için yeterli değildir. Çamurun su muhtevasının mekanik susuzlaştırma sonrası doğal ve termal yöntemlerle azaltılması uygulanan süreçlerdendir. "Çamur kurutma, birkaç sebepten ötürü genellikle bütün nihai çamur bertaraf metotlarında gerekli adımlardan birisidir. İlk olarak, kurutma su içeriğini önemli ölçüde azalttığından, azalan kütle ve hacim sebebiyle taşıma ve depolama maliyetlerinin düşmesini sağlamaktadır. İkinci olarak, yüksek sıcaklıkta kurutma patojen mikroorganizmaları öldürebildiğinden çamur uzun süre stabil halde kalmaktadır. Üçüncü olarak, çamur suyunun uzaklaştırılmasıyla kalorifik değeri arttığından bir yakıt kaynağı olarak kullanılabilir [5]. Termal çamur kurutmada yüksek ilk yatırım ve işletme maliyetleri bu yöntemi zor uygulanabilir hale getirmektedir. Diğer bir yöntem olan güneşle atıksu arıtma çamurlarının kurutulması konusunda yapılan sınırlı sayıda çalışmada kentsel atıksu çamurlarının hacimlerinin azaltılması ve ilave stabilizasyon amacıyla gelişmiş güneşle kurutma tesislerinden bahsedilmektedir [6,7,8]. Özellikle ülkemizdeki güneş enerjisi potansiyelinden faydalanmayı esas alan kurutma yatakları teknolojisinin geliştirilmesi ve bu sistemdeki alan gereksiniminin azaltılması ileride kurulacak olan arıtma tesislerinde çamur susuzlaştırma için önemli bir alternatif olacaktır. Bu verilerden hareketle çalışmada kullanılan pilot tesis tasarımında; güneş enerjisinden yararlanarak kurutma maliyetlerinin azaltılması, çamur şartlandırmada kullanılan kimyasal miktarının azaltılması, kurutma sırasında dış ortam şartlarının etkilerinin en aza indirilmesi, oluşturulan hacimde vektör, koku ve uçucu bileşiklerin kontrolünün sağlanması, taşınabilir, depolanabilir ve farklı amaçlarla kullanılacak ürün eldesi, istenildiğinde bir kompost tesisine de dönüştürülebilir ve özel durumlarda geçici depolamanın da gerçekleştirilebileceği bir hacim oluşturulması, sistemdeki ısının korunması ve ilave enerji kaynağı kullanımını mümkün kılan bir yaklaşım hedeflenmiştir.

2. DENEYSEL ÇALIŞMALAR

Çalışma için Bursa Su ve Kanalizasyon İdaresi (BUSKİ) Dođu Atıksu Arıtma Tesislerinde sızdırmaz, beton tabanlı, kapalı çamur kurutma yatağı pilot tesisi 2m.x 5m. ölçülerinde inşa edilmiştir. Üzeri 8 mm. kalınlıkta, %90 ışık geçirimsizliği olan tek hava bölmeli şeffaf polikarbonat örtü ile örtülmüştür. Beton zemin altına 16-48 mm. çaplı dere çakılı ile 50 cm. kalınlığında dolgu yatak teşkil edilmiştir. İç ortamda oluşan sıcak ve nemli hava, tabandaki dolgu yatağa fanlar aracılığıyla gönderilerek kapalı bir döngü oluşması sağlanmıştır. Taban ısıtma sistemi iki adet düz yüzeyli güneş kolektörüne bağlanmıştır. Açık sistem için tasarlanan kurutma yatağı da aynı ölçülere sahiptir. Ancak açık sistemde taban ısıtma ve dolgu yatak teşkil edilmemiştir. Şekil 1'de pilot tesisin şeması görülmektedir. Dış ve iç ortam verileri Onset Computer H21-001 HOBO meteoroloji istasyonu ile ölçülerek saatlik ortalamalar olarak veri derleyiciye kaydedilmiştir. BUSKİ atıksu laboratuvarlarında Standart Metotlara [9] göre toplam KM, uçucu KM ve sabit KM, pH deneyleri yapılmıştır. Analizlerde WTW320 pH metre, SHIMADZU hassas terazi, TOLKİM 2004 saf su cihazı, NUVE FN 500 etüv kullanılmıştır. Fekal koliform analizleri Standart Metotlar kitabında belirtilen En Muhtemel Sayı (MPN) yöntemine göre haftada 2 kez yapılmıştır. Dış ve iç ortam verileri Onset Computer H21-001 HOBO meteoroloji istasyonu ile ölçülerek saatlik ortalamalar olarak veri derleyiciye kaydedilmiştir. BUSKİ atıksu laboratuvarlarında Standart Metotlara [9] göre toplam KM, uçucu KM, sabit KM ve pH deneyleri yapılmıştır. Analizlerde WTW320 pH metre, SHIMADZU hassas terazi, TOLKİM 2004 saf su cihazı, NUVE FN 500

etüv kullanılmıştır. Fekal koliform analizleri Standart Metotlar kitabında belirtilen En Muhtemel Sayı (MPN) yöntemine göre haftada iki kez yapılmıştır.



Çizelge 1’de çalışmalar sırasında kullanılan çamurun genel özellikleri görülmektedir.

Çizelge 1. Çamurun Özellikleri

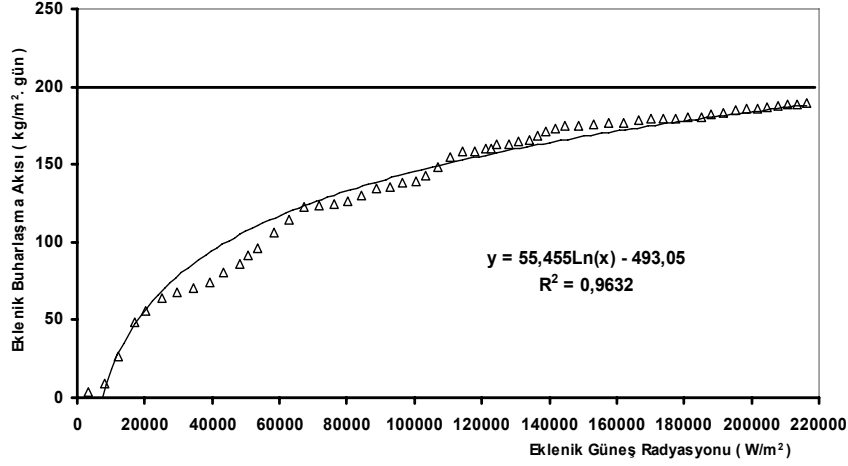
Parametre	Ortalama ± Standart Sapma
pH	7.6 ± 0.8
Toplam Katı Madde (TKM)	% 20.6 ± 1.8
Uçucu Katı Madde (UKM)	% 60.4 ± 2.1
Toplam Organik Karbon mg/kg	169 ± 23
Toplam Azot	% 5.38 ± 2.13
Toplam Fosfor	% 2.7 ± 0.6
Arsenik (As), mg/kg	44.9 ± 5.7
Kadmiyum (Cd), mg/kg	1.3 ± 0.4
Krom(Cr), mg/kg	321 ± 15
Bakır (Cu), mg/kg	388 ± 18
Demir(Fe), mg/kg	10375 ± 675
Mangan (Mn), mg/kg	165 ± 8
Nikel (Ni), mg/kg	128 ± 12
Kurşun (Pb), mg/kg	29.2 ± 3.6
Çinko (Zn), mg/kg	541 ± 73

A sınıfı çamur kalitesine daha kısa sürede ulaşabilmek amacıyla 0,15 kg CaO/ kg KM oranında kullanılan sönmemiş kireç değeri laboratuvar denemeleri sonunda EPA’nın tariflediği

gibi [10,11] en az 2 saat pH 12 ve üzeri, 22 saat boyunca da pH 11.5'nin altına inmeyecek şekilde belirlenmiştir [12,13].

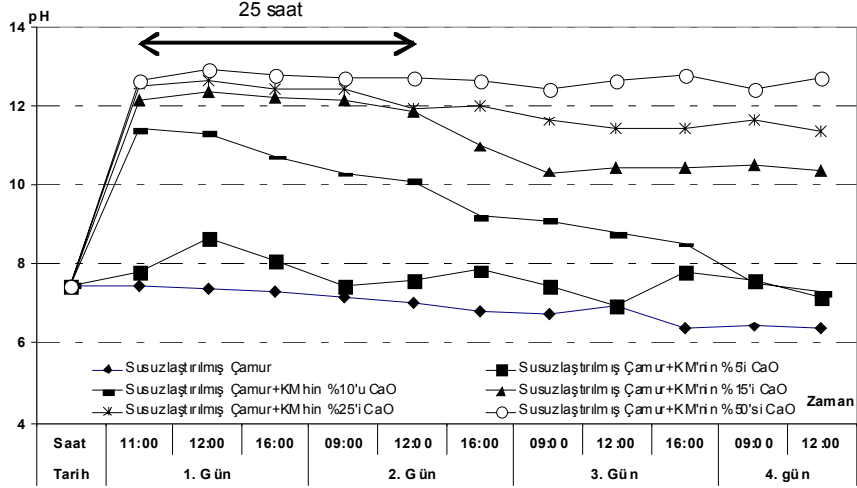
3. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Tesise serilen çamurun kuruma hızını hesaplamak ve daha sonra tasarlanacak tesisler için altyapı oluşturmak amacıyla eklenik güneş radyasyonu ve eklenik buharlaşma akısı arasındaki ilişki Şekil 2'de ortaya konulmuştur. Burada; birim alandan bir günde meydana gelen eklenik buharlaşmayı hesap etmek için ilgili bölgeye düşen eklenik güneş radyasyonu değerlerini girmek yeterlidir. Çalışma sonuçları, katı madde ile eklenik güneş radyasyonu arasında; %20 KM'den %35 KM'ye ulaşabilmek için $45 \pm 3 \text{ kW/m}^2$ güneş radyasyonuna ihtiyaç duyulduğunu ortaya koymuştur [12,13,14].



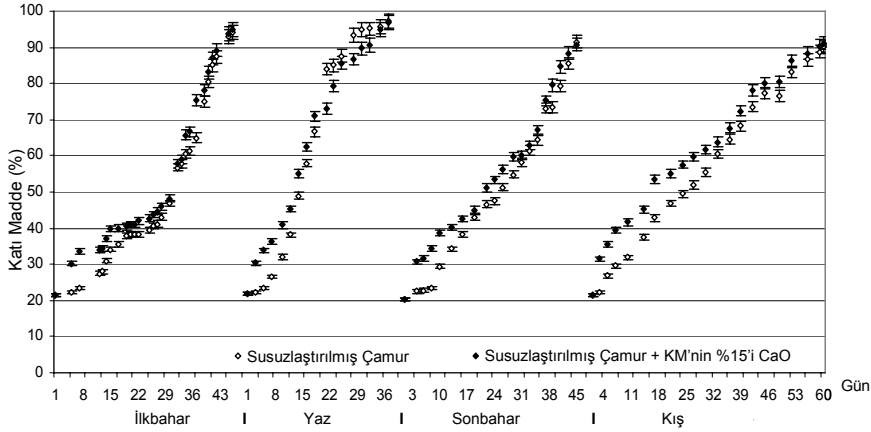
Şekil 2. Eklenik Güneş Radyasyonu ve Eklenik Buharlaşma Akısı Arasındaki İlişki

USEPA tarafından belirlenen A sınıfı çamur özelliklerine göre çamurda fekal koliform yoğunluğu 1000 Koloni Oluşturan Birim (CFU) / g. KM olmalıdır. Bu değerin dışında yine USEPA tarafından belirlenen kriterlere göre çamurun sadece kireçleme ile kullanımı veya bertarafı için pH 12 üzerinde 72 saat kalması gerekmektedir [11]. Vektör çekimini azaltmak amacıyla ise alkali stabilizasyon işlemi uygulanan çamurlarda pH'nın 2 saat boyunca 12'nin, 22 saat boyunca 11,5'in altına inmemesi gerekmektedir [15]. Bu şartı sağlayan en düşük kireç miktarı Şekil 3'te görülmektedir [12,16].



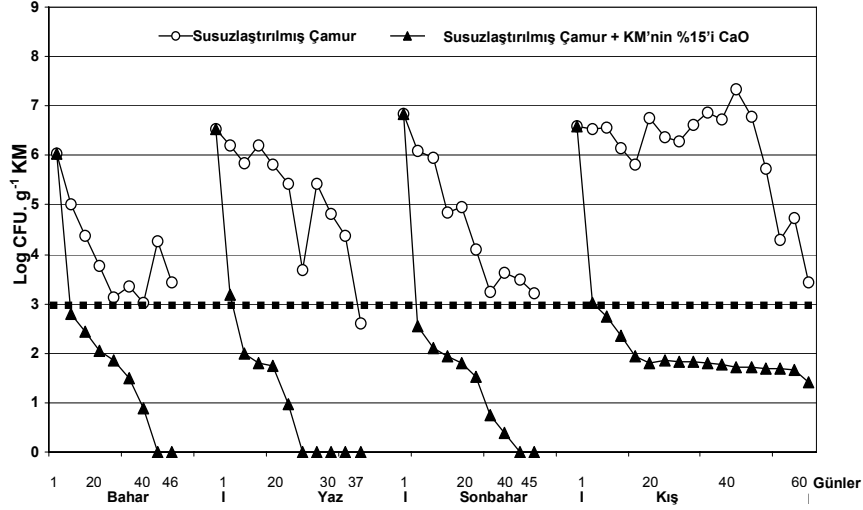
Şekil 3. Çamura Farklı Miktarlarda Kireç Uygulamalarının pH Değişimine Etkisi

USEPA'nın pH sınırlamasını sağlayan 0,15 kg CaO/kg KM değerinin bulunmasının ardından katılan kireç miktarının kuruma hızına olan etkisi incelenmiştir. Şekil 4'te görüldüğü gibi bu miktardaki kireç ilavesinin çamur kuruma hızına etkisinin $p < 0,05$ için kayda değer olmadığı belirlenmiştir.



Şekil 4. Kireç İlavesinin Çamur Kuruma Hızına Etkisi

Farklı mevsimlerde patojen mikroorganizma giderimine ilişkin yapılan denemelerde kireç ilavesinin etkisi Şekil 5'te gösterilmektedir. Kireç ilave edilmeyen çamurlarda USEPA tarafından fekal koliform için verilen 10^3 CFU/g. KM değerine indiği ancak yeniden üreme sonucu bu değer üzerinde çıktığı belirlenmiştir. Sınırlı kireçleme yapılan çamurlarda ise kış mevsimi hariç tüm mevsimlerde fekal koliform konsantrasyonunun sıfıra indiği ve yeniden üremenin gerçekleşmediği gözlenmiştir.



Şekil 5. Kireç İlavesinin Fekal Koliform Giderim Hızına Etkisi

Çalışmada aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

- Sınırlı kireçleme uygulanan ve özel tasarlanmış kapalı kurutma yataklarında kurutulan çamurların, USEPA tarafından patojen giderimi ve vektör çekimini azaltmak amacıyla belirlenen sınır değerlere ulaşılmıştır.
- Sınırlı kireç ilavesinin kapalı kurutma yataklarında kurutma sırasında kuruma hızını kayda değer ölçüde etkilemediği belirlenmiştir.
- Güneşle çamur kurutma ısıl kurutmanın gerçekleştiği 80-140 °C'den farklı olarak 20-50 °C aralığında gerçekleştiği için organik madde ve nutrient kaybının daha düşük olması beklenmektedir.

Sınırlı kireç ilavesi ve kapalı kurutma yataklarında kurutma prosesinin özellikle ülkemizde yüksek güneşlenme süreleri ve sıcaklık değerleri sebebiyle çamur bertarafında önemli bir yaklaşım olarak değerlendirilmesi gerekmektedir.

Acknowledgement / Teşekkür

Bu araştırma Bursa Su ve Kanalizasyon İdaresi (BUSKİ) tarafından desteklenmiştir. Çalışmalarda verdikleri destekten dolayı Öğr. Gör. Dr. Güray SALİHOĞLU, Çevre Müh. Nurcan AYDOĐDU ve Çevre Yük. Müh. Bülent BİRDEN'e teşekkür ederim.

REFERENCES / KAYNAKLAR

- [1] Avrupa Konseyi Yönergesi (91/271/EEC), (1991). Kentsel Atıksu Arıtımı Konsey Direktifi, 21 Mayıs 1991.
- [2] EEA (2001) European Environment Agency Regular Indicator Report, EEA, Available from: <http://reports.eea.europa.eu/signals-2001/en/signals2001> [accessed August 20, 2009].

- [3] USEPA, 1999. Biosolids Generation, Use, and Disposal in The United States, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Wastewater Management, EPA530-R-99-009.
- [4] TÜİK (2005) Türkiye İstatistik Kurumu, Belediye atıksu İstatistikleri 2004, Available from: www.tuik.gov.tr/TURKISH/SONIST/CEVRE/atik_su/k_291205.xls [accessed August 18, 2009].
- [5] Chai, L. H., Statistical dynamic features of sludge drying systems, *International J. Therm. Sci.*, 40, 8, pp. 802-811, 2007.
- [6] Luboschik, U., Solar sludge drying-based on the IST process, *Renewable Energy*, 16, 785-8, 1999.
- [7] Haralambopoulos, D.A., Biskos, G., Halvadakis, C., Lekkas, T.D., Dewatering of wastewater sludge through a solar still. *Renewable Energy*, 26, 247-56, 2002.
- [8] Bux, M., Baumann, R., Quadt, S., Pinnekamp, J., Mühlbauer, W., Volume Reduction And Biological Stabilization Of Sludge In Small Sewage Plants By Solar Drying. *Drying Technology*, Taylor&Francis, Philadelphia, p. 829-837, 2002.
- [9] APHA, AWWA, WEF, 1998. Standard methods for the examination of water and wastewater, 20th Ed., Washington D.C.
- [10] USEPA, 1995. A Guide to the Biosolids Risk Assessment for the EPA Part 503 Rule, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Wastewater Management, EPA832-B-93-005.
- [11] USEPA (2001) Sewage Sludge (Biosolids) 503 Standards <http://yosemite.epa.gov/r10/water.nsf/NPDES+Permits/Sewage+S825>. [accessed July 10, 2009].
- [12] Salihoğlu, N.K., Atıksu arıtma çamurlarının susuzlaştırılması ve stabilizasyonunda kapalı kurutma yataklarının kullanımı, Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2007.
- [13] Salihoğlu, N.K., Pınarlı, V., Salihoğlu, G., Solar drying in sludge management in Turkey, *Renewable Energy*, 32, pp 1661-1675, 2007.
- [14] Salihoğlu, N.K., Pınarlı, V., Atıksu arıtma çamurlarının kapalı yataklarda güneş enerjisiyle kurutulması, *itüdergisi/e, Su Kirlenmesi Kontrolü*, Cilt:17, Sayı:1, 3-14, Mart 2007.
- [15] USEPA, 2003. Control of Patogens and Vector Attraction in Sewage Sludge, US Environmental Protection Agency, Office of Res.Dev. Nat. Risk Mana.res. Lab.Cen. for Env. Res. Inf. EPA/625-R-92-013.
- [16] Salihoğlu, N. K., Salihoglu, G., Pınarlı, V., Solar Drying of Dewatered Sewage Sludge ECSM'08, European Conference on Sludge Management, Liege, Belgium, 1-2 September 2008.