

Evsel Atıksu Arıtma Çamurlarının Termal Kurutma-Yakma Prosesi ile Uzaklaştırılmasında Arıtma Verimi-Enerji İlişkisinin İncelenmesi

Şahset İRDEMEZ¹, Alper Erdem YILMAZ¹, Eyüp ANLATICI²

ÖZET: Bu çalışmada, bir evsel atıksu arıtma tesisinin ham su kirlilik yükü parametrelerine göre tesis arıtma verimine bağlı olarak arıtma çamuru termal kurutma-yakma tesisinin biyokatu bertaraf verimi ve biyokatının yakılması ile açığa çıkacak enerji verimliliği incelenmiştir. Gaziantep Merkez Atıksu Arıtma Tesisi'nde bulunan tesise giren çamurun özellikleri, arıtma tesisinin verimliliği, giriş parametreleri, üretilen biyokatu ve buna bağlı olarak açığa çıkan kül miktarları tesisin faaliyete geçtiği günden beri incelenmiştir. Bu veriler ışığında tesisin ekonomik getirisi ve potansiyel enerji verimliliği incelenmiştir. Çamur kurutma ve yakma tesisinde ortalama %88 bertaraf verimi sağlandığı gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Arıtma çamuru, enerji verimliliği, kurutma-yakma tesisi.



Domestic Wastewater Treatment Sludge Disposal with The Combustion Process of The Thermal Drying- incineration Efficiency Investigation of The Relationship Between Energy

In this study, a municipal wastewater treatment plant raw water pollution load parameters established according to the treatment efficiency depending on Sewage Sludge Thermal Drying Incineration Plant biosolid disposal efficiency and biosolid by the combustion will be exposed energy efficiency has been examined. Gaziantep Central Wastewater Treatment Plant located in entering the plant sludge characteristics, treatment plant efficiency parameters input, produced biosolid and consequently released amounts of ash facility began operations since the day examined these data in light of the facility's economic benefits and the potential energy efficiency were investigated. Drying and Incineration sludge disposal in yields of 88% in average was observed.

Keywords: Activated sludge, drying and incineration plant, energy efficiency.

¹ Atatürk Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Çevre Mühendisliği Bölümü, Erzurum, Türkiye

² Gaziantep Büyükşehir Belediyesi, GASKİ, Gaziantep, Türkiye

Sorumlu yazar/Corresponding Author: Şahset İRDEMEZ, sirdemez@atauni.edu.tr

GİRİŞ

Atıksu arıtma tesislerinden her yıl büyük miktarlarda atık çamur çıkmaktadır. Atık çamurlar patojen ve zehirli maddeler barındırdığından ötürü çamurun ortadan kaldırma veya işlenmesi mühendisler için karışık bir çevre problemi olmaktadır (Spinoza and Vesilind, 2000). Buna rağmen, çamurun pek çok proste önemli bir enerji geri dönüşüm potansiyeli vardır. Bunlardan bazıları anaerobik sindirim, çamurdan üretilen biyo-yakıtlar, mikrobik yakıt hücrelerinden elde edilen elektrik, kömürle çalışan santrallerde çamurun destekleyici yakılması ve sindirilmiş veya sindirilmemiş çamurun enerji geri dönüşümü için yakılmasıdır. Çamurun yakılmasından önce uygulanan termal kurutma işlemi, çamurun ısınma değerini artırmak ve su miktarını azaltmak için uygulanmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, evsel atıksu arıtma tesislerinin işletilmeleri sırasındaki en büyük gider kısmı olan enerji tüketiminin, proste uygulanacak geri kazanım prosesleri ile minimuma indirilmesi için yapılmış bir uygulamayı bilimsel açıdan ele almak, sonuçlarını görmek, incelemek ve gelecekte yapılacak olan atıksu arıtma tesislerine ışık tutmaktır.

Çamur bertaraf etme işlemleri arıtma tesisinin toplam yatırım masrafının %20-30'unu, işletme masrafının ise %50-70'ini oluşturmaktadır. Arıtılan suyun niteliğine ve uygulanan arıtma işlemlerine bağlı olarak arıtma çamurlarının özellikleri değişmektedir. Atıksu arıtma tesislerinde oluşan çamur, stabilizasyon işlemlerinden önce % 50-70 C, % 6.5-7.3 H, %21-24 O, %15-18 N, % 1-1.5 P ve % 0-2.4 S içermektedir (Filibeli, 1997).

Çamurun katı madde içeriği olduğu arıtma kademesine göre değişim göstermektedir. Örneğin; ön çökeltim havuzunda oluşan çamur genellikle % 3-5, son çökeltim havuzunda oluşan çamur % 0.5-2, yoğunlaştırıcı çıkışı yoğun çamur %5-10 katı madde içermektedir (Filibeli, 1996).

Çamurun ısı değeri, çamurun tipine ve içeriğindeki uçucu katı madde muhtevasına bağlıdır. Arıtılmamış ön çökeltim çamurunun ısı değeri, özellikle önemli miktarda yağ ve gres içeriyorsa çok yüksektir. Çürümüş çamur ham çamurdan daha düşük

ısı değere sahiptir. Çamurun ısı değeri bazı düşük kaliteli kömürlerin ısı değerine (7 700 cal g⁻¹ kuru madde) eşdeğerdir. Ortalama olarak ham ön çökeltim çamurunun ısı değeri 6100 cal g⁻¹, aktif çamurun 5 000 cal g⁻¹ ve anaerobik çürümüş çamurun 2 750-3 000 cal g⁻¹ kadardır (Filibeli, 1997). Çamurun nihai bertaraf edilmesi için termal işlemler uygulanacaksa mümkün olduğunca çamurun suyu alınarak ısı değeri artırılmalıdır.

Bazı çalışmalarda yeni metotlara göre fiziksel mekanizmaları analiz etmek üzere istatistiksel dinamik bir yapı önerisinde bulunulmuştur (Chai, 2007). Yapılan bir çalışmada ise özellikle kurutma kinetikleri üzerinden ısı transferi ve karıştırma için gerekli mekanik tork miktarına göre deneysel bir düzenek dizayn edilmiştir (Ferrasse et al., 2002). Başka bir çalışmada sudan arındırılmış çamur küspelerinin geleneksel kullanılan kurutma metotları ve ekipmanları ile ilgili (sıcak gazla kurutma, sıvı yataklı kurutma, pnömatik konveyör kurutma ve buharla kurutma) bir çalışma gösterilmiştir (Kasakura et al., 1993). Bir diğer çalışmada atık çamurun döngü oluşumu için kurutan termal kurutma prosesi sunulmuştur (Peregrina et al., 2006). Literatürde de görüldüğü üzere, çamur kurutma prosesi ile alakalı sunulan makaleler çoğunlukla bir genel bakış sunmakta ve ekonomik optimizasyon üzerine ilgi barındırmamaktadır.

MATERYAL VE METOT

Bu çalışmada, Gaziantep Merkez Atıksu Arıtma Tesisinden günlük olarak çıkan arıtma çamurlarının (biyokatı), termal kurutma ve yakma tesisinde yakılarak bertaraf edilmesi ve enerji eldesi verimliliği incelenmiştir. GASKİ Merkez Atıksu Arıtma Tesisi Gaziantep şehrinin evsel nitelikli atıksularının arıtılması amacı ile 1 000 000 eşdeğer nüfusa karşılık gelen 200 000 m³ gün⁻¹ kapasiteye göre projelendirilmiş ve 1999 yılında işletmeye alınmıştır. Tesis fiziksel arıtma, biyolojik arıtma ile çamur şartlandırma hattındaki çamur yoğunlaştırma, çamur yüzdürme (DAF), çamur çürütme ve çamur susuzlaştırma ünitelerini kapsamaktadır. Tesisin havalandırma kısmı konvansiyonel tam karışimli aktif çamur prensibine göre dizayn edilmiştir. Ham atıksu ortalama kirlilik parametre değerleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Arıtma tesisine gelen ham atıksu ortalama kirlilik miktarları

Parametre	Konsantrasyon (mg L ⁻¹)
Biyokimyasal oksijen ihtiyacı, BOI ₅	400
Kimyasal oksijen ihtiyacı, KOI	780
Askıda katı madde, AKM	450

Sacıı deresine deşarj edilen arıtılmış su parametre değerleri aşağıdaki tablodan da görüleceği gibi S.K.K.Y.(Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği) deşarj standartlarını sağlar niteliktedir.

Çizelge 2. Arıtma tesisi giriş ve çıkış konsantrasyonları ve standartları(S.K.K.Y, 2004)

Parametre	Birim	Atıksu Giriş	Arıtılmış Su Deşarj	Deşarj Standartları	
				Kompozit Numune (2 Saatlik)	Kompozit Numune (24 Saatlik)
BOI ₅	mg L ⁻¹	400	24	40	35
KOI	mg L ⁻¹	780	81	120	90
AKM	mg L ⁻¹	450	20	40	25
pH	-	7.32	7.6	6-9	6-9

BULGULAR ve TARTIşMA

Arıtma Tesisi Katı Atık Miktarları

Tesise gelen atıksuların içerdiği kirlilik parametreleri kiş ve yaz ayları için analiz edilerek belirlenmiştir. Bu çalışmada bölgenin en soğuk ve en

sıcak ayları pilot aylar olarak dikkate alınmıştır. En soğuk kiş ayı (Ocak 2013) ve en sıcak yaz ayı (Temmuz 2013) tesis giriş parametre değerlerinin ay boyunca alınan değerlere göre ortalaması alınarak bulunan ortalama kirlilik konsantrasyonları ve günlük kirlilik yükleri izelge 3’de verilmiştir.

Çizelge 3. Ocak 2013 ve Temmuz 2013 ayları tesis giriş konsantrasyonları ve yük miktarları

Dönem	Tesis Giriş Değerleri							
	Debi m ³ gün ⁻¹	pH	AKM		KOİ		BOİ ₅	
			mg L ⁻¹	kg gün ⁻¹	mg L ⁻¹	kg gün ⁻¹	mg L ⁻¹	kg gün ⁻¹
2013 (Ocak)	273 337	7.42	345	94 318	757	206 907	424	115 911
2013 (Temmuz)	310 304	7.56	404	125 509	755	235 012	415	129 416

Kiş ve yaz döneminde Gaziantep Merkez Atıksu Arıtma Tesisi’ne gelen kirlilik yüklerine göre günlük olarak sistemden çekilerek çamur rtme tanklarına

beslenen çamurun miktarları ve içeriği izelge 4’de verilmiştir.

Çizelge 4. Ocak 2013 ve Temmuz 2013 tarihlerinde çamur çürütme tanklarına gelen günlük ortalama çamur miktarları ve içeriği

Dönem	Çürütme Tanklarına Beslenen Çamur Miktarları			
	Çamur Debisi m ³ gün ⁻¹	Çamurun KOİ Miktarı gr L ⁻¹	Çamurun TKM İçeriği TKM gr L ⁻¹	Çamurun Organik madde İçeriği VSS gr L ⁻¹
2013 (Ocak)	1 405	66.2	49.7	35.8
2013 (Temmuz)	1 720	67.4	48.3	32.6

Çamur çürütme tanklarından günlük olarak çekilen çamur miktarı, çamur susuzlaştırma ünitesindeki dekantörler ile %27 kuru madde içeriğinde çıkartılan çamur miktarları ve

içerikleri Çizelge 5’de verilmiştir. Çamur çürütme tanklarındaki anaerobik proses sonucunda toplam katı madde(TKM) ve organik madde miktarlarında azalma olduğu görülmektedir.

Çizelge 5. Ocak 2013 ve Temmuz 2013 dönemlerinde çamur çürütme tanklarından ortalama günlük olarak çekilen çamurun miktarları ve içeriği

Dönem	Çürütme tanklarından çekilen çamur miktarları			
	Çamur debisi m ³ gün ⁻¹	Çamurun KOİ miktarı gr L ⁻¹	Çamurun TKM içeriği gr L ⁻¹	Toplam organik madde içeriği VSS gr L ⁻¹
2013 (Ocak)	1 372	35.7	39.2	24.7
2013 (Temmuz)	1 685	38.3	37.6	21.1

Çamur çürütme tanklarından çekilen ve içerisinde yaklaşık %96 oranında su ve %58-60 oranında organik madde ihtiva eden çürütülmüş çamurların, çamur

susuzlaştırma ünitesinde %27 kuru madde ihtiva edecek şekilde su muhtevasının azaltılması ile oluşan günlük biyokatı miktarları Çizelge 6’da verilmiştir.

Çizelge 6. Ocak 2013 ve Temmuz 2013 dönemleri için çamur susuzlaştırma ünitesinde oluşturulan %27 kuru madde içerikli ortalama biyokatı miktarları

Dönem	%27 Kuru madde içerikli oluşan günlük biyokatı miktarları		
	Çamur debisi (m ³ gün ⁻¹)	Çamurun TKM içeriği (gr L ⁻¹)	Oluşan biyokatı miktarları (ton gün ⁻¹)
2013 (Ocak)	1 372	39.2	199
2013 (Temmuz)	1 685	37.6	239

Tablo 5’den de görüleceği üzere kış aylarından yaz aylarına doğru gelindiğinde tesis ham su debisindeki artışlardan dolayı sistemden uzaklaştırılan günlük çamur miktarlarında da önemli artışlar olmuştur. %27 kuru madde ihtiva eden biyokatının günlük oluşum miktarında kış aylarına göre artan atıksu debisine bağlı olarak yaklaşık %20’lik bir artış olmuştur. Bunun yanı sıra günlük olarak çamur çürütücülerden çekilerek %27 kuru madde oranına susuzlaştırılmış

olan biyokatının içermekte olduğu organik madde miktarının kış mevsimine göre, yaz mevsiminde daha düşük olduğu görülmektedir. Anaerobik çürütücüler çıkışında organik madde içeriğinin kış aylarında yüksek olmasının sebebi ise tamamen çürütücü reaktörlerdeki çamurun ısısı ile ilgilidir. Zira kış aylarında havalarında soğuk olmasının etkisiyle geniş yüzey alanına sahip anaerobik çürütücülerin içerisindeki çamur ısısının metan bakterilerinin

metabolik faaliyetleri için gerekli olan mezofilik proses değerlerine getirilememesi (33–36°C) çekilen çamurdaki organik madde miktarının %63 civarında olmasına sebep olmaktadır. Hâlbuki yaz aylarında havaların ısınması sebebiyle, anaerobik çürütücüler içerisindeki çamurun ısısının, dışarıdaki sıcak ortam sebebiyle kaybolmamasına sebep olmaktadır. Yaz aylarında çamur çürütücülerden çekilen çamurun organik madde yüzdesi ortalama %55'dir. Ayrıca kış aylarında çamur çürütücülerdeki organik madde giderim verimi %32.6 iken, bu oran yaz aylarında %36.6 seviyelerinde gerçekleşmiştir.

Anaerobik proses sonucu çürütülerek belirli oranda hacmi azalan çamurun, %27 kuru madde içeriğinde susuzlaştırılarak büyük bir kısmının bertaraf edilebilmesi için termal çamur kurutma ve yakma ünitesi mevcuttur. Ünitenin kapasitesi 180 ton gün⁻¹ olup, %27 kuru madde içerikli arıtma çamurlarının termal olarak kurutulup %40 kuru madde içeren yapıya dönüştürüldükten sonra, akışkan yatak prensibine göre çalışmakta olan kazanda yakılması esasına dayanmaktadır.

Akışkan yataklı kazandaki yanma verimi tamamen %40 kuru madde içerikli olarak beslenen çamurun organik içeriği ile ilgilidir. Özellikle yaz aylarında gerek arıtma tesisine gelen ham suyun sıcaklığının kış aylarına göre yüksek olması (yaklaşık 30°C) sebebiyle organik madde içeriğinin toplam katıya göre %67.5 civarında kalması, gerekse de anaerobik çamur çürütme tanklarında istenilen proses ısı değerlerinde (33-36°C) olumsuzluk yaşanmadığından yüksek organik madde giderim yüzdeleriyle (%36.6) çalışılması sebebiyle, yakma ünitesine beslenen çamurun organik içeriği kış aylarına göre %17 daha az olmaktadır. Bu durumda yakma kazanına beslenen ilave yakıt miktarında artış olmaktadır.

Merkez Atıksu Arıtma Tesisi Arıtma Çamuru Termal Kurutma ve Yakma Ünitesi Çamur Bertarafı İçin Enerji Hesapları

Çizelge 6'dan da görüleceği üzere kış aylarında ortalama susuzlaştırılan çamur miktarı 199 ton gün⁻¹ iken, bu miktarda yaz aylarında ortalama 239 ton gün⁻¹'dir. Bu çamurların kuru madde içeriği ise % 27'dir. Çamur kurutma sisteminin 180 ton gün⁻¹ kapasiteli olmasından dolayı yaz aylarında günlük ortalama

239-180=59 ton gün⁻¹ arıtma çamurları düzenli çöp deponi alanına sevk edilmektedir. İlave yakıt olarak kullanılan 2 750-3 200 kcal kg⁻¹ enerjili kömürden günde 4 ton kullanılmaktadır.

Kış aylarında sisteme beslenen atmosferik havanın yaz aylarına göre daha düşük sıcaklıkta olmasından dolayı, akışkan yataklı kazandaki ortam ısısının sağlanabilmesi için ilave yakıt tüketimi yaz aylarına göre ortalama %50 daha fazladır. Bu durumda 180 ton gün⁻¹ biyokattının akışkan yataklı kazanda ilave yakıt kullanılarak yakılması ile oluşan günlük kül miktarları Çizelge 7'de verilmiştir.

Çizelge 7. Ocak 2013 ve Temmuz 2013 aylarında oluşan kül oranları ve miktarları

Dönem	Kül (%)	Kül miktarı ton gün ⁻¹
2013 Ocak	37	19.4
2013 Temmuz	44	22.5

Kış ve yaz aylarında termal kurutma ve yakma ünitesi atık ısısından enerji üretiminin incelenmesi

Kış aylarında arıtma tesisi susuzlaştırma ünitesinden çıkan biyokattının kalorifik değeri ortalama 2 833 kcal kg⁻¹, yaz aylarında ise ortalama 2 175 kcal kg⁻¹ civarında bulunmuştur. Aradaki bu fark tamamıyla anaerobik çamur çürütücülerin kış aylarında istenilen proses ısısında çalıştırılmamasından dolayı çamurun parçalanmamış organik madde içeriğinin yüksek, kül oranının ise düşük olmasından kaynaklı bir durumdur.

Termal kurutucunun işlevi akışkan yataklı çamur yakma kazanında ısıtılarak kapalı devre sirkülasyonu sağlanan 22 ton ısı transfer yağının bünyesindeki ısıyı, kurutucu iç yüzeyine serilen %27 kuru madde içerikli çamura aktarması ile sağlanmaktadır. Kurutucuya iletilen yağın giriş sıcaklığı ortalama 220 °C, çıkış sıcaklığı ise ortalama 205 °C'dir.

Kurutucu Ünitesi her biri 3 m boyunda ve 1.2 m çapında 4 modülden oluştuğu için her bir modülden geçen yağın kütleli debisi % 60 yağ pompası verimi için hem yaz hem de kış ayları için aşağıdaki şekilde hesaplanabilir;

$$Q_{\text{yağ}} = 2 * 240 \text{ m}^3 \text{ saat}^{-1} * 0.60 * \frac{0.70 \text{ kg yağ}}{1 \text{ m}^3 \text{ yağ}} = \frac{250\,560 \text{ kg saat}^{-1}}{4 \text{ modül}}$$

$$= 62\,640 \text{ kg saat}^{-1} \text{ modül}^{-1}$$

Termal kurutucu içerisinde hareket eden suyun ortalama sıcaklığı;

$$T_{\text{ort}} = \frac{T_1 + T_2}{2} = \frac{20 \text{ }^\circ\text{C} + 60 \text{ }^\circ\text{C}}{2} = 40 \text{ }^\circ\text{C}$$

Yine hem kış hem de yaz ayları için 180 ton gün⁻¹ %27 KM içerikli çamurun, %40 KM kuruluk oranına çir-

kartılabilmesi için kurutucu içerisinde günlük olarak buhar şeklinde uzaklaştırılması gereken su için gerekli enerji;

$$Q_1 = M_{\text{su}} + h_{fg} = (59.5 + 1\,000 + 24) \text{ kg H}_2\text{O saat}^{-1} * 2\,406 \text{ kJ kg}^{-1} + \frac{1 \text{ kcal}}{4.1868 \text{ kJ}}$$

$$= 1\,400\,742 \text{ kcal saat}^{-1}$$

olarak hesaplanabilir. 40°C suyun buharlaşması için entalpi değeri=2406 kJoule kg⁻¹

çelik malzemenin ise W=17 W m⁻² °K⁻¹'dir. Karbon ve paslanmaz çelik iki ayrı yüzeyden geçerek çamura yapılacak olan ısı transferi sırasında levha yüzey dirençleri sebebiyle gerekli olan enerji miktarları hem kış hem de yaz ayları için;

Kurutucu iç yüzeyinde çift cidarlı çelik levhalar kullanılmıştır. Kullanılan karbon çelik malzemenin ısı iletkenlik katayısı, W=33 W m⁻² °K⁻¹, paslanmaz

$$Q_{\text{karbonçelik}} = U * A * \Delta T$$

$$= 33 \text{ W m}^{-2} \text{ }^\circ\text{K}^{-1} * 41.45 \text{ m}^2 * (220 - 205) \text{ }^\circ\text{C} + 0.06 \text{ kcal W}^{-1} \text{ saat}^{-1}$$

$$= 17\,645 \text{ kcal saat}^{-1}$$

$$Q_{\text{pas.çelik}} = U * A * \Delta T =$$

$$17 \text{ W m}^{-2} \text{ }^\circ\text{K}^{-1} * 41.45 \text{ m}^2 * (220 - 205) \text{ }^\circ\text{C} * 0.06 \text{ kcal W}^{-1} \text{ saat}^{-1} =$$

$$9\,090 \text{ kcal saat}^{-1}$$

olarak hesaplanır.

Termal kurutucuda tüketilecek saatlik enerji miktarı toplamı hem yaz hem de kış ayları için aynıdır

ve aşağıdaki şekilde hesaplanır;

$$Q_{\text{tüketilen}} = 1\,400\,742 \text{ kcal saat}^{-1} + 17\,645 \text{ kcal saat}^{-1} + 9\,090 \text{ kcal saat}^{-1}$$

$$= 1\,427\,486 \text{ kcal saat}^{-1}$$

Mevcut işletme şartlarında termal kurutucu etrafında dolaşan ısı transfer yağından, kurutucu içerisine transfer edilen saatlik enerji miktarı hem yaz hem de kış ayları için;

$$T_{\text{ort}} = \frac{220 + 205}{2} = 212.5 \text{ }^\circ\text{C}$$

212,5 °C'da ısı transfer yağının özgül ısı değeri, C_p=0.616 kcal kg⁻¹ °C⁻¹

$$Q_{\text{tuk.}} = m_{\text{yağ}} * C_p * \Delta T$$

$$= 250\,560 \text{ kcal saat}^{-1} + 0.616 \text{ kcal kg}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1} * (220 - -205) \text{ }^\circ\text{C} = 2\,315\,174 \text{ kcal saat}^{-1}$$

Bu durumda termal kurutucu ısı transfer yağında ısı transfer yağından oluşan atık ısı enerji miktarı;

$$Q_{\text{atık ısı}} = 2\,315\,174 \text{ kcal saat}^{-1} - 1\,427\,486 \text{ kcal saat}^{-1} = 887\,688 \text{ kcal saat}^{-1}$$

olarak hesaplanabilir. Termal ısı transfer yağındaki 887 688 kcal saat^{-1} atık ısı soğutma kuleleri ile bertaraf edilmektedir.

Termal kurutucu çıkışında %40 KM içeriğine ulaşan 121.5 ton gün^{-1} biyokatı pompalar ile akışkan yataklı kazana beslenmektedir. Beslenen biyokatının kalorifik değeri (üst ısı değer) 2 833 kcal kg^{-1} 'dir. Kazana ilave yakıt olarak kalorifik değeri 2 750 kcal kg^{-1} olan ince tanecikli kömür beslemesi yapılmaktadır. Akışkan yataklı kazandaki yanma işlemi sonrasında açığa çıkan ısının bir bölümü kazan çıkışına seri bağlı olarak çalışan ekonomizer ünitesinden geçirilmektedir. Ekonomizere beslenen 550°C sıcaklıktaki hava ve gaz karışımı, ters akım prensibine göre beslenen ortalama

5°C atmosferik hava ile çakıştırılmakta ve buradan akışkan yataklı kazanın sıcak hava odasına 450 °C ile beslenmektedir. Bu sayede yanma odasındaki ve kum yatağındaki sıcaklığın azalması engellenmektedir. Ekonomizer sonrası ise sıcak hava ve gaz karışımı içerisinde bulunan partikül ve küllerin tutulması için ekonomizer çıkışında seri bağlı olarak çalışan siklon ve membran tip toz filtre ünitesi mevcuttur. Islak baca girişindeki hava ve gaz karışımının sıcaklığı 120°C civarındadır.

Termal kurutma ve yakma ünitesinde enerji tüketimleri Çizelge 8'de, enerji üretimi miktarları da Çizelge 9'da verilmiştir.

Çizelge 8. 2013 Ocak ve 2013 Temmuz ayları için tesis enerji tüketimleri

Dönem	Q_1 kcal saat ⁻¹	Q_2 kcal saat ⁻¹	Q_3 kcal saat ⁻¹	Q_4 kcal saat ⁻¹	Q_5 kcal saat ⁻¹	$Q_{\text{tüketilen}}$ kcal saat ⁻¹
2013 Ocak	1 710 498	38 800	511 976	327 738	2 315 174	4 904 186
2013 Temmuz	1 710 498	45 000	381 888	327 738	2 315 174	4 780 298

Çizelge 9. 2013 Ocak ve 2013 Temmuz ayları için tesis enerji üretimleri

Dönem	Q_6 kcal saat ⁻¹	Q_7 kcal saat ⁻¹	Q_8 kcal saat ⁻¹	$Q_{\text{üretilen}}$ kcal saat ⁻¹
2013 Ocak	8 131 950	451 688	1 655 875	10 239 513
2013 Temmuz	5 549 513	301 125	1 787 129	7 637 767

Burada;

Q_1 =Çamurun suyunun uzaklaştırılması için gerekli enerji

Q_2 = Kül uzaklaştırılması ile kaybolan enerji

Q_3 = Tesisat ve yalıtımdan kaybolan enerji

Q_4 =Bacadan kaybolan enerji

Q_5 =Isı transfer yağının ısıtılması için harcanan enerji

Q_6 = Biyoyakıtın kazanda yakılması ile oluşan enerji

Q_7 = Kömürün yanması ile açığa çıkan enerji

Q_8 = Atmosferik havanın kazandan geçmesi ile kazanılan enerji

Yapılan hesaplamalara göre termal kurutma ve yakma tesisinden kış aylarında oluşan atık ısı miktarı;

$$\begin{aligned}\Sigma_{\text{ATIK ISI}} &= \Sigma_{\text{ÜRETİLEN}} - \Sigma_{\text{TÜKETİLEN}} \\ &= 10\,239\,513 \text{ kcal saat}^{-1} - 4\,904\,186 \text{ kcal saat}^{-1} = 5\,335\,327 \text{ kcal saat}^{-1}\end{aligned}$$

Hesaplanan bu değerin yanısıra termal kurutucu enerjide ilave edilirse toplam atık enerji miktarı; ünitesinin tüketim fazlası olan 887.688 kcal/saat

$$\Sigma_{\text{atık ısı(kış)}} = 5\,335\,327 \text{ kcal saat}^{-1} + 887\,688 \text{ kcal saat}^{-1} = 6\,223\,015 \text{ kcal saat}^{-1}$$

Yaz aylarında ise;

$$\begin{aligned}\Sigma_{\text{ATIK ISI}} &= \Sigma_{\text{ÜRETİLEN}} - \Sigma_{\text{TÜKETİLEN}} \\ &= 7\,637\,767 \text{ kcal saat}^{-1} - 4\,780\,298 \text{ kcal saat}^{-1} = 2\,857\,469 \text{ kcal saat}^{-1}\end{aligned}$$

$$\Sigma_{\text{atık ısı(yaz)}} = 2\,857\,469 \text{ kcal saat}^{-1} + 887\,688 \text{ kcal saat}^{-1} = 3\,745\,157 \text{ kcal saat}^{-1}$$

Kış mevsiminde sisteme beslenen biyokattının aylarına göre elde edilen enerji fazlalığı; organik madde içeriğinin fazla olması sebebiyle yaz

$$\text{Enerji fazlası} = \frac{6\,223\,015 \text{ kcal saat}^{-1} - 3\,745\,157 \text{ kcal saat}^{-1}}{6\,223\,015 \text{ kcal saat}^{-1}} + 100 = \%40$$

SONUÇ

Bu çalışmada Gaziantep Büyükşehir Belediyesi GASKİ Genel Müdürlüğü bünyesindeki 1.000.000 E.N kapasiteli Merkez Atıksu Arıtma Tesisi dahilinde işletilmekte olan 180 ton/gün %27 KM (Kuru Madde) içerikli arıtma çamuru besleme kapasiteli termal kurutma ve yakma tesisinin, kış ve yaz dönemlerindeki işletme performansı ve açığa çıkarabileceği enerji potansiyeli Merkez Atıksu Arıtma Tesisine gelen atıksuların mevsimsel kirlilik yükü karakterleri irdelenerek incelenmiştir. Bunun için bölgenin en sıcak ve en soğuk ayları olan Ocak ve Temmuz ayları dikkate alınmıştır.

Kış aylarında termal kurutma ve yakma ünitesine beslenen %27 KM içerikli biyokattının içerdiği organik madde içeriğinin, yaz aylarında sisteme beslenen biyokattının organik madde içeriğinden, sıcaklık sebebiyle çamur çürütücülerdeki performans düşüşünden kaynaklı olarak fazla olması sebebiyle açığa çıkan enerji miktarının da yaz aylarına göre yaklaşık %40 fazla olduğu yapılan hesaplamalardan

görülmüştür. Açığa çıkan enerji fazlasının geri kazanımda değerlendirilebilmesi için kurulacak olan bir buhar türbünü yatırımı ile atık ısının elektrik enerjisine dönüştürülmesi ile gerek termal kurutma ve yakma tesisinin gerekse de Merkez Atıksu Arıtma Tesisi'nin anlık enerji tüketiminin büyük bir kısmını karşılayabilecektir. Atık ısıdan elde edilen enerji potansiyelinin yanısıra sistem, bu enerjinin açığa çıkmasına sebep olarak %88'lik bir biyokattı bertaraf verimine sahip olmaktadır. Günümüzde ve gelecekte de arıtma çamurlarının yerel idareler için çözülmesi gereken başlıca problemlerden biri olduğu muhakkaktır. Bu ve benzeri bertaraf yöntemleri uygulanarak, yerel yönetimlere çamur bertarafı konusundaki problemlerinin çözüme kavuşturulabileceği konusunda bu çalışma bir örnek teşkil etmektedir. Ayrıca açığa çıkan külün bertaraf edilmesi için çeşitli geri kazanım yöntemlerinin kullanılabilmesi mümkün olabilmektedir. Özellikle yapı sektörüne dahil işlerde kullanılmakta olan briket, kilit taşı, bordür taşı vb. imalatlarda kullanılabilmesi mümkün gözükmektedir.

KAYNAKLAR

- Chai LH, 2007. Statistical dynamic features of sludge drying systems. *Int. J. Therm. Sci.*, vol. 46, 8, 802–811.
- Ferrasse JH, Arlabosse P, Lecomte D and Teillet D, 2002. Heat, momentum and mass transfer measurements in indirect agitated sludge dryer. *Vol. 20*, 749–769.
- Filibeli A, 1996. Arıtma Çamurlarının İşlenmesi. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi Yayınları No:255, İzmir.
- Filibeli A, 1997. Arıtma Çamurlarının Genel Özellikleri, İşleme ve Bertaraf yöntemleri. DEÜ Mühendislik Fakültesi Çevre Mühendisliği Bölümü, Ders Notları,19s, İzmir.
- Kasakura T, Imoto Y, and Mori T, 1993. Overview and system analysis of various sewage sludge drying processes. *Dry. Technol.*, Vol. 11, No. 5, 871–900.
- Peregrina C, Lecomte D, Arlabosse P and Rudolph V, 2006. Life cycle assessment (LCA) applied to the design of an innovative drying process for sewage sludge. *Process Safety and Environmental Protection*, 84, 270-279.
- Spinoza L and Vesilind PA, 2001. *Sludge into Biosolids: Processing, Disposal and Utilization*, IWA Publishing, United Kingdom.
- T.C. Resmi Gazete, Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği, Sayı: 25687, 2004.

