

T.C.
ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI
2018-YL-003

**ZEYTİN ATIĞININ ARITMA ÇAMURU İLE
KARIŞTIRILIP KURUTULMASI VE
PELETLENEREK YAKILMASINDAN OLUŞAN
KÜLÜN İNŞAAT MALZEMESİ OLARAK
DEĞERLENDİRME OLANAKLARININ
İNCELENMESİ**



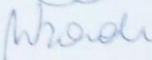
Adem METİK

Tez Danışmanı:
Yrd. Doç. Dr. Ersel YILMAZ

AYDIN

T.C.
ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE
AYDIN

Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı Yüksek Lisans Programı öğrencisi Adem METİK tarafından hazırlanan “Zeytin Atığının Arıtma Çamuru ile Karıştırılıp Kurutulması ve Peletlenerek Yakılmasından Oluşan Külün İnşaat Malzemesi Olarak Değerlendirme Olanaklarının İncelenmesi” başlıklı tez, 10.01.2018 tarihinde yapılan savunma sonucunda aşağıda isimleri bulunan jüri üyelerince kabul edilmiştir.

Ünvanı, Adı Soyadı	Kurumu	İmzası
Başkan: Yrd. Doç. Dr. Ersel YILMAZ	ADÜ Ziraat Fak.	
Üye :Prof. Dr. Gönül AYDIN	ADÜ Ziraat Fak.	
Üye :Doç. Dr. Małgorzata WZOREK	Opole Tek. Üni.	

Jüri üyeleri tarafından kabul edilen bu Yüksek Lisans tezi, Enstitü Yönetim KurulununSayılı kararıyla tarihinde onaylanmıştır.

Prof. Dr. Aydın ÜNAY
Enstitü Müdürü

T.C.
ADNAN MENDERES ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ MÜDÜRLÜĞÜNE

Bu tezde sunulan tüm bilgi ve sonuçların, bilimsel yöntemlerle yürütülen gerçek deney ve gözlemler çerçevesinde tarafımdan elde edildiğini, çalışmada bana ait olmayan tüm veri, düşünce, sonuç ve bilgilere bilimsel etik kuralların gereği olarak eksiksiz şekilde uygun atıf yaptığımı ve kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

10/01/2018

Adem METİK

ÖZET

ZEYTİN ATIĞININ ARITMA ÇAMURU İLE KARIŞTIRILIP KURUTULMASI VE PELETLERENEK YAKILMASINDAN OLUŞAN KÜLÜN İNŞAAT MALZEMESİ OLARAK DEĞERLENDİRME OLANAKLARININ İNCELENMESİ

Adem METİK

Yüksek Lisans Tezi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Ersel YILMAZ

2018, 70 sayfa

Bu çalışmada, Aydın ilinde önemli bir tarımsal ve çevre sorunu olan zeytin atığı ve atık çamurunun birlikte alternatif enerji kaynağı olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Diğer taraftan ikincil amaç olarak bu materyalin yanmasından sonra oluşan külün, içeriğinden dolayı toprağa ve topraktan su kaynaklarına geçişine engel olmak amacıyla, inşaat malzemesi olarak değerlendirilebilmesi olanaklarının belirlenmesi için de yapılmıştır.

Çalışmada Aydın il sınırları içerisinde ki atık su arıtma tesisinden elde edilen arıtma çamuru kullanıldı. Arıtma çamurunun enerji değerini arttırmak için farklı oranlarda tarımsal ikincil ürün olan zeytin atığı ilave edilerek homojen karışımlar hazırlanmıştır. Daha sonra hazırlanan numunelerin bünyesinde bulunan yüksek nem içeriklerinin düşürülmesi amacı ile açık havada güneşte kurutma uygulanmıştır ve kurutma verimliliği değerlendirilerek alternatif enerji kaynağı olarak kullanılabilirliği araştırılmıştır. Materyalin taşımaya uygunluğu ise peletlenip kurutulduktan sonra; su emme gibi mekanik test uygulanarak kontrol edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Arıtma çamuru, zeytin atığı, güneşte kurutma, alternatif enerji, pelet mekanik özellikleri.

ABSTRACT

A RESEARCH ON THE POSSIBILITY OF USAGE OF ASH AS A BUILDING MATERIAL WHICH IS FORMED BY MIXING OLIVE WASTE WITH SEWAGE SLUDGE AND BURNING IN PELLET FORM

Adem METİK

M.Sc Thesis, Department of Agricultural Structures and Irrigation

Supervisor: Assistant Professor. Dr. Ersel YILMAZ

2018, 70 pages

In this study there is investigated about possibilities of alternative energy usage together of olive waste and sewage sludge, which become problem for agriculture and environment in Aydın province. On the other side the aim of this study is to determine the possibility of application of waste's ashes in construction materials to avoid negative impact of contamination of danger content to ground and water resources.

In this study is used sewage sludge of wastewater treatment which is located in Aydın municipality. In order to increase the energy value of sewage sludge, the homogeneous mixture is prepared by adding different ratios of olive waste that is the secondary agricultural products. After that under open air condition drying process was applied to prepared samples for reducing the high moisture content in the structure. Drying efficiency and the usability for alternative energy sources has been investigated. The suitability of the material for transport condition was tested by some mechanical property; like water absorbability of pellets.

Key Words: Sewage sludge, olive waste, solar drying, alternative energy, co-pelletization mechanical properties.

ÖNSÖZ

Tüm dünyada, son yıllarda nüfus artışına bağlı olarak sanayi ve tarımsal üretimin artışı ve tüketime dayalı bir toplumsal yapının şekillenmesiyle orantılı bir biçimde atık miktarları da önemli seviyelerde artış göstermiştir. Sanayi ve tarımsal üretimin oluşturduğu bu atıklar çevresel açıdan git gide büyük problemler oluşturur hale gelmiştir. Özellikle ülkemizde arıtma sistemlerinin çok geç kurulmaya başlaması, belediyelerin bu soruna çok geç farkındalık göstermeye başlaması ve Avrupa Birliği katılım sürecinde artık bu konunun ciddi anlamda ele alınması gerekliliğini kaçınılmaz kılmıştır. Günümüze kadar 20. Yüzyılın sonlarından içinde bulunduğumuz 21. Yüzyıl ilk çeyreğinde tüm büyükşehir ve diğer belediyeliklere arıtma tesisleri yeni yeni kurulmaya başlamıştır. Ancak bu emekleme sürecinde bile konunun önemi maalesef çok iyi anlaşılammış ve ileri arıtma sistemlerinin düşünülmesi yerine klasik toplama havuzlarıyla bugüne kadar gelinmiş ve artık sorun daha büyük olarak karşımıza çıkmıştır. Aydın ilinin bulunduğu ekolojik ortamdan dolayı zeytin, incir gibi il tarımında etkin olan tarımsal ürünlerin, özellikle de zeytinden elde edilen yağ sıkımından sonra oluşan yan ürünlerin ciddi çevresel ve tarımsal sorunlar yaratmaya başlaması, jeotermal enerji santrallerinin de çok hızlı olarak il sınırları içerisinde kurulmaya başlaması şu ana kadar üzerinde konuştuğumuz arıtma çamuru ve zeytin atığı materyalle birlikte bölgenin toprak formasyonu ve geçirimsizlik, yeraltı sularının yüzeye yakınlığı da değerlendirildiği taktirde yeraltı sularına beraberlerinde bulunan pek çok zararlı bileşik ve maddenin kontemine olması riskini ciddi olarak taşımaktadır. Birde buna üçlü tetikleyici etki ile daha büyük oranlarda çevreye zarar verme ihtimali düşünülürse, konunun ne kadar önemli olduğu ortaya çıkmaktadır. Dolayısı ile gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde olduğu gibi bu bertarafa alternatif bertaraf bulmak ve bu konuda bunları yakarak farklı bir fiziksel boyuta geçirmek ve bunu da çimento gibi yapı malzemelerinin içerisinde yok etmek gibi bir yöntem kullanılmaya başlanmıştır.

Araştırma süresince çalışmanın her aşamasında maddi ve manevi yardımlarını esirgemeyen danışmanım Sayın Yrd. Dr. Ersel YILMAZ'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Yüksek lisans öğrenimim boyunca yardımlarını ve yakın ilgilerini esirgemeyen Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı'ndaki hocalarıma teşekkürlerimi sunarım. Yüksek lisans çalışmamda ağır metal analizleri aşamasında bana yardımcı olan Doç. Dr. Małgorzata WZOREK'e teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca yüksek lisans öğrenimim sürecinde maddi ve manevi yardımlarını hiçbir zaman esirgemeyen aileme teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek Lisans tezimin yürütülmesi için **ADÜ Bilimsel Araştırma Projeleri (BAP) birimi (ZRF-15044 nolu proje)** tarafından verilen destek için teşekkürü bir borç bilirim.

Adem METİK

İÇİNDEKİLER

KABUL ONAY SAYFASI.....	iii
BİLİMSEL ETİK SAYFASI.....	v
ÖZET	vii
ABSTRACT.....	ix
ÖNSÖZ	xi
SİMGELER DİZİNİ.....	xv
KISALTMALAR DİZİNİ.....	xvii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xxi
1. GİRİŞ	1
1.1. Çamur Yönetimi ile İlgili Yasal Çerçeve	13
1.1.1. ABD Standartları.....	15
1.1.2 .AB Yönetmelikleri	16
1.1.3. Kentsel AAT Çamuru ile ilgili AB Mevzuatı	16
2. KAYNAK ÖZETLERİ	18
3. MATERYAL VE YÖNTEM	23
3.1. Materyal	23
3.1.1. Araştırma Alanının Konumu	23
3.1.2. Araştırma Alanının İklim Özellikleri	24
3.1.3. Didim Atıksu Arıtma Tesisi	28
3.1.4. Çalışmada Kullanılan Materyallerin Özellikleri	30
3.1.5. Çalışma Alanı.....	31
3.2. Yöntem.....	32
3.2.1. Nem Tayini.....	34
3.2.1.1. Etüvde Nem Tayini	34
3.2.1.2. Kurutma Platformunda Ağırlık ve Nem Tayini	36
3.2.2. Sıcaklık Ölçümleri.....	37
3.2.3. Enerji Değerleri Hesaplaması.....	37
3.2.3.1. Kalorimetre çalışma prensibi	38
3.2.4. Arıtma Çamurunun Ağır Metal Analizi	40

3.2.5. Mekanik Özellikler	41
3.2.6. Kül Analizleri	41
3.2.6.1. Konuların nem, kuru madde, uçucu katı madde, sabit katı madde miktarlarının analizi	41
3.2.6.2. Konuların küllerinin içerik analizleri	46
4 . BULGULAR VE TARTIŞMA.....	48
4.1. Nem Sonuçları.....	48
4.2. Sıcaklık Sonuçları.....	50
4.3. Isıl Değerler.....	52
4.4. Arıtma Çamurunun Ağır Metal Analiz Sonuçları	53
4.5. Mekanik Özellikler.....	54
4.6. Kül Analizleri	56
4.6.1. Konuların Nem, Kuru Madde, Uçucu Katı Madde, Sabit Katı Madde Miktarlarının Analizi	56
4.6.2 . Konuların küllerinin içerik analizleri	57
4.7 . Külün İnşaat Malzemesi Olarak Kullanılması.....	58
5 . SONUÇ	61
KAYNAKÇA	63
ÖZGEÇMİŞ.....	70

SİMGELER DİZİNİ

%	: Yüzde
°	: Derece
Ag	: Gümüş
As	: Arsenik
°C	: Santigrad derece
Ca	: Kalsiyum
CaO	: Kalsiyum oksit
Cd	: Kadmiyum
cm	: Santimetre
Co	: Kobalt
CO ₂	: Karbon dioksit
Cu	: Bakır
dk	: Dakika
dm ³	: Desimetreküp
g	: Gram
H ₂ SO ₄	: Sülfürik asit
ha	: Hektar
HCl	: Hidroklorik Asit
K	: Potasyum
Kcal	: Kilo kalori
kg	: Kilogram
KJ	: Kilo Joule
km	: Kilometre
km ²	: Kilometrekare
KW	: Kilo watt
L	: Litre
m	: Metre
m ³	: Metreküp
mg	: Miligram

xvi

MJ	: Mega Joule
ml	: Mililitre
mm	: Milimetre
Mn	: Mangan
N	: Azot
Na	: Sodyum
Ni	: Nikel
nm	: Nanometre
P	: Fosfor
Pb	: Kurşun
pH	: Çözeltinin asitlik veya bazlık derecesi
ppm	: Milyonda bir
R ²	: Korelasyon katsayısı
s	: Saniye
Se	: Selenyum
TWh	: Teravat saat
Zn	: Çinko
µm	: Mikrometre

KISALTMALAR DİZİNİ

AB	: Avrupa Birliği
AÇ	: Arıtma Çamuru
ABD	: Amerika Birleşik Devletleri
AOX	: Adsorplanabilen Organik Halojenler
AAT	: Atıksu Arıtma Tesisi
ATY	: Atıktan Üretilmiş Yakıt
BOD	: Biyolojik Oksijen Değeri
DEHP	: Diftalat 2-etilhekzil
EKAÇTKDY	: Evsel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelik
EPA	: Amerikan Çevre Koruma Ajansı
GSYH	: Gayrisafi Yurtiçi Hasıla
KAKY	: Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği
KM	: Katı Madde
KOİ	: Kimyasal Oksijen İhtiyacı
LAS	: Lineer Alkil Benzosülfonat
MTEP	: Milyon Ton Petrol Eşdeđeri
NPE	: Nonil Fenol Etoksilat
PAH	: Polisiklik Aromatik Hidrokarbon
PCB	: Poliklorlu Bifenil
US	: Birleşik Devletler
ZA	: Zeytin Atığı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Dünya birincil enerji kaynaklarının dağılımı, 2016	3
Şekil 1.2 Birincil enerji tüketimi ve GSYİH kaynakları	5
Şekil 1.3 Türkiye’de elektrik tüketimi ve 2023 tahminleri	5
Şekil 3.1 Aydın ili fiziki haritası	24
Şekil 3.2 Aydın iline ait yıllık toplam yağış miktarları	25
Şekil 3.3 Aydın ili yıllık toplam yağış zaman serisi ve aylık yağış dağılımı	25
Şekil 3.4 Aydın ili yıllık ortalama sıcaklık zaman serisi ve trendi.....	25
Şekil 3.5 Aydın’da aylık ortalama rüzgâr hızları	26
Şekil 3.6 Aydın’a ait hakim rüzgâr yönünü gösterir rüzgârgülü	27
Şekil 3.7 Aydın için toplam yıllık modellenen güneşlenme şiddeti.....	28
Şekil 3.8 Didim atıksu arıtma tesisinin havadan çekilmiş uydu görüntüsü.....	29
Şekil 3.9 Didim atıksu arıtma tesisinin arıtma çamuru keki	29
Şekil 3.10 Testlerde kullanılan konteynerler.....	31
Şekil 3.11 Çalışmada kullanılan mikserler.....	32
Şekil 3.12 Ahşap platform üzerine yerleştirilen konular	33
Şekil 3.13 Peletlenen örnekler.....	34
Şekil 3.14 Nem kontrolü için alınan konu örneklerinin etüvde kurutulması	36
Şekil 3.15 Oksijen bomba kalorimetre 1341 modeli	37
Şekil 3.16 Kalorimetrenin parçaları	38
Şekil 3.17 Kalorimetre testlerine ait görüntüler	39
Şekil 3.18 Mekanik özellikler için suda bekletilen bazı örnekler	41
Şekil 3.19 Konuların etüve konulması	43
Şekil 3.20 Desikatörde konuların oda sıcaklığına kadar soğutulması.....	43
Şekil 3.21 Desikatörde soğutulan konuların hassas terazide tartılması.....	44
Şekil 3.22 Konuların kül fırınına yerleştirilmesi.....	45
Şekil 3.23 Kül fırınından çıkmış ve desikatörde soğutulmuş konular.....	45
Şekil 3.24 Filtre kâğıdının hazırlanması.....	46
Şekil 3.25 Kül numunelerine 10 ml 1 N H ₂ SO ₄ uygulanması.....	47
Şekil 3.26 Kül numunelerinin filtre kâğıdından süzülmesi	47

Şekil 4.1 %80-%20 Arıtma çamuru + zeytin atığı karışımının derinliklere göre kuruma süreleri.	48
Şekil 4.2 %70-%30 Arıtma çamuru + zeytin atığı karışımının derinliklere göre kuruma süreleri.	49
Şekil 4.3 %100 Arıtma çamurunun derinliklere göre kuruma süreleri.....	50
Şekil 4.4 Konulara ait karıştırmadan önceki sıcaklık değişimleri.....	50
Şekil 4.5 Konulara ait karıştırdıktan sonraki sıcaklık değişimleri.....	51
Şekil 4.6 5 cm derinlikte kurutulan konuların farklı çaplardaki su alma yüzdeleri	54
Şekil 4.7 15 cm derinlikte kurutulan konuların farklı çaplardaki su alma yüzdeleri.....	55

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1.1 Yenilenebilir enerji çeşitleri ve kaynakları	2
Çizelge 1.2 Çimento endüstrisi için alternatif yakıt seçenekleri	10
Çizelge 1.3 Topraktaki ağır metal sınır değerleri (EKAÇTKDY, 2010)	14
Çizelge 1.4 Toprakta kullanılacak stabilize arıtma çamurunda müsaade edilecek maksimum ağır metal muhtevaları (EKAÇTKDY, 2010)	14
Çizelge 1.5 Toprakta kullanılacak stabilize arıtma çamurundaki organik bileşiklerin konsantrasyonlarının ve dioksinlerin sınır değerleri (EKAÇTKDY, 2010)	15
Çizelge 3.1 Aydın iline ait çok yıllık iklim verileri	26
Çizelge 3.2 Arıtma çamurunun bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	30
Çizelge 3.3 Zeytin atığının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri	30
Çizelge 4.1 Konuların üst ısıl değerler ortalaması.....	52
Çizelge 4.2 Konuların alt ısıl değerler ortalaması.....	52
Çizelge 4.3 Arıtma çamurunda tespit edilen ağır metal değerleri	53
Çizelge 4.4 Konuların kül testleri öncesi yüzde nem içerikleri, test sonrası, kuru kütle, uçucu katı madde, sabit katı madde içerikleri	56
Çizelge 4.5 Küllerin içerik analizleri	57

1. GİRİŞ

Teknolojinin gelişmesi, insanların hayatını devam ettirmesi için gereken araçların üretilmesi, üretilen bu araçların çalışabilmesi, insan nüfusundaki ve sanayileşmedeki artış ülkeleri aşırı derece enerji tüketimine yöneltmiş bu da beraberinde enerjiye olan ihtiyacın giderek artmasına ve bu nedene bağlı olarak gelecekte enerji ihtiyacının çok büyük boyutlara ulaşacağına bir göstergesidir. Bu nedenlerden dolayı olası enerji krizleri senaryoları kurgulanmış ve yazılmaktadır. Dolayısı ile ülkemizin içinde bulunduğu jeopolitik konumu gereği enerjide dışa bağımlılıktan kurtulup, sürdürülebilir enerji eldesini zorunlu kılmaktadır.

Dünyada ki ülkelerin gelişmişlik göstergelerinin ilk sırasında enerji tüketimi gelmektedir. Günümüzde de yaşamın sürekliliği için her alanda enerjiye ihtiyaç duyulmaktadır. Özellikle elektrik enerjisi hem gelişmişliğin hem de insanoğlunun en çok ihtiyaç duyduğu enerji biçimi olarak karşımıza çıkmaktadır. Hızlı globalleşmenin olduğu bu yüzyılda, ülkelerin ekonomik ve sosyal gelişmelerinin sağlanabilmesi için en temel unsurlardan birisi enerji girdisidir. Günümüzde en çok kullanılan birincil enerji ihtiyacının yaklaşık % 80'i, her geçen gün azalan fosil yakıtlardan karşılanmakta fakat dünyada bulunan fosil yakıt rezervleri hızlı bir şekilde tükenmektedir (Zorlu ve Pehlivan, 2016). Bu da alternatif enerji kaynaklarının bulunmasını, bulunanlarında daha yaygın kullanılmasını da beraberinde getirmektedir. Büyüyen ülkelerin hızlı nüfus artışları da büyük şehirlerin nüfuslarının artışı, bu da beraberinde çevre, barınma, konut ve enerji ihtiyacını tetiklemektedir. Dolayısı ile büyük şehirlerde kanalizasyon atıklarının ciddi boyutlara ulaşarak bertarafını zorunlu kılmaktadır. Bu anlamda bu çalışma, büyük şehirlerde ciddi bir problem olmaya başlayan arıtma atıklarının bertarafının sağlanmasında ve bu bertarafın önce enerji anlamında milli bir servetin kullanılabilir olmasına bir anlamda yardımcı olacak ve oluşabilecek olan olumsuz etmenlerin doğaya zarar vermeden ya da mümkün olduğunca az zarar vererek bertarafına olanak sağlamaya bilimsel olarak katkıda bulunmaya yardımcı olacaktır. Dünya nüfusu ve sanayileşmenin artışı ile birlikte, dünya genelinde çevre ve enerji sorunlarında artışlar meydana gelmektedir.

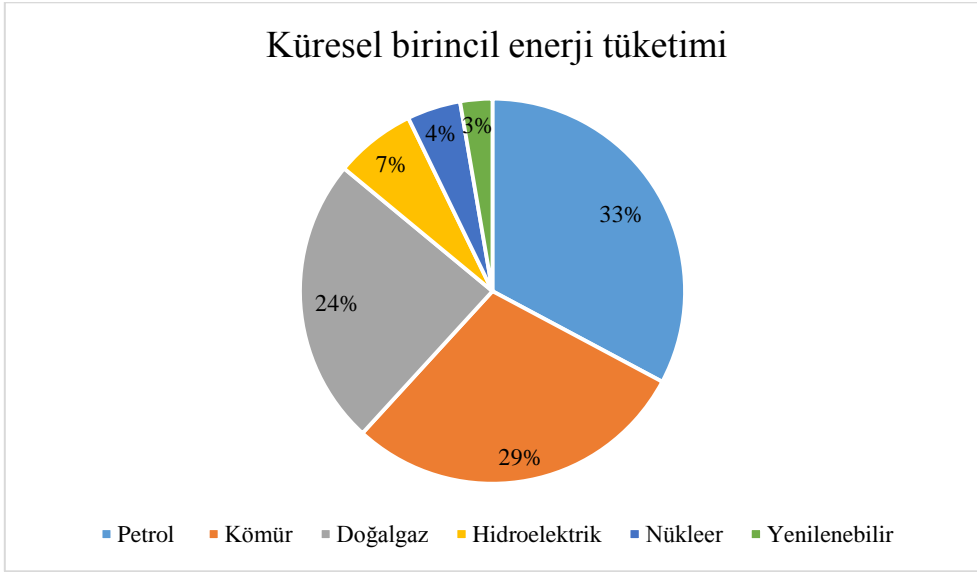
Yenilenebilir enerji doğal kaynaklardan üretilen ve günümüz koşullarında döngüye girebilen bir enerji kaynağı olarak tanımlanmaktadır. Yenilenebilir enerjiyi diğer enerji çeşitlerinden ayıran en önemli özellik doğal olarak kendisini yenileyebilmesi ve yok olmamasıdır. Bununla beraber yenilenebilir enerji çeşitleri çevreye zarar veren karbon salınımının azaltılmasıdır. Ayrıca milli kaynak oldukları için, ithal edilmeye ihtiyaç duyulmadan ve bu sayede enerji konusunda dışa bağımlılığın azaltılması gibi açılardan bakıldığında, oldukça önem taşımaktadır (Karagöl ve Kavaz, 2017).

Günümüzde yenilenebilir enerji kaynakları güneş, rüzgâr, jeotermal, hidrolik, biyokütle, dalga ve hidrojen enerjileri olarak sınıflandırılabilir. Güneş belirtilen bu enerji çeşitlerinin büyük bir bölümünün ana kaynağı olmakta ve hatta bunlara dolaylı veya dolaysız etkisinin olduğunu söyleyebiliriz. Bunların ışığında güneşi dünyanın en önemli enerji kaynağı olarak tanımlamak tartışmasız olarak söyleyebiliriz. Çizelge 1.1’de yenilenebilir enerji çeşitleri ve kaynakları verilmektedir.

Çizelge 1.1 Yenilenebilir enerji çeşitleri ve kaynakları

YENİLENEBİLİR ENERJİ ÇEŞİTLERİ	ENERJİNİN KAYNAĞI
Güneş Enerjisi	Güneş
Rüzgâr Enerjisi	Rüzgâr
Jeotermal Enerji	Yer Altı Suları
Hidrolik Enerji	Nehir ve Akarsular
Biyokütle Enerjisi	Biyolojik Atıklar
Dalga Enerjisi	Okyanus ve Denizler
Hidrojen Enerjisi	Su ve Hidroksitler

Yenilenebilir enerji kaynakları bu denli geniş bir potansiyele sahip olmasına karşın, dünya genelinde tüketilen enerji çeşitlerine bakıldığında ilk sıraları fosil yakıtlar olan petrol, kömür ve doğalgaz almaktadır. Yenilenebilir enerjilerin toplam birincil enerji tüketimi içerisindeki payları ise yalnızca % 9,5 (hidroelektrik ve yenilenebilir toplamı) kadardır. Şekil 1.1’de küresel birincil enerji tüketimi gösterilmiştir (Yılmaz ve Kaptan, 2017; Anonim, 2017a).



Şekil 1.1 Dünya birincil enerji kaynaklarının dağılımı, 2016

Gelişmiş ülkeler, son yıllarda atıklarının doğal kaynaklara ve çevreye verdikleri zararı azaltmak için alternatif enerji kaynakları arayışına yönelmişlerdir. Ayrıca büyük şehirlerin AAT'lerinde biriken arıtma çamurunu bertaraf etmek amacıyla değerlendirme yoluna gitmişlerdir. Böylece ülkeler hem ekonomilerine katkıda bulunulabilmekte hem de gelişmekte olan ülkelerde ise, enerjide dışa bağımlılığı kısmen azaltılabilmektedir.

Sürdürülebilir bir kalkınma; ekonomik faaliyetler ile çevre arasında uyumlu bir denge oluşturarak, doğal kaynakları yok etmeden ve mümkün olduğunca kirletmeden gelecek kuşakların da bu kaynakları kullanabilmesine imkân sağlayacak bir kalkınma modelini ifade etmektedir (Kum, 2009).

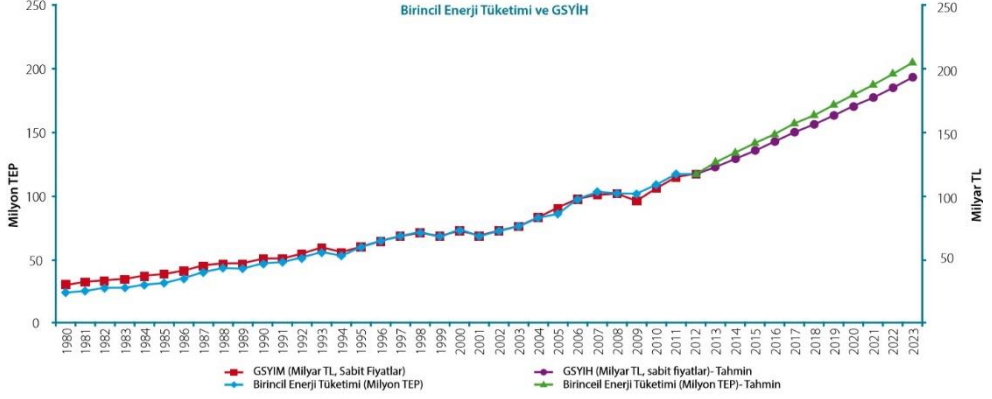
Enerjinin sürdürülebilir oluşu, aynı zamanda enerji üretim potansiyeline sahip ülkelerin enerjide kendileri için dışa bağımlılıklarını da azaltacak bir çözüm yolu olmaktadır.

Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin temelinde yatan esas neden ise, fosil yakıt kullanan endüstriyel üretim tesislerinin, motorlu taşıtların ve konutlarda kullanılan ısınma faaliyetlerinin yüksek seviyelerde sera gazı emülsiyonlarını atmosfere salmasıyla ortaya çıkmasıdır (Kum, 2009).

Türkiye, enerji ihtiyacını karşılama kaynakları bakımından değerlendirildiğinde büyük ölçüde dışa bağımlı bir ülke konumundadır. Bu bağımlılık, Türkiye'nin de içinde bulunduğu gelişmekte olan ülkeler içinde önemli bir dezavantaj olmaktadır. Ülkemizde yenilenebilir ve alternatif enerji kaynaklarının verimli bir şekilde kullanımına yönelik yapılan bilimsel araştırmaların sayılarını artırılıp gerekli teşvikler ile enerji anlamında dışa olan bağımlılığımızı azaltarak ekonomik açıdan kalkınmamıza katkıda bulunmamız ülkemizin devamlılığı ve geleceği açısından mutlak surette gereklidir (Erkekardaş, 2014).

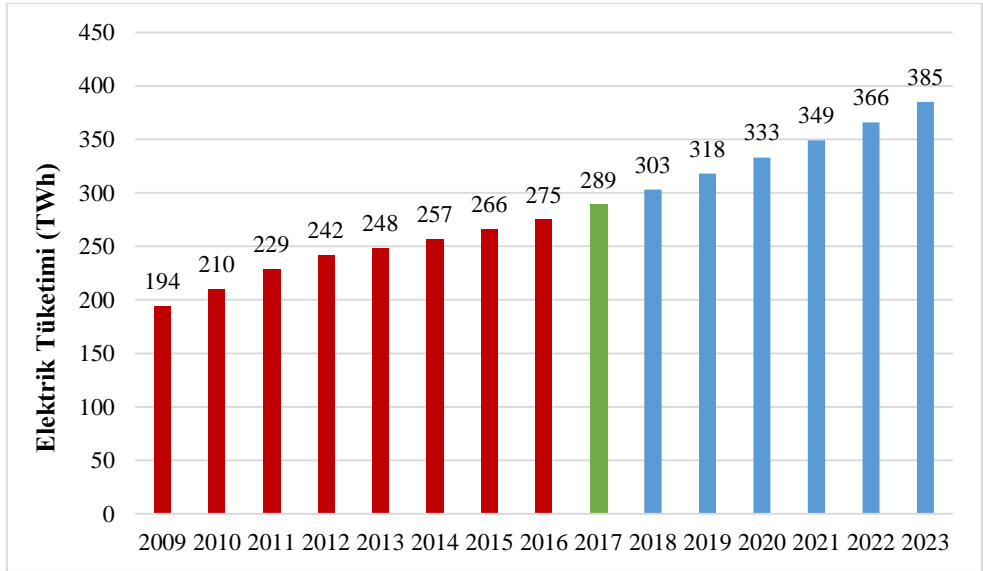
Türkiye üzerinde bulunduğu coğrafi konumu ve jeopolitik pozisyonu nedeniyle bilinen yenilenebilir enerji kaynaklarından faydalanma olanağına sahiptir. Özellikle hidrolik, jeotermal, rüzgâr ve güneş enerjisi potansiyelleri bakımından AB ülkeleri ile karşılaştırıldığında, Türkiye'nin son derece elverişli bir konuma sahip olduğu görülmektedir. Ancak bu kaynaklardan yararlanma oranı teknolojiyi kendisi üretmediği ve ucuza mâl edemediği için gayet düşük seviyelerdedir. Bu durumun önünde birtakım ekonomik ve hukuki kısıtlar olsa da son yıllardaki bu gelişmeler sevindiricidir. Türkiye'nin gelecek ile ilgili stratejisi, planları ve özellikle 2023 yılını içeren hedefleri kapsamında yenilenebilir enerji konusuna ayrı bir önem vermesi bunu onaylar durumdadır. Bu hedefle atılan adımlar Türkiye mevcut yenilenebilir enerji potansiyelini geliştirme ve değerlendirmeye öncelik vermektedir (Karagöl ve Kavaz, 2017).

Ülkemizin enerji bağımlılığı 10 yıl gelecek dönem içerisinde çok artacağı bir gerçektir. Birincil enerji üretiminin enerji verimliliği hedeflerine ulaşıldığı varsayımı ile 2023 projeksiyonunda 158 MTEP olacağı tahmin edilmektedir. Türkiye'nin enerji tüketimi ile GSYH gelişimi arasında çok yüksek bir pozitif ilişki bulunmaktadır (istatistiksel olarak % 95'ten fazla R^2). Son 10 yıldaki gözlemlere göre oransal olarak GSYH'deki % 1'lik bir artış, milli enerji tüketiminde % 3,4'lük bir artışa yol açmaktadır. Şekil 1.2'de enerji tüketiminin gelişimi ile GSYH arasındaki güçlü bir ilişki olduğunu göstermektedir (Anonim, 2015a).



Şekil 1.2 Birincil Enerji Tüketimi ve GSYİH Kaynakları

Tüketim olarak bakıldığında elektriğin 2016 yılındaki 275 TWh seviyesinden 2023 yılında 385 TWh'a yükseleceği olasılığı, yani 2016 rakamlarına göre % 40'lık bir artış yaşanması beklenmektedir. Hükümet enerji bağımlılığını düşürmek için alternatif enerji çözümlerinin teşvik edilmesi konusunda kararlıdır. Şekil 1.3'de Türkiye'de elektrik tüketimi ve 2023 tahminleri gösterilmektedir (Anonim, 2017c).



Şekil 1.3 Türkiye'de elektrik tüketimi ve 2023 tahminleri

Dünya nüfusunun geometrik artışına karşılık kullanılabilir tarım arazilerinin daha büyük bir hızla azalması, daha fazla ürün almak için bol miktarda ticari gübre ve ilaç kullanılmasına rağmen son yıllarda kullanılan bu maddelerin tarım topraklarında ve çevrede meydana getirdiği kirlilik ve üretilen gıda maddelerinde insan sağlığına zararlı maddelerin birikimi ile kalite ve dayanıklılığın azalmasına neden olmuştur. Bu da organik gübrelere verilmesi gereken önemi arttırmıştır. Hatta mineral gübrelemeyi minimuma indirip organik gübre kullanımını ön plana çıkaran bir tarım sistemi olan organik tarımı gündeme getirmiştir. Fakat organik madde kaynaklarının kısıtlı veya pahalı olması nedeniyle çeşitli organik atıklar organik madde kaynağı olarak kullanılmaya başlanmıştır. Örneğin; Fırat (2007) yaptığı çalışmada, kanalizasyon sularını, çöpleri, atık çamurunu, gıda sektörü atıkları gibi organik atıklarda bazı ön işlemlerden sonra organik gübre olarak kullanılabileceğini belirtmektedir, ancak bunun toksikolojik olarak gayet kontrollü koşullarda yapılması, tarımsal açıdan doğal su ve toprak kaynaklarının korunması ve gelecek nesillere aktarımı için büyük önem arz etmektedir.

Dünyada, son yıllarda sanayi üretiminin ve buna paralel olarak tarımsal üretimin artışı ve tüketime dayalı bir toplumsal yapının oluşmasıyla orantılı olarak atık miktarları da önemli düzeylerde artış göstermiştir. Sanayi ve tarımsal üretimler sonucu oluşan atıklar çevresel açıdan günden güne büyük problemler oluşturmaya başlamıştır. Bu nedenle endüstriyel sistemlerden oluşan atıksuların arıtılma gerekliliği ortaya çıkmakta ve atıksu arıtma tesisleri kurulmaktadır. Ama atıksu arıtma tesislerindeki prosesler sonucunda oluşan arıtma çamuru yoğun potansiyel kirleticiler içermektedir. Sanayi bölgelerinde bulunan çok sayıda fabrikanın atıksuyunun arıtılması amacıyla kurulan yüksek kapasiteli arıtma tesislerinin etkili bir şekilde işletildiğinin de önemli bir göstergesi olan arıtma çamurları aynı zamanda önemli bir sorun oluşturmaktadır. Nihai bertaraflarından önce arıtılmaları gereklidir (Gökal, 2014).

Metcalf ve Eddy (1991) yapmış oldukları bir çalışmada arıtma çamurunu; evsel, endüstriyel atıksuların ve içme sularının arıtılması sırasında, kendiliğinden çökebilen katı maddeler ile biyolojik ve kimyasal işlemler sonucunda ortaya çıkan, % 0,25 ile % 12 oranında katı madde içeren akışkan özelliğe sahip bir madde şeklinde tanımlamışlardır ve ortalama çamur üretiminin kişi başına günde 40-60 g kuru madde olduğu belirtmişlerdir.

Arıtma çamuru kaynakları genel olarak 3 ana kategori altında incelenebilir. Bu kategoriler:

- İçme suyu arıtma tesislerinden gelen arıtma çamurları
- Atıksu Arıtma Tesislerinden gelen arıtma çamurları
- Sınavi Atıksu Arıtma tesislerinden kaynaklanan arıtma çamurlarıdır.

Arıtma amacına ve tipine göre arıtma çamurlarının cinsleri farklılık göstermektedir (Yıldız, 2009). Bunlar;

- Çökebilen katı maddelerin oluşturduğu ön çökeltim çamurları
- Kimyasal arıtma ve koagülasyon sonucu oluşan kimyasal çamurlar
- Biyolojik arıtma işlemleri sonucu oluşan biyolojik çamur
- İleri Arıtma Çamuru

Yukarıda listelenen aşamalarda toplanan çamurlar sıvı formdadır. Sıvı formda toplanan çamur, susuzlaştırma ünitelerinde susuzlaştırılarak çamur keki olarak da adlandırılan ve % 18 ile % 40 kuru madde oranına sahip arıtma çamuruna dönüştürülür (Bilgili, 2013).

Endüstriyel atıksular ağır metal içeriği yönünden önemli bir kirleticidir. Bu atıksular ya hiç arıtılmadan ya da bir ön arıtmadan sonra kanalizasyon sistemine deşarj edilmektedir. Su ortamında bulunan ve belirli bir konsantrasyonu aşan her madde canlılar için zararlıdır. Bazı maddeler çok az ölçüde olsa bile toksik etki gösterebilmektedir. Bunların başında kadmiyum (Cd), kobalt (Co), nikel (Ni), krom (Cr), bakır (Cu), çinko (Zn), arsenik (As), kurşun (Pb), mangan (Mn), gümüş (Ag) ve selenyum (Se) gibi ağır metaller sayılabilir (Yıldız, 2004; Gökal, 2014).

Ağır metal içeriği yüksek atıksuların hiçbir arıtma işlemine tabi tutulmadan alıcı ortama deşarj edilmesi, bu ortamdaki canlı hayatını olumsuz şekilde etkilemektedir. Bunun somut bir örneği de, zehirli maddelerin su ortamına verilmesi sonucunda zaman zaman görülebilen kitle halindeki balık ölümleridir. Zehirlenme durumu, toksik etkisi fazla olan maddelerin düşük konsantrasyonlarında ya da toksik etkisi düşük maddelerin zamanla ortamda konsantrasyonlarının artmasıyla görülebilir. Bu nedenle kirliliğin fark edilebilmesi için uzun sürelerin geçmesi gerekebilir (Yıldız, 2004).

Aritma çamuru, meydana geldiği endüstriyel kuruluşun çeşidine göre organik bileşikler, alkaliler, asitler, metal tuzları, oksitleyiciler, fenoller, boyalar, yağlar, sülfatlar, hidrokarbonlar, organik fosfor, azot ve ağır metaller gibi çok çeşitli maddeler içerebilmektedir ve bu nedenle tehlikeli atık sınıfına girebilmektedir (Taşatar, 1997).

Aritma çamuru uzun seneler boyunca tarımsal alanlar için gübre olarak kullanılmıştır. Aritma çamurlarının tarım alanlarında yasal çerçeveler koşulunda toprakta uygulanması ile hem çamurun içeriğinde bulunan bitki besin elementleri topraktaki doğal döngülerine girmekte hem de çamurların bertarafı gerçekleşmektedir (Kocaer vd., 2003). Bu uygulama sürdürülebilir, pratik faydalanma ve aynı zamanda araziye çamur içerisindeki makro besinlerin dönmesi ile geri kazanımdır. Son 10 yıl süresince arıtma çamurunda ağır metaller, sentetik organik bileşikler ve patojenik mikroorganizmaların olması durumunda oluşabilecek risk nedeniyle endişeler artmaya başlamıştır (Gökal, 2014).

Aritma çamurlarında birçok hastalığa sebep olan mikroorganizma bulunmasından dolayı çamurların direk olarak araziye verilmesi sakıncalı bir durumdur. Taze çamurlar çürümüş çamurlara göre sağlık açısından daha sakıncalıdır. Taze çamurlar işlenmediğinden dolayı doğrudan tarımda kullanılması istenmemektedir. Hastalık yapıcı mikroorganizmalar içeriğinden hayvanların otladığı alanlarda kullanımından kaçınılmalıdır (Filibeli, 1996). Aritma çamurunu gübre olarak kullanmak istersek uygulanan işlemlerin maliyeti, ticari gübrelerin maliyetinden daha fazla olmamalıdır.

Aritma çamurları ve endüstriyel atıkların kullanım olanakları düşünüldüğünde, bitki besin elementleri ve ağır metal içeriklerinin göz önünde bulundurulması önemli bir etkidir. Çünkü bu çamurlar genelde bitkilerin büyümesi için gerekli olan besin maddelerini içermelerine karşın, arıtma çamurunun gübre değeri; atığın kaynağı, içerdiği zehirli madde varlığı, atıksuyun özellikleri ve kullanılan arıtma proseslerine bağlı olarak farklılık göstermektedir (Soumare vd., 2002).

Aritma çamurunun içeriğinden bulunan çok fazla kimyasal maddeden dolayı tarım alanlarında bilinçsiz kullanımı hem çevresel hem de sağlık açısından sorun teşkil ettiğinden gelişmiş ülkeler gibi ülkemizde de yasal olarak sınırlamalar getirilmiştir (Terzi, 2007).

Günümüzde arıtma çamurlarının toprakta kullanılmasındaki en önemli belirleyici faktör ağır metal içeriği olmalıdır. Tarım potansiyeli yüksek olan ülkemizin stabilize arıtma çamurlarının kullanımı ile ilgili yönetmeliğinde ağır metallerin izin verilen maksimum miktarları belirlenirken, organik kirleticiler ile ilgili bir düzenleme ancak 2010 yılında yayınlanan yönetmelikte ilk kez yer almıştır.

2010'da yürürlüğe giren Eysel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelikte (EKAÇTKDY) stabilize arıtma çamurlarının toprakta kullanılabilmesi için bazı organik bileşikler ve dioksinler için sınır değerleri, stabilize arıtma çamurunda müsaade edilecek maksimum ağır metal içerikleri, pH ve organik madde sınırları verilmiştir (Anonim, 2010).

Arıtma tesislerinin bir yan ürünü olan arıtma çamurlarının miktarının gittikçe artması kaçınılmazdır. Çamurların nihai bertarafı için yaygın olarak kullanılan düzenli depolama, yakma ve kompostlaştırma alternatiflerine arıtma çamurlarındaki patojen mikroorganizmalar, ağır metaller ve diğer toksik maddeler nedeniyle temkinli yaklaşılmaktadır.

Arıtma çamurunun kalorifik değeri, çamurun içeriğindeki uçucu katı madde oranına ve çamurun tipine bağlıdır. Arıtılmamış çamurun kalorifik değeri, özellikle önemli miktarda yağ ve gres içeriyor ise çok yüksektir. Çamurun bertarafı sırasında termal işlemler uygulanarak çamurun suyu alınarak ısı değeri arttırılmalıdır.

Mekanik yöntemlerle susuzlaştırma çamurunun (çamur kekinin) kurutulduktan sonra yakıt olarak kullanılması da bir seçenektir. 4000-4500 kcal/kg değerine sahip kekin bu ısı değeri, düşük kalori değerine sahip kömüre yakındır. Çamurların termal işlemlerden geçirilerek değerlendirilmesine ilişkin sınırlı da olsa pilot ve tam ölçekli uygulamalar süregelmektedir. Kül de talaş, fırın atıkları ve bazı katı atıklar da olduğu gibi yapı malzemesi ve bazı endüstriyel kullanımlar için uygunluk göstermektedir. Almanya, Japonya, İngiltere, İsveç ve Singapur gibi sanayileşmiş ülkelerde evsel nitelikli arıtma çamurlarının veya arıtma çamuru küllerinin kille karıştırılarak inşaat malzemesi üretilmesi çalışmaları süregelmektedir. Çamurun tuğla ya da kiremit üretimi için katkı malzemesi olarak kullanılması sayesinde ayrıca çamur içerisindeki ağır metallerin tutulması, patojenlerin yok edilmesi ve organiklerin tam oksitlenmesi sağlanmaktadır (Mazlum vd., 2009; Kemirtlek, 2013).

Çamurların hammadde olarak değerlendirilmesinde, yapı malzemesi, çimento hammaddesi ve adsorbent olarak kullanımı ön plana çıkmaktadır. Arıtma çamurlarına herhangi bir kimyasal stabilizasyon işlemi uygulanmaksızın yapı ya da kaplama malzemesi olarak kullanımı, oluşacak emisyonlar nedeniyle kısıtlanmakta bu tür kullanımlar için çamurların kimyasal veya termal işlemlerden geçirilmesi ön koşul olarak getirilmektedir. Çimento sanayinde ise döner fırınlarda ek yakıt olarak enerji sağlayan çamur, yanması sonucu oluşan kül ile klinker için katkı olmakta ve portland çimentosu üretiminde kullanım alanı bulmaktadır (Aydın, 2004).

Çimento üretiminde kullanılan geleneksel fosil yakıtlar doğalgaz, petrol veya kömür olup atık yağlar, plastik maddeler, atıktan üretilmiş yakıt (ATY), oto parçaları, atık lastikler ve AAT çamurları gibi ısı değeri nispeten yüksek muhtelif malzemelerden de ek yakıt olarak yararlanılabilmektedir. Çizelge 1.2'de, çimento sanayinde kullanılan alternatif yakıtlar üç sınıf halinde verilmektedir (Anonim,2015b).

Çizelge 1.2 Çimento endüstrisi için alternatif yakıt seçenekleri

Sıvı Atıklar	Katran, kimyasal atıklar, distilasyon kalıntıları, atık solventler, kullanılmış yağlar,vaks/parafin süspansiyonları, petrokimya atıkları, asfalt karışımları, boya artıkları, yağ çamurları
Katı Atıklar	Pet şişeler, atık kâğıtlar, kauçuk atıkları, kâğıt hamuru çamuru, kullanılmış araba lastikleri, pil, akü ve bataryalar, plastik artıklar, tahta atıklar, kentsel katı atıklar, pirinç kabukları, fındık kabukları, atıktan türetilmiş yakıtlar (ATY), yağlı/petrollü toprak, arıtma çamurları
Gaz Atıklar	Katı atık düzenli depolama sahasında oluşan depo gazı, piroliz sonucu oluşan gazlar

Temel bir kural olarak, çimento fırınına maksimum arıtma çamuru besleme oranı, çimento fabrikasının klinker üretim kapasitesinin % 5'ini geçmemelidir. Örneğin, 2000 ton/gün kapasiteli bir çimento fırını için en fazla 100 ton/gün kuru çamur beslenmesi tavsiye edilir (Fytılı ve Zabaniotou, 2006). Söz konusu çamur/kömür oranı kısıtlaması, çamur içeriğindeki ağır metal ve tuz gibi çeşitli zararlı malzemelerin yüksek miktarda salımını önlemek açısından önem arz eder. Bu itibarla emisyonların baca gazındaki konsantrasyonları, ilgili yasal düzenlemelere ve standartlara uymalıdır. Sanayileşmiş ülkelerdeki tesislerde, tipik bir kuru

prosesli Portland Çimentosu Fabrikasında birincil enerji tüketiminin yaklaşık % 75'i fosil yakıt tüketimi ve % 25'i ise elektrik tüketiminden oluşur. Çimento üretimi sürecinde birincil (ön) prosesler, yakıt enerjisinin % 99'unu tüketerek en fazla enerji gerektiren (enerji yoğun) adım olarak öne çıkar.

Elektrik enerjisinin ise % 33'ü hammadde işlenmesi, % 38'i de klinkerde kırma ve öğütme ekipmanlarını çalıştırmak için kullanılır. Arıtma çamurlarının yakılması neticesinde ortaya çıkan kül, düzenli depolamada bertaraf edilebildiği gibi, yapı malzemelerinin çeşitli özelliklerinin geliştirilmesi için inşaat sektöründe de kullanılabilir. Söz konusu külden, tuğla üretiminde ve beton harcında ince agrega olarak faydalanılabilmektedir (Anonim, 2015b).

Zeytincilik ülkemiz tarım sektörü içinde hem ekonomik hem de sosyal açıdan büyük bir önem taşımaktadır. Zeytinyağı üretimi sırasında herhangi bir kimyasal madde kullanılmaması, bu sektörün çevreye zararlı olmadığını düşündürse de, üretim sonrasında oldukça yüksek miktarlarda yan ürün oluşturur. Üretim teknolojisine bağlı olarak, her 100 kg zeytinden 35 kg katı atık (pirina) ve 55-200 L sıvı atık (karasu) meydana gelir (Niaounakis ve Halvadakis, 2006; Kılıç, 2011).

Zeytinyağı fabrikalarının bir yan ürünü olan pirina, zeytin çekirdeği ve posasından oluşur. Pirina Akdeniz ülkelerinde görülen önemli bir biyokütle çeşididir. Zeytinin ortalama olarak % 35-45'i ham pirinadır. Pirinanın, üretim teknolojisine göre değişen oranlarda yağ içermesi ve yakıt olarak kullanılabilmesi nedenleriyle, ekonomik olarak değeri yüksektir (Bayram ve Dumanoglu, 2002).

Zeytinin alt ürünleri; pirina, karasu ve budama atıklarıdır. Bu alt ürünlerden budama atıkları Türkiye'de sorun olmadan kendi kendine değerlendirilmektedir. Pirina ise zeytinyağı fabrikalarından zeytinlerin sıkılmasından sonra artakalan zeytin küspesine denir. Pirina % 6-8 yağ ve % 20-30 su içermektedir. Genellikle 100 kg zeytinden 35-40 kg pirina elde edilmektedir (Işıklı, 1986).

Pirinadan kimyasal maddeler kullanılarak elde edilen yağlar; sabun sanayisinde, şeker fabrikalarında evaporasyon kazanlarında köpük giderici olarak, yağ asidi yapımında, yakıt maddesi olarak kullanılmaktadır (Seferoğlu, 1997).

Zeytinyağı üretiminde oluşan yan ürünlerden olan pirina ve karasuyun etrafa yaydıkları kötü koku nedeniyle çevre açısından önemli bir kirlilik oluşturmaktadır. Zeytin karasuyu, içerdiği yüksek orandaki yağlardan ve yüksek miktardaki KOİ ve düşük moleküler ağırlıklı fenolik maddeler nedeniyle arıtıla bilirliği güç olan atıksulardır. Zeytin atıklarının çevreyi kirliletmeden arıtımı ve bertarafı zeytinyağı üreten diğer ülkelerde olduğu gibi Türkiye için de önemli bir çevre sorunu oluşturmaktadır (Kurtuluş, 2003; Öcal, 2005; Fırat 2007; Kırıl Mert vd., 2008).

Türkiye’de zeytinyağı üretimi sonucu oluşan katı atık miktarı yılda yaklaşık 200000 ton civarında, ticari açıdan yeterince değerlendirilemeyen katı atık pirinanın bir kısmı yakıt olarak kullanılmakta, büyük bir kısmı da alıcı ortamlara verilmekte ve boş arazilere dökülmektedir. Böyle uygulamalar çevre sorunu beraberinde getirmektedir. Ülkemizde halen pirinayı değerlendirecek bir sanayi kolu mevcut bulunmamaktadır. Bu durum hem ülkemiz için hem de Türkiye’nin en fazla zeytin ve zeytinyağı üreten bölgesi olan Ege Bölgemiz açısından çok önemli bir ekonomik kayıp ve çevresel sorundur (Demirtepe, 2008).

Pirina, yakıt, büyükbaş hayvanlar için yem, gübre ve hatta bitümle karıştırıldığında yol yapımında katkı malzemesi olarak kullanılabilir. Sahip olduğu enerji içeriği nedeniyle en yaygın kullanımı ülkemizde ısınma amaçlı yakıt olarak kullanımıdır. İspanya ve İtalya gibi Akdeniz kuşağında bulunan ülkeler ile ülkemizde de oldukça büyük bir sektör olan zeytinyağı üretiminin sonucunda uzun yıllardır atık madde olarak çevre kirliliği oluşturmuş pirinanın yakacak olarak endüstride değerlendirilmesine yönelik de çalışmalar yapılmaktadır. Başka yakıtlarla karşılaştırıldığında oldukça düşük maliyetli, yüksek kalorifik değeri ve yenilenebilir oluşu yanında çevreye dost bir yakıt olması ile pirina yakılmasının endüstriye getireceği yararlar oldukça fazladır.

Günümüzde ilerleyen teknolojiye paralel büyüyen tarım işletmelerinde enerji giderleri hatırı sayılır oranda artmaktadır. Buradan hareketle geçmişte birtakım giderlerin girdi olarak kazanımı şeklinde karşımıza çıkan bitkisel atıklardan faydalanma işlemi bilgi ve araştırmalar ışığında daha verimli kazanımlar elde etme çabaları şeklinde sonuçlanmış ve daha verimli adımlar olarak ortaya çıkmıştır.

Buradan hareketle elde ki zeytin atıklarının yanma potansiyelini daha verimli hale getirme yolları aranabilir. Bu da öncelikle zeytinyağı fabrikalarımızda 3 fazlı üretim sistemine geçmekle ve bunun sonucunda doğayı daha az kirletmekle mümkün olabilir. Böylece zaten çevrede sorun olan arıtma çamuru ile birlikte değerlendirilerek bertarafı sağlanabilir.

Böylelikle az bir maliyetle yanma performansının artırılmasıyla alternatif yöntemler denemek suretiyle var olan çevresel iki sorundan zeytin atıkları ve arıtma çamurunun birlikte ortadan kaldırılması ya da bunlardan biri olan pirinanın daha verimli ve daha uygun değerlendirme yolları araştırılmalıdır.

1.1. Çamur Yönetimi ile İlgili Yasal Çerçeve

Çamur yönetimi ile ilgili olarak Türkiye, ABD, Avrupa Birliği Ülkelerinde yürürlükte olan yasal çerçeve ana hatları ile aşağıda özetlenmiştir.

Ülkemizde arıtma çamurlarının tarımda kullanılabilme şartları, arıtma çamurlarının kullanma sınırlamaları ve yasakları 14.03.1991 tarih ve 20814 sayılı resmi gazetede yayınlanan Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği (Anonim, 1991) ile belirlenirken 2002 yılında bu yönetmelik kapsamında yürürlükten kaldırılmıştır. KAKY kapsamında bir yılda toprağa verilebilecek en fazla ağır metal yükü; Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Hg ve Zn için sırası ile 2000, 33, 2000, 2000, 330, 42 ve 5000 g/ha-yıl olarak belirtilmiştir. Aynı yönetmelikte arıtma çamurlarında bulunabilecek en fazla ağır metal miktarları, Pb, Cd, Cr, Cu, Ni, Hg ve Zn için sırasıyla, 1200, 20, 1200, 1200, 200, 25 ve 3000 mg/kg çamur kuru madde olarak belirtilmiştir.

2001 yılında yürürlüğe giren Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliğinin üçüncü bölümünde ham çamur, stabilize arıtma çamuru ve kompostun toprakta kullanılması ile yasal düzenlemeler yer almıştır. 30 Mayıs 2005 tarih ve 25831 sayılı Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği'ndeki toprakta kullanılacak arıtma çamurlarında müsaade edilebilecek maksimum ağır metal içerikleri: Cu 1750 mg/kg, Zn 4000 mg/kg, Cd 40 mg/kg, Cr 1200 mg/kg, Ni 400 mg/kg, Pb 1200 mg/kg, Hg 25 mg/kg olarak belirtilmiştir (Anonim, 2005).

Arıtma çamurlarının toprakta kullanımı ile ilgili yasal mevzuat 2010 yılında yürürlüğe giren Eysel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelik ile düzenlenmiştir. Çizelge 1.3’de topraktaki ağır metal sınır değerleri, Çizelge 1.4’de kullanılacak arıtma çamurunda müsaade edilecek ağır metal konsantrasyonları Çizelge 1.5’de ise toprakta kullanılacak stabilize arıtma çamurundaki organik bileşiklerin konsantrasyonlarının ve dioksinlerin sınır değerleri yer almaktadır (Anonim, 2010).

Çizelge 1.3 Topraktaki ağır metal sınır değerleri (EKAÇTKDY, 2010)

Ağır Metal (Toplam)	6≤pH<7 mg/kg⁻¹ Fırın Kuru Toprak	pH≥7 mg/kg⁻¹ Fırın Kuru Toprak
Kurşun	70	100
Kadmiyum	1	1,5
Krom	60	100
Bakır	50	100
Nikel	50	70
Çinko	150	200
Cıva	0,5	1

Çizelge 1.4 Toprakta kullanılabilir stabilize arıtma çamurunda müsaade edilecek maksimum ağır metal muhtevaları (EKAÇTKDY, 2010)

Ağır Metal (Toplam)	Sınır Değerler (mg/kg⁻¹ kuru madde)
Kurşun	750
Kadmiyum	10
Krom	1000
Bakır	1000
Nikel	300
Çinko	2500
Cıva	10

Çizelge 1.5 Toprakta kullanılacak stabilize arıtma çamurundaki organik bileşiklerin konsantrasyonlarının ve dioksinlerin sınır değerleri (EKAÇTKDY, 2010)

Organik Bileşikler	Sınır değerler (mg/kg⁻¹ kuru madde)
AOX (Adsorblanabilen organik halojenler)	500
LAS (Lineer alkilbenzin sülfonat)	2600
DEHP (Diftalat(2-ethylhexyl))	100
NPE (Nonil fenol ile 1 ve 2 etoksi grubu olan nonil fenol etoksilatların toplamını içerir)	50
PAH (Polisiklik aromatik hidrokarbon veya poliaromatik hidrokarbonların toplamı)	6
PCB (28, 52, 101, 118, 138, 153, 180 sayılı poliklorlu bifenil bileşiklerinin toplamı)	0,8
Dioksinler	ng Toksik Eşdeğer/kg kuru madde
PCDD/F Poliklorlu dibenzodioksin/dibenzofuranlar	100

1.1.1. ABD Standartları

ABD’de evsel nitelikte arıtma çamurları ile biyokatıların kullanımı ve uzaklaştırılması (bertarafı) USEPA’nın hazırladığı “40 numaralı Federal Yönetmelik kısım 503” ile düzenlenmiştir. Bu yönetmelik esas olarak evsel atıksu arıtma çamur ve biyokatıların yönetimini başlıca 3 sınıf altında düzenlenmektedir. Sınıflardan ikisi (A ve B) indikatör bakteri ve/veya patojen kriterlerini, üçüncü tip biyokatılar (çok iyi tip biyokatılar, EQ sınıfı) için ise patojen ve ağır metal limitlerini tanımlamaktadır.

Arıtma çamurlarının park ve bahçeler ile tarımda kullanılması durumunda, çamur ve biyokatılara söz konusu yönetmelikte önerilen patojen giderme teknolojileri seçeneklerinden birinin uygulanmış olması gerekmektedir. Böcek veya diğer hayvanlar (kuş, fare, köpek vb.) aracılığı ile bulaşıcı hastalıkların yayılmasını önlemek üzere, USEPA Yönetmeliğinde önerilen toplam 11 adet vektör ilgisini azaltım tedbiri seçeneğinden en az birinin uygulanması öngörülmektedir (USEPA, 1993, USEPA, 1994).

1.1.2.AB Yönetmelikleri

AB müktesebatında arıtma çamurlarının yönetimine ilişkin temel direktif AB Çamur Direktifi olup, bu direktifle ilgili bilgiler aşağıda verilmiştir.

AB Çamur Direktifi (86/278/EEC)

AB bünyesinde, arıtma çamurlarına ilişkin tüm yönetim stratejileri Çamur Direktifinde tanımlanmıştır. Direktife göre, çamurun bilimsel tarım açısından çok önemli nitelikleri olduğu bildirilmektedir. Ayrıca direktifte, çamur ve toprak içerisindeki ağır metaller ile yıllık olarak toprağa uygulanabilecek en yüksek ağır metal miktarlarına ilişkin kısıtlamalar getirmektedir. Arıtma çamurunun tarımsal alanlara uygulanması ile hayvan otlatma ve/veya hasat zamanları arasında geçen süre en az 3 hafta olmalıdır. Meyve ağaçları dışında diğer meyve ve sebzelerin büyüme döneminde araziye uygulamaları yapılamaz. Buna ilaveten, Kentsel Atıksu Arıtımı Direktifi (91/271/EEC) uygulamasının, 2005 yılında çamur oluşumunda %50 oranında artışa, bir başka deyişle, yılda 10 milyon ton çamur oluşumuna sebep olduğu kaydedilmiştir.

1.1.3. Kentsel AAT Çamuru ile ilgili AB Mevzuatı

AB'de, atık yönetimine ilişkin aşağıda listelenen çeşitli direktifler sırasıyla yürürlüğe alınmıştır:

- 1975 yılında, çevre kirliliğinin önlenmesi ve çevre dostu bertaraf yöntemlerinin/teknolojilerinin teşvik edilmesi amacıyla, atık yönetimine ilişkin genel çerçeveyi ilk kez tanımlayan Atık Çerçeve Direktifi (75/442/EEC) yürürlüğe girmiştir.
- Kentsel AAT çamurunun toprak/arazi uygulamalarını teşvik amacıyla, Arıtma Çamurlarının Tarımda Kullanılması Direktifi (86/278/EEC), 1986 yılında yürürlüğe girmiştir. Direktif aynı zamanda arıtma çamurlarının, toprak, bitki örtüsü, hayvanlar ve insanlar üzerindeki muhtemel olumsuz etkilerini önleyecek şekilde kullanımını düzenler. Direktifte, arıtılmış/işlenmiş arıtma çamuru, “kullanımından kaynaklanabilecek sağlık risklerini azaltmak üzere biyolojik, kimyasal veya termal süreçler ile uzun süreli depolama/bekletme gibi işlemlere tabii tutulmuş çamur” olarak tanımlanır. İşlenmemiş çamurun tarımda kullanımına ise, yalnızca

toprağa enjekte edilmesi veya toprak altına verilmesi/beslenmesi durumlarında müsaade edilir.

- 1991 yılında yürürlüğe giren Tehlikeli Atık Direktifi (91/689/EEC) ile bu tür atıkların bertarafı için özel standartlar ortaya konmaktadır.
- İlk olarak 1991’de hazırlanarak 1998’de revize edilen Kentsel Atıksu Direktifi (91/271/EEC) ile 2005 yılından itibaren, atıksu yönetimi alanında daha sıkı kalite standartları getirmiştir. Direktifin AAT çamurları konusundaki temel maddesinde, “AAT’lerden kaynaklanan çamurların uygun olan her durumda yeniden kullanımı” zorunluluğunu getirmektedir.
- AB’de 1985-2000 döneminde, dioksinlerin % 90 oranında azaltımı hedeflemiştir. Ayrıca 2000 yılında onaylanarak 2005 yılında yürürlüğe giren yeni bir direktif ise, yakma kaynaklı dioksin emisyonuna sınırlama getirmektedir (Anonim, 2015b).

AB’nin nihai atık bertaraf hedefi, 2000 yılında oluşan miktarlara göre, 2020 yılına kadar % 20 ve 2050 yılına kadar ise % 50 oranında atık azaltımıdır. Bu hedefe ulaşabilmek için belirlenen strateji kapsamında yer alan yöntemler, öncelik sırasına göre aşağıda verilmiştir:

- a) Atık önleme
- b) Geri dönüşüm ve enerji eldesi yoluyla atık geri kazanımı
- c) Geliştirilmiş arıtma şartları
- d) Atık taşınımının düzenlenmesi

2. KAYNAK ÖZETLERİ

İnsanoğlunun günümüzde ve gelecekte de en büyük ihtiyaçlarının başında su ve gıdadan sonra enerji ve özellikle elektrik enerjisinin geleceği bir gerçektir. Dünya yüzeyinde bulunan tüm kaynakların bir gün tükenebileceğini düşünerek insanlığın mümkün olduğunca alternatif enerji kaynakları bularak bunlardan yararlanma süresini uzatması da bu anlamda oldukça önem arz etmektedir. Bu kısımda çalışma konuları ve sonuçlarımız ve materyallerimiz ile ilgili olarak bazı literatür bildirişleri aşağıda verilmiştir.

Themelis vd., nin 2002’de yapmış oldukları bir çalışmada katı atıkların yanma değerlerinin, atığın nem miktarına ve katı atıkların türleriyle bağlantılı olduğunu saptamışlardır. Bangladeş’in Dhaka kentinde yapılan çalışmada, kentsel atıkların 9,20 MJ/kg, endüstriyel atıkların 5,67 MJ/kg ve ticari amaçlı atıkların 6,94 MJ/kg olarak hesaplamışlar (Sufian ve Bala, 2007).

Mathioudakis vd., (2008) arıtma çamuru üzerine yaptığı çalışmada çamurların patojenlerinin kontrolü için doğal kurutma işlemi uygulamışlardır. Arıtma çamurunun ortalama nem içeriği kurutmadan sonra, sonbahar mevsiminde 9 ile 33 gün içinde % 85’den % 10’a, yaz boyunca 7 ile 12 gün içinde % 85’den % 6’a düştüğü gözlenmiştir. Çamurunun kurumasından sonra hacminin % 80-85 azaldığına, depolama sırasında ve nakliyede büyük kolaylıklar sağlandığını belirtmişlerdir (Mathioudakis vd., 2009).

Fodor vd., (2011) çalışmalarında atıkların, alternatif yakıt olarak kullanılabilirliğini araştırmışlardır. Kentsel ve sanayi atıklarının temel özelliklerinin bölgelere ve yıllara göre önemli ölçüde farklılık gösterdiklerini analiz etmişlerdir. Yaptıkları çalışma neticesinde çamurlarından enerji elde etme teknolojileri alanındaki gelişmeler ile ısı, güç ve yakıt üretmek amacıyla tasarım uygulanabilirliği öngörülmüştür.

Murray (2007) yapmış olduğu çalışmada arıtma çamurunun çimento üretiminde kullanılması böylece meydana gelecek muhtemel ekonomik ve çevresel yararlarını incelemiştir. Arıtma çamuru depolama alanlarında bertaraf edilerek, kompost şekilde zirai amaçlı tarım alanlarında kullanılarak veya çeşitli yapı malzemelerinin (çimento, tuğla, hafif agrega) üretiminde kullanılarak değerlendirilmektedir. Bu atık çamurun çimento sanayinde sağladığı yararlar aşağıdaki gibi özetlenmiştir.

- Düşük maliyet
- Enerji tasarrufu
- Çevre zararlarının en aza indirilmesi
- Emisyon değerlerinin düşmesi
- Doğal hayata ve küresel ekonomiye olumlu katkılar sağlaması

Kentsel atıkların alternatif yakıt olarak kullanılabilmesi için ezme işlemi yapılarak homojen karışımlar yapılarak başka yakıtlarla ve atıklardan elde edilen yakıtlarla karıştırmak suretiyle bir takım ön işlemler tabii uygulamışlardır (Frey vd., 2003). Atıkların parçacık boyutlarının küçülmesi yanma oranını arttırmakta ve parçacık boyutlarının yanma yöntemini belirlediğini saptanmıştır (Haas ve Weber, 2009). Kentsel katı atıkların kalorifik değerlerinin nemlerine bağlı olduğunu, bu bağlantının zamana ve bölgelere farklılık gösterdiği vurgulanmıştır.

Ruth (1998) Amerika'da, Frey vd., (2003) Orta Avrupa'da, Kumar ve Goel, (2009) Hindistan'da kentsel katı atıklardan alternatif yakıt elde etmek için araştırmalar yapmışlardır. Yaptıkları çalışmalarda atıkların yakılmasında ısıtma değerlerinin fosil yakıtlar kadar yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Bu da günden güne azalan fosil yakıtlara alternatif bir enerji kaynağı olan yenilenebilir enerji kaynaklarından olan biyokütlenin önemli oluğu kanısına varmışlardır (Stehlik, 2009).

Katı atıklar, endüstriyel alanlarda karışım halinde kullanılmalıdır. Bu karışımlar materyal türüne (Lee ve Byeon, 2009) ve uygulama şekline göre sınıflandırılır. Niessen (2010), teknolojinin gelişmesiyle katı atıklardan enerji üretimi ile ilgili çalışmalar yapmıştır. Bu çalışmalarda, yakıtın kalitesini ve yanma gazının analizlerine göre endüstriyel atıkları sınıflandırmıştır (Fodor vd., 2011).

Varbanov ve Friedler (2008), yaptıkları bir çalışmada, enerji dönüşüm sistemlerinin değerlendirilmesi üzerine bir prosedür geliştirmiştir. Biyokütle yakıtları ve fosil kaynaklı yakıtlardan ortaya çıkan CO₂ emisyon seviyelerini değerlendirmişler. Belirli orandaki karışımları P-grafik algoritma metodunu kullanarak etkili bir şekilde belirlemişlerdir.

Weber vd., (2009) organik materyal kaynaklı katı atıkların tek başlarına ve başka yakıtlarla da karıştırarak fırınlarda yanıcı olarak kullanılabilirliğini incelemişlerdir. Uygun yakıt teknolojileri kullanarak bu atıkların ekonomik bir şekilde yakıt olarak elde etmelerini sağlamışlardır. Analiz neticesinde yanan yakıtın kül içerdiğinin %20 ve ısıl değerinin diğer yakıt ısıl değeri standartlarının daha üstünde olduğunu tespit etmişlerdir.

Mohee (2001) yaptığı bir araştırmada Mauritius'ta bulunan katı atıkların geri kazanım potansiyelini üzerine çalışmış. Mauritius'ta bulunan katı atıkların içerik miktarlarına ilişkin verileri ve mevsimsel değişimi değerlendirmek için altı ay boyunca katı atıkları gözlemlemiştir. Mauritius'deki mevcut durum katı atıkların bertarafı ve geri kazanımı düşünülerek belirtilmiştir. Katı atıkların nem miktarının ortalama % 48 olduğu ve kuru ağırlık bazında 18800 kJ/kg ısıl değere sahip olduğu saptamıştır. Atıkların güneşle kurutulması, toprakta bulunan organik madde miktarını arttırmak için kullanılabileceğini belirlenmiştir.

Lu Cai vd., (2012) yaptıkları çalışmada arıtma çamurunun biyokurutma sırasında nem değişimi oranını araştırmışlardır. Nem içeriğinin su kütlesinin dengesi ile bağlantılı olarak, su buharlaştırma, su üretimi ve havalandırma su giriş hesaplanırken nem hacmini ve su buharını göstermek için ölçümler yapmışlar. Biyokurutma için kontrol teknolojisine yanıt olarak arıtma çamuru numunesinin nem içeriğinin % 66'dan % 54'e düştüğü hesaplanmıştır. Biyokurutma esnasında su buharlaşması su jenerasyonundan çok daha fazla olduğu izlendi ve havalandırma suyun buharlaşmasını kolaylaştırmıştır (Uzun ve Bilgili, 2011).

Grigati vd., (2007) yaptığı çalışmada organik atık olan yeşil bahçe atığı, torf (% 25, % 50, % 75, % 100) ve arıtma çamurlarını (% 80, % 20 v/v) kullanarak değişik oranlarda hazırladıkları yetiştirme ortamlarının bitki üzerine etkilerini araştırmışlardır. Normal dozda uygulanan karışımlar bitki büyümesinde etkili olduğunu saptamıştır. Fakat bitkilere uygulanan yüksek dozda arıtma çamuru bitkilerdeki Mg, K ve Mn gibi bitki besin elementlerini artırırken, Zn, Cu, Ni gibi bitkiye toksik etki yapabilecek ağır metalleri de arttırmıştır (Zorlu ve Pehlivan, 2016).

Guerrero vd., (2002), fıstık çamı ve arizona servisi bitkisi üzerine araştırma yapmışlardır. Araştırma alanında çam ağacı kabuğu kompostu, ağaç kabuğu kompostu ve % 15 arıtma çamuru karışımı ile hazırlanan homojen yetiştirme ortamı hazırlamışlardır. Deneme sonuçlarına göre, fıstık çamı ve arizona servisinin boylarında değişme olmaz iken, arıtma çamuru eklenmiş uygulamalarda kuru ağırlıklarının daha fazla olduğu gözlenmiştir. Arıtma çamuru yetiştirme ortamının kısmen de olsa fiziksel ve kimyasal özelliklerini etkilemiştir. Ama yetiştirme ortamının tuzluluk değerini yükseltmiştir. Boşluk oranını artırarak, tekrar sulandığında su çekmeyi kolaylaştırmış olması ve yetiştirme ortamını azot yönünden diğer uygulamalara kıyasla daha zenginleştirmiş olmasıdır.

Zeytin atığı olan karasuyun çok yüksek miktarda kimyasal ve biyokimyasal oksijen ihtiyacı göstermesi nedeni ile kirletici potansiyele sahip olduğunu Ursinos (1986)'da belirlemiştir. Benzer bir çalışmada Önder (1983), Aydın'da bulunan ve Ege Bölgesi için önem taşıyan zeytinyağı tesislerinden çıkan atık suları araştırmış ve bunların fiziksel ve kimyasal olarak arıtılması için laboratuvar çalışmaları yapmıştır. Çalışmaları neticesinde yüksek miktarda kirlilik içeren atık suların kimyasal arıtmadan sonra ileri biyolojik arıtma kademesine gereksinim duyduklarını tespit etmiş ve istenen atık suyu standartlarını sağlayıp, kirlilik yükünü azaltmak için % 97,7 Biyolojik oksijen değeri (BOD) giderme verimi sağlayan uzun havalandırılmalı aktif çamur tesisini önermiştir.

Kasırga, (1988); Şengül, (1991), 'ün belirttiğine göre zeytinyağı endüstrisi atık suyu, içermiş olduğu % 5-15 eriyebilir organik madde bakımından mikroorganizmaların metabolik işlemlerinde onların hızlı çoğalmalarını teşvik etmektedir. Bu da pelet veya biriket şeklinde yakıt imalinde son derece önemlidir. Endüstriyel açıdan gelişmiş ülkelerde elde edilen bu yakıtlar daha çok tuğla ve seramik imalatında kullanılmaktadır. Atıksudan (pirina ile birlikte) yakıt elde edildiğinde 2000-3000 kcal enerji elde edilmesine karşın bitki artıkları ilave edildiğinde bu enerji değeri 3000-4000 kcal seviyelerine çıktığını bildirmişlerdir (Fırat, 2007).

Masghouni ve Hassairi, (2000) % 3 ve % 6 arasında yağ içeren pirinayı kurutmuş ve sonra hekzanla tekrar ekstrakte ederek pirina içerisindeki yağ miktarını uzaklaştırmışlar. Yağsız pirinayı (posa) (alt ısı değeri 16,5 MJ/kg) alternatif yakıt olarak kullanmanın ekonomik ve çevresel boyutunu, briketledikten sonra tuğla

fabrikasının statik fırınında, 2 numaralı fuel oil (alt ısı değeri 43,5 MJ/kg) yerine direkt olarak kullanarak araştırmışlardır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada Didim Belediyesi evsel atık su arıtma tesisinden çıkan arıtma çamuru ve yerel işletmelerden temin edilen zeytin atığı kullanıldı.

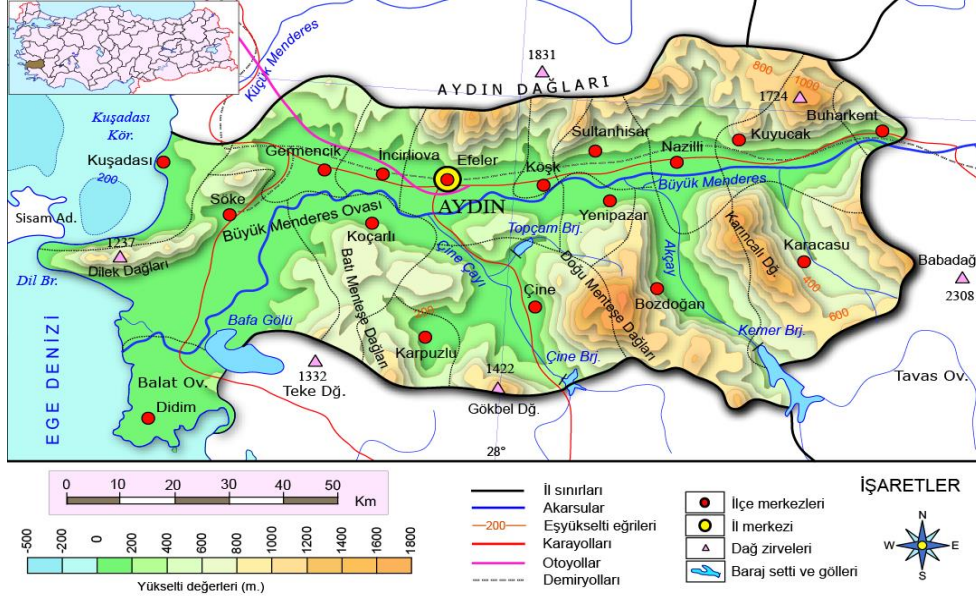
Çamur ve zeytin atığı karışım numunelerinin yüzde nem, yüzde organik madde analizleri yapılmış, ısı değerleri hesaplanmış ve ağır metal (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb, Zn) içerikleri belirlenmiştir. Peletlenen konuların bir takım mekanik özelliklerine bakılmıştır.

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma Alanının Konumu

Aydın ili kuzeyde İzmir ve Manisa, doğuda Denizli, batıda Ege Denizi ve güneyde Muğla ili ile çevrili olup ülkemizdeki dağlık illerden biridir. Deniz seviyesinden yüksekliği 65 m olan Aydın 37° 30' ve 38° 03' Kuzey Enlemleri ile 27° 00' ve 28° 57' Doğu Boyamları arasındadır. İlin yüzölçümü 8007 km²'dir (Anonim, 2016a). 2016 itibarıyla 1068260 nüfusa sahiptir (Anonim, 2017b).

Didim ise Aydın'ın turistik bir ilçesidir. Doğuda Muğla il sınırı, Güllük Körfezi ve Akbük Koyu, batıda ve güneyde Ege Denizi, kuzeyde Bafa Gölü ve Menderes Nehri ile sınırlanmış bir yarımada şeklindedir. Yüzölçümü 402 km²'dir. 2015 yılı nüfus sayımı sonuçlarına göre 73827 kişi yaşayan ilçede 16 mahalle bulunmaktadır (Anonim, 2016b). Yaz aylarında önemli sayıda turistin ziyaret etmesiyle nüfusta önemli bir artış olmaktadır. Araştırma alanı Şekil 3.1'de gösterilmiştir.

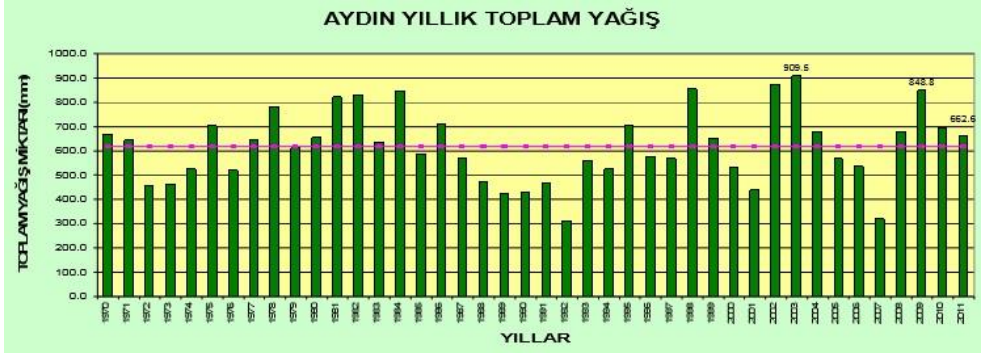


Şekil 3.1 Aydın ili fiziki haritası

3.1.2. Araştırma Alanının İklim Özellikleri

Aydın'da Akdeniz iklimi ve bitki örtüsü görülür. Yazlar sıcak ve kurak geçerken, kışları ılık ve yağışlı geçer. Büyük Menderes vadisi, diğer Ege ovaları gibi batıda denize doğru açılan bir oluk biçiminde olmasından dolayı denizin ıltıcı etkisi ve yağış getiren rüzgârların iç kısımlara kadar kolaylıkla girmesini sağlar. Kuzey rüzgârları sebebiyle Akdeniz bölgesine göre daha serindir.

2011 verilerine göre ilin uzun yıllık sıcaklık ortalaması 17,6°C, yıllık toplam yağış ortalaması ise 618,4 mm iken 2016 verilerine göre ise sıcaklık ortalaması 17,7°C ve ortalama yağış 645,1 mm'dir. Oransal nem değeri % 48-55 arasındadır. Aydın iline ait iklim değerlerinin uzun yıllar ortalama değerleri Şekil 3.2'de ve Çizelge 3.1'de verilmiştir (Anonim,2013, 2016c).



Şekil 3.2 Aydın iline ait yıllık toplam yağış miktarları



Şekil 3.3 Aydın ili yıllık toplam yağış zaman serisi ve aylık yağış dağılımı



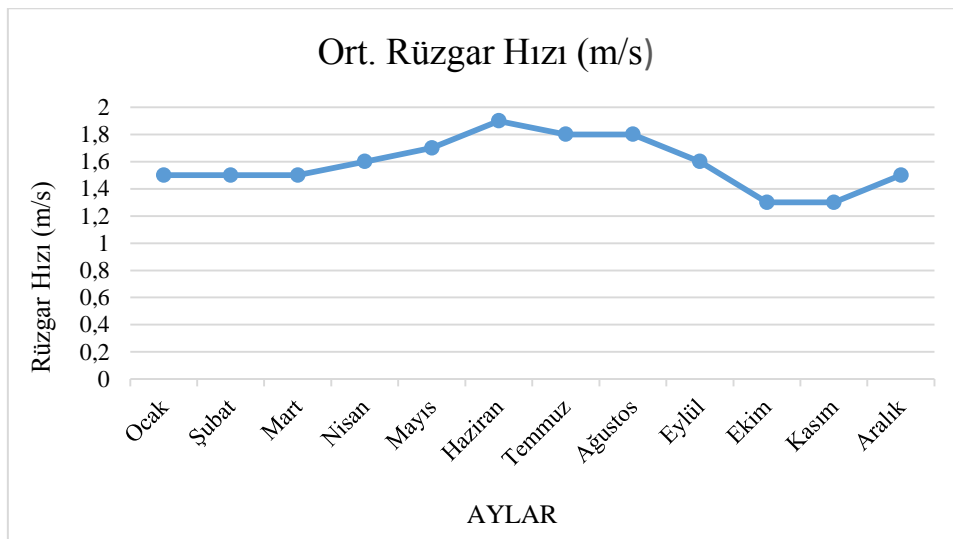
Şekil 3.4 Aydın ili yıllık ortalama sıcaklık zaman serisi ve trendi

Çizelge 3.1 Aydın iline ait çok yıllık iklim verileri

Aydın	Ortalama Sıcaklık (°C)	Ort. En Yüksek Sıcaklık (°C)	Ort. En Düşük Sıcaklık (°C)	Ort. Güneşlenme Süresi (saat)	Ort. Yağışlı Gün Sayısı	Aylık Toplam Yağış Ort. (mm)
Ocak	8,2	13,0	4,3	4,1	12,6	115,1
Şubat	9,3	14,7	5,0	4,4	10,3	94,5
Mart	11,7	17,8	6,6	5,5	9,5	70,3
Nisan	15,9	22,6	10,0	6,5	8,4	48,8
Mayıs	20,9	28,1	14,2	8,4	6,2	35,1
Haziran	25,8	33,3	18,1	10,2	2,4	13,6
Temmuz	28,4	36,1	20,4	10,5	0,7	3,8
Ağustos	27,6	35,7	20,2	10,2	0,5	2,2
Eylül	23,5	32,0	16,6	8,5	2,0	12,8
Ekim	18,4	26,2	12,7	6,5	5,6	44,0
Kasım	13,4	19,8	8,8	4,4	8,2	82,6
Aralık	9,5	14,4	5,6	4,0	13,0	122,3

Bu güne kadar ölçülen günlük maksimum sıcaklık: 44,6°C (22.07.1986)

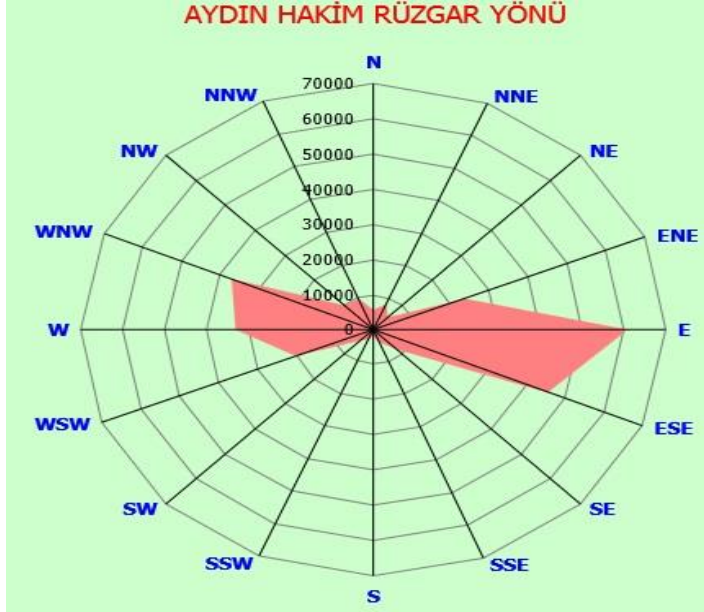
Bu güne kadar ölçülen günlük minimum sıcaklık : -11,0°C (04.01.1942)



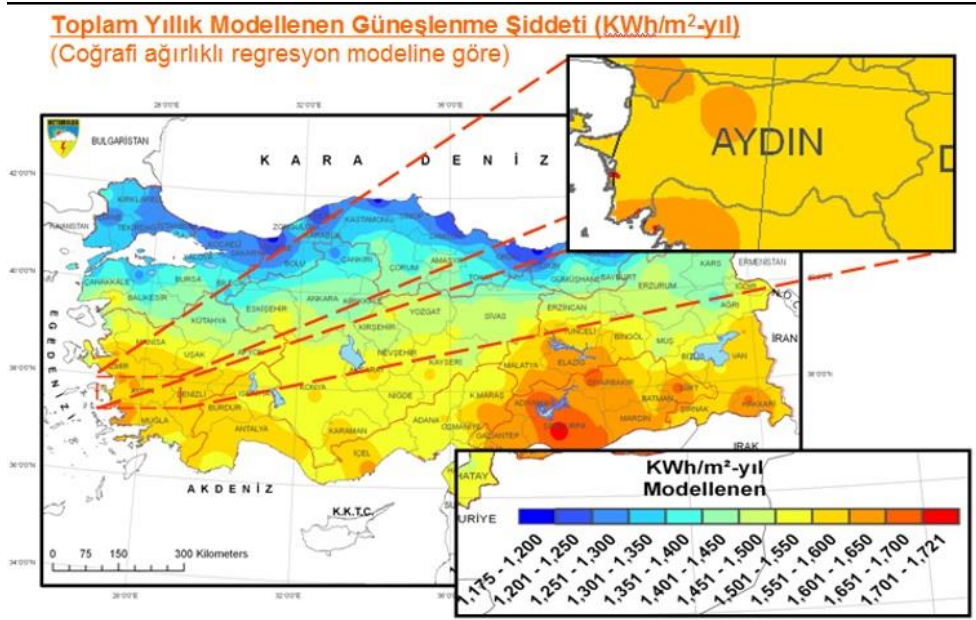
Şekil 3.5 Aydın'da aylık ortalama rüzgâr hızları

Bugüne kadar ölçülen maksimum rüzgâr hızı ise $21,4 \text{ m/s} = 77,0 \text{ km/saat}$ olarak ölçülmüştür (27.06.1975).

Aydın'ın hakim rüzgâr yönü Doğu, mevsimsel değişimlere bağlı olarak ikincil derece hakim rüzgâr yönü batı-Kuzeybatıdır.



Şekil 3.6 Aydın'a ait hakim rüzgâr yönünü gösterir rüzgârgülü



Şekil 3.7 Aydın için toplam yıllık modellenen güneşlenme şiddeti

3.1.3. Didim Atıksu Arıtma Tesisi

Didim Atık Su Arıtma Tesisi, karbon ve azot eliminasyonlu ve eş zamanlı çamur stabilizasyonlu, bir kademeli mekanik-biyolojik atıksu arıtma tesisidir. Çamur işlenmesi;

- statik fazla çamur yoğunlaştırma,
- mekanik susuzlaştırma
- kireç ile işleme(ihtiyaç halinde)

ünitelerinden oluşmaktadır. Tesisin günlük debisi 24000 m³/gün. Uzun havalandırılmalı, ileri biyolojik arıtma sistemi olup arıtma çamurları nihai olarak mekanik ekipmanlarla susuzlaştırıldıktan sonra çamur depo alanına aktarılmaktadır. Şekil 3.8'de Didim Atıksu Arıtma Tesisi'nin havadan görünüşünü göstermektedir (Anonim, 2015c). Şekil 3.9'da ise tesisten alınan materyali göstermektedir.



Şekil 3.8 Didim atıksu arıtma tesisinin havadan çekilmiş uydu görüntüsü



Şekil 3.9 Didim atıksu arıtma tesisinin arıtma çamuru keki

3.1.4. Çalışmada Kullanılan Materyallerin Özellikleri

Çalışmada kullanılan arıtma çamurunun bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 3.2’de verilmiştir. Çalışmada kullanılan zeytin atığının bazı fiziksel ve özelliği Çizelge 3.3’de verilmiştir (Uzun ve Seferoğlu, 2017).

Çizelge 3.2 Arıtma çamurunun bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Parametre	Birim	Arıtma Çamuru
Nem, W	%	86,68 ^a
Üst Isıl Değer, HHV	MJ kg ⁻¹	17,33
Organik madde, OM	%	68.49
Ağır metaller:	mg kg ⁻¹	
Cd		1,210
Pb		14,7
Cu		121
Zn		785
Cr		137
Ni		71,1

Çizelge 3.3 Zeytin atığının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Parametre	Birim	2 Yıllık Ort. Değer
pH		6,20
EC	dSm ⁻¹	6,63
OM	%	29
N	%	1,52
C/N		12,53
P	%	0,22
K	%	2,58
Ca	%	0,43
Mg	%	0,334
Na	%	0,20
Fe	mg kg ⁻¹	0,092
Zn	mg kg ⁻¹	0,051
Mn	mg kg ⁻¹	0,0234
Cu	mg kg ⁻¹	0,033

3.1.5. Çalışma Alanı

Çalışma, Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliği Biyosistem Mühendisliği uygulama arazisinde yapılmıştır. Çalışma, diffüz radyasyonu ve kondüksiyon yoluyla yerden gelebilecek ısı transferini engellemek ve sonuçlara olası etkileri önlemek amacı ile araziye kurulan ahşap platform üzerine yerleştirilen polipropilen konteynerler kullanılarak yapılmıştır. Kullanılan bu konteynerler değişik derinliklerin test edilmesi için 11 dm³ ve 22 dm³ kapasiteli olarak 2 tip seçilmiştir, polipropilen konteynerler Şekil 3.10'da gösterilmiştir (Anonim, 2016d).



Şekil 3.10 Testlerde kullanılan konteynerler

Konteynerlerin içerisindeki materyalleri karıştırmak için mikserlerden yararlanılmıştır. Konteynerler içerisindeki materyalin derinliğine göre özel ayaklar hazırlanarak karıştırma işleminin daha sağlıklı olması sağlanmıştır. Şekil 3.11'de çalışmada kullanılan mikserler görülmektedir.



Şekil 3.11 Çalışmada Kullanılan Mikserler

3.2. Yöntem

Çalışma alanına getirilen arıtma çamuru ve zeytin atığı nemlerin belirlenmesi için numuneler alındıktan sonra ağırlık ve hacim dikkate alınarak

- % 70 arıtma çamuru % 30 zeytin atığı,
- % 80 arıtma çamuru % 20 zeytin atığı,
- % 100 arıtma çamuru

olacak şekilde konteynerlere alınmış ve konteynerler ahşaptan oluşturulmuş platforma deneme desenine göre yerleştirilmiştir. Karışım oranları da daha önceki çalışmalarda elde edilmiş olan ısı değerlerine ve üst ısı değerlerine bakılarak tespit edilmiştir (Yılmaz ve Wzorek, 2015). Şekil 3.12’de gösterilmektedir.



Şekil 3.12 Ahşap platform üzerine yerleştirilen konular

Arıtma çamurları 5 cm ve 15 cm derinliklerde konteynerlere akşam saatlerinde konduktan sonra tartılarak tüm konulardan örnekler alınmış, arıtma çamuru ile zeytin atığı karışımlarının nem içerikleri belirlenerek başlangıç nem düzeyleri tespit edilmiştir.

Güneşin geliş açısı temel alınarak doğal kurutma işlemi yapabilmek için karıştırma işlemine saat 9.00'da başlanmıştır ve 1,5 saat aralıklarla günde 6 kere (9.00, 10.30, 12.00, 13.30, 15.00, 16.30) konteynerler içindeki materyal karıştırılmış ve karıştırılmadan önce, karıştırıldıktan sonra sıcaklıklar ölçülerek kaydedilmiştir.

Konteynerler sabah 9.00'da öğlen 13.00'de ve akşam saat 17.00'de tartılarak gün içindeki kaybedilen nem içerikleri belirlenmiştir.

Her gün karışımlardan örnek alınarak etüv kurusu yapılarak nem tayini yapılmıştır. Konuların nem içeriği % 35-40'a geldiğinde numuneler 6 farklı çapta (10 mm, 15 mm, 20 mm, 25 mm, 30 mm, 35 mm) ve 5 cm uzunlukta peletlenerek bir takım mekanik özelliklerine bakılmıştır. Şekil 3.13'de peletlenen örnekler kurutulurken görülmektedir.



Şekil 3.13 Peletlenen örnekler

3.2.1. Nem Tayini

3.2.1.1. Etüvde nem tayini

Her gün 6 defa karıştırılan konulardan son karıştırma zamanı olan saat 16.30'dan sonra bütün konulardan örnekler alınarak nem içeriğinin belirlenmesi için etüvde 105°C'de 24 saat bekletilip nem tayini EN 12880:2000 göre (3.1), (3.2), (3.3), (3.4) de verilen formüllerden yararlanılarak nem içerikleri hesaplanmıştır. Şekil 3.14'de rutubet kapları içindeki örneklerin kurutulmak üzere etüve yerleştirilmeleri görülmektedir.

$$M_D = M_B - M_E \quad (3.1)$$

$$M_W = M_M - M_E \quad (3.2)$$

$$D_R = 100 \times (M_D - M_W) \quad (3.3)$$

$$M_C = 100 \times (M_W - M_D) / M_W \quad (3.4)$$

Eşitliklerde;

M_E : Örnek alma kabı ağırlığı, g

M_M : Örnek + örnek alma kabı ağırlığı, g

M_B : 24 saat süresince 105°C sıcaklıkta bekletilen örnek + örnek alma kabı ağırlığı, g

M_W : Örnek ağırlığı, g

M_D : Kuru örnek ağırlığı, g

D_R : Kuru madde, g

M_C : Yüzde nem içeriği, %



Şekil 3.14 Nem kontrolü için alınan konu örneklerinin etüvde kurutulması

3.2.1.2. Kurutma platformunda ağırlık ve nem tayini

Nem içeriğini belirlemek için kullanılan ikinci yöntem de her gün 3 kez (saat 9.00, 13.00 ve 17.00) tartılan konuların ağırlık kayıpları aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$W_{SS}=(W_{Ailk}-W_B) - (W_{Ason}-W_B) \quad (3.5)$$

Eşitlikte;

W_{SS} : Örnek ağırlığı, kg

W_{Ailk} : Başlangıç örnek ağırlığı + kurutma konteyner ağırlığı, kg

W_{Ason} : Bitiş örnek ağırlığı + kurutma konteyner ağırlığı, kg

W_B : Boş kurutma konteyner ağırlığı, kg

3.2.2. Sıcaklık Ölçümleri

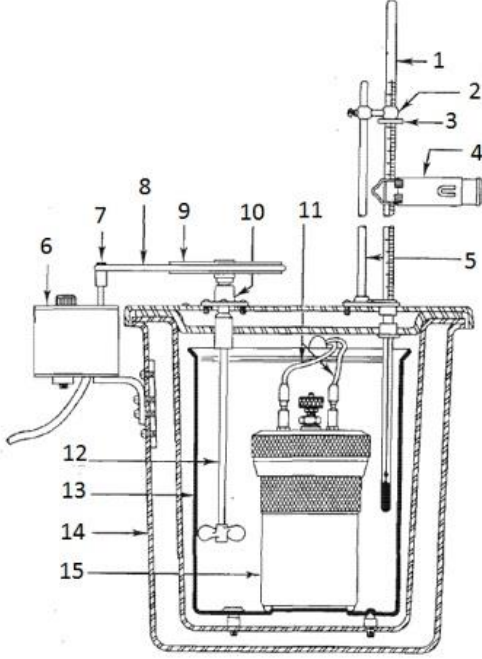
Çalışma konularının sıcaklıklarının değişimlerinin incelenmesi maksadıyla her konteyner için cıvalı termometreler kullanılmış ve konulardaki sıcaklık değişimleri izlenmiştir.

3.2.3. Enerji Değerleri Hesaplaması

Konuların ısıl değerlerinin belirlenmesinde Oksijen Bomba Kalorimetresi 1341 modeli kullanılmıştır (Anonim, 2016e). Şekilde 3.15’de kalorimetre, kalorimetrenin parçaları ise Şekil 3.16’da görülmektedir.



Şekil 3.15 Oksijen bomba kalorimetre 1341 modeli



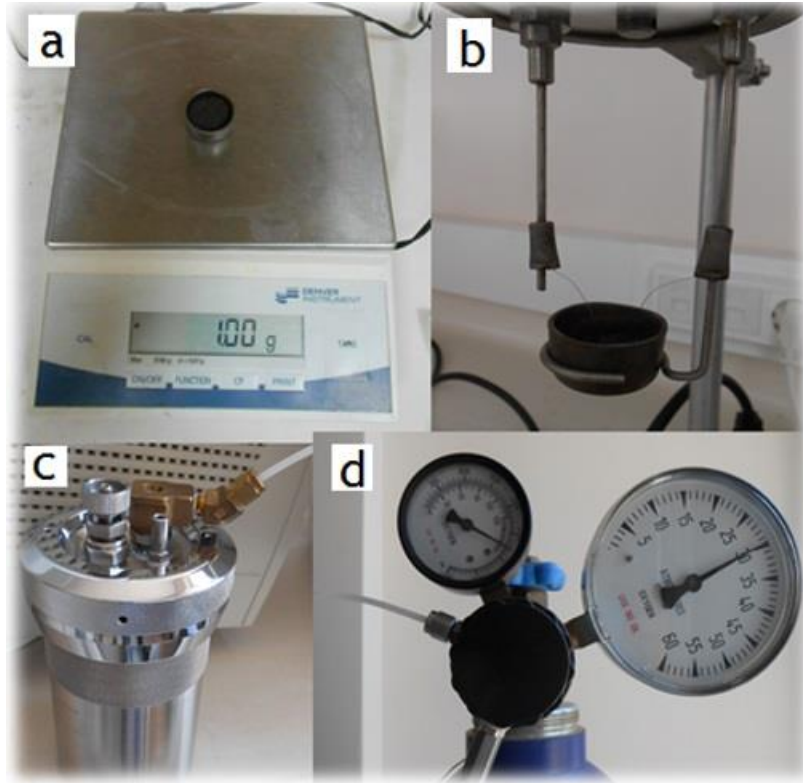
Şekil 3.16 Kalorimetrenin parçaları

Şekilde 3.17' de 1. Termometre, 2. Termometre yükseklik ayarı, 3. Termometre yükseklik ayarı pulu, 4. Termometre okuma merceği, 5. Termometre destek çubuğu, 6. Motor çevirme kasnağı, 7. Motor kasnağı, 8. Karıştırıcı tahrik kayışı, 9. Karıştırıcı kasnağı, 10. Karıştırıcı takımı, 11. Ateşleme kabloları, 12. Karıştırıcı pervane mili, 13. Oval kova, 14. Kapaklı kalorimetre dışı, 15. Numune yanma kabı.

3.2.3.1. Kalorimetre çalışma prensibi

Kalorimetre çalışma prensibi, enerjisinin belirlenilmesi istenen maddeden 1 g (Şekil 3.17a) hassas terazide tartılarak Şekil 3.17b'de gösterildiği gibi yakma kabına yerleştirilmiş ve daha sonra yanma odasına yerleştirilerek oda içerisine 30 atm basınçta Şekil 3.17c'de görülen tertibatla oksijen verildikten sonra içi 2 L su dolu hazneye yerleştirilip üst kapağı kapatılarak, karıştırma pervanesi çalıştırılıp yakma işlemi başlatılarak, termometre yardımıyla hücre içi su daki sıcak değişiminden yararlanmak suretiyle 1 g maddenin yakılmasıyla açığa çıkan enerji

ilgili eşitlik (3.6) ve (3.7) yardımıyla üst ısıl değer (HHV) ve alt ısıl değer (LHV) hesaplanmıştır.



Şekil 3.17 Kalorimetre testlerine ait görüntüler

- a) Örnek tartımı, b) rezistans teli ile örneğin teması, c) örneğin içinde bulunduğu kabın oksijenle dolumu, d) oksijen basıncını kontrolü için manometre

Sonuçlar (Anonim, 2016e ve TS ISO 1928:2010) göre, aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır.

$$HHV=[(2426 * \Delta T)-23]/m_s \quad (3.6)$$

Eşitlikte;

HHV : Üst ısı değer, kcal/kg

T₁ : İlk sıcaklık, °C

T₂ : Son sıcaklık, °C

ΔT : T₁ ve T₂ arasındaki fark

m_s : Örneğin ağırlığı, (1.00) g

Alt ısı değeri formülü (TS ISO 1928 :2010):

$$LHV=HHV*(1-W) - r_w(W+9h) \quad (3.7)$$

Eşitlikte;

LHV : Alt ısı değer, kcal/kg

HHV : Üst ısı değer, kcal/kg

W : Nem içeriği, %

h : Hidrojen içeriği (tüm ölçümler için), 4 %

r_w : Ortam sıcaklığında su buharının entalpisi, 584,9 kcal/kg.

3.2.4. Arıtma Çamurunun Ağır Metal Analizi

Cd, Pb, Cu, Zn, Cr, Ni analizleri flame atomic absorpsiyon spektrometre (ASA) kullanılarak solaar 6M termo PN-EN 13346:2002, PN ISO 11885:2009.

Organik madde içeriği, arıtma çamuru örneğinin kül fırınında yakılmasından önceki kuru madde miktarı ve kül fırınında 550°C sıcaklıkta yakıldıktan sonraki kuru madde miktarındaki kaybindan yararlanarak hesaplanmıştır.

3.2.5. Mekanik Özellikler

Sırasıyla 10, 15, 20, 25, 30 ve 35 mm çapında peletlenen konulardan alınan örneklerin ağırlıkları tartılıp kaydedildikten sonra 105°C'de 24 saat etüvde bekletilmiştir. Daha sonra kuru ağırlıkları tartılan örnekler içinde su olan plastik konteynerlere konulmuştur. Konteynerlerde 24 saat bekleyen örnekler çıkarılıp ağırlıkları tartılarak ne kadar su emdiği hesaplanmıştır. Şekil 3.18'de mekanik özellikler için sudaki örnekler gösterilmektedir.



Şekil 3.18 Mekanik özellikler için suda bekletilen bazı örnekler

3.2.6. Kül Analizleri

3.2.6.1. Konuların nem, kuru madde, uçucu katı madde, sabit katı madde miktarlarının analizi

Konuların nem içeriği ve kuru madde miktarının belirlenmesi için, etüvde 105°C'de bekletilip, oda sıcaklığında desikatörde sabit tartıma getirilen krozeeye,

numuneden 1 g tartılarak 105°C’de etüvde kurutulup, desikatörde soğutulduktan sonra kütlesi belirlenmiştir.

Konuların katı madde miktarı ve yüzde nem muhtevası aşağıda verilen formüller kullanılarak hesaplanmıştır (EN 14735, 2003).

$$M_D = M_B - M_E \quad (3.1)$$

$$M_W = M_M - M_E \quad (3.2)$$

$$D_R = 100 \times (M_D - M_W) \quad (3.3)$$

$$M_C = 100 \times (M_W - M_D) / M_W \quad (3.4)$$

M_E : 1 saat süresince 105°C sıcaklıkta etüvde bekletilen boş kroze ağırlığı, mg

M_M : Numune + kroze ağırlığı, mg

M_B : 24 saat süresince 105°C sıcaklıkta bekletilen örnek + kroze ağırlığı, mg

M_W : Numune ağırlığı, mg

M_D : Kuru numune ağırlığı, mg

D_R : Kuru madde, mg

M_C : Yüzde nem muhtevası, %

Şekil 3.19, 3.20 ve 3.21’de konuların nem ve kuru madde miktarının belirlenmesi için yapılan çalışmaları göstermektedir.



Şekil 3.19 Konuların etüve konulması



Şekil 3.20 Desikatörde konuların oda sıcaklığına kadar soğutulması



Şekil 3.21 Desikatörde soğutulan konuların hassas terazide tartılması

Konuların uçucu katı madde ve sabit katı madde miktarlarını belirlemek için, katı madde miktarı belirlenen konular $550\pm 50^{\circ}\text{C}$ 'deki kül fırınında 1 saat yakılmış ardından desikatörde soğutulduktan sonra hassas terazide ağırlığı tespit edilmiştir. Bulunan değerler yardımıyla uçucu katı madde ve sabit katı madde miktarları aşağıda verilen formüller kullanılarak hesaplanmıştır EN 12879:2000 (APHA, 1992), (EN 14775:2009) (ISO 1171-Solid Mineral Fuels-Determination of ash content).

$$\text{Uçucu Katı Madde} = \frac{X-Y}{X} \quad (3.8)$$

$$\text{Sabit Katı Madde} = \frac{Y}{X} \quad (3.9)$$

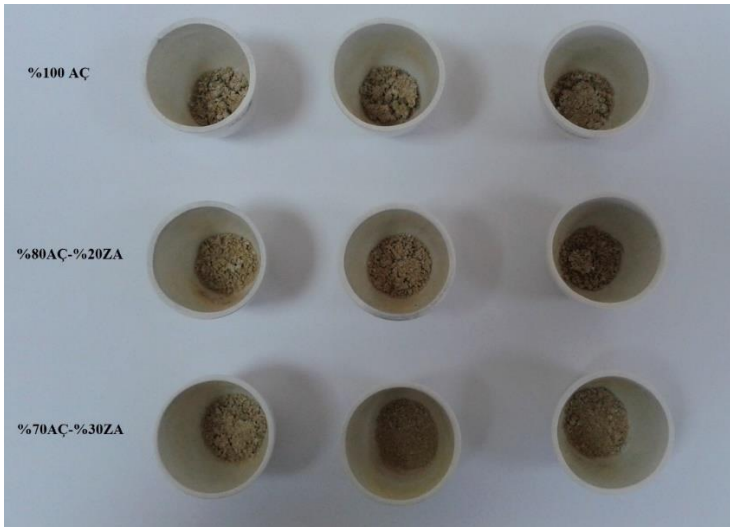
X :Konunun kül fırınına konmadan önceki katı madde ağırlığı (dara çıkartılmış ağırlık), mg

Y :Konunun kül fırınında yandıktan sonraki katı madde ağırlığı (dara çıkartılmış ağırlık), mg

Şekil 3.22 ve 3.23’de konuların uçucu katı madde ve sabit katı madde miktarının belirlenmesi için yapılan çalışmaları göstermektedir.



Şekil 3.22 Konuların kül fırınına yerleştirilmesi



Şekil 3.23 Kül fırından çıkmış ve desikatörde soğutulmuş konular

3.2.6.2. Konuların küllerinin içerik analizleri

Konuların kül numunelerine 10ml N sülfürik asit ilavesiyle 25 ml'lik beherglasa alınmıştır. 0,1 N HCl ile yıkanmış Whatman filtre kâğıdı ile süzme işlemi uygulanmıştır. Elde edilen ekstraktan 2 ml alınarak tüplere konulmuştur. Üzerine 4 ml maske edici buffer solüsyonu ve 2 ml Azomethin-H solüsyonu ilave edilmiştir. 2 saat bekletilen numuneler K, Ca, Na için Fleym fotometrede ve Mg, Fe, Zn, Mn, Cu için de Atomik Absorbsiyon Spektrofotometrede 430 nm dalga boyunda absorbands değerleri okunmuştur.

Şekil 3.24-3.26'da kül numunelerinin içerik analizlerine hazırlık aşamasını göstermektedir.



Şekil 3.24 Filtre kâğıdının hazırlanması



Şekil 3.25 Kül numunelerine 10 ml 1 N H_2SO_4 uygulanması



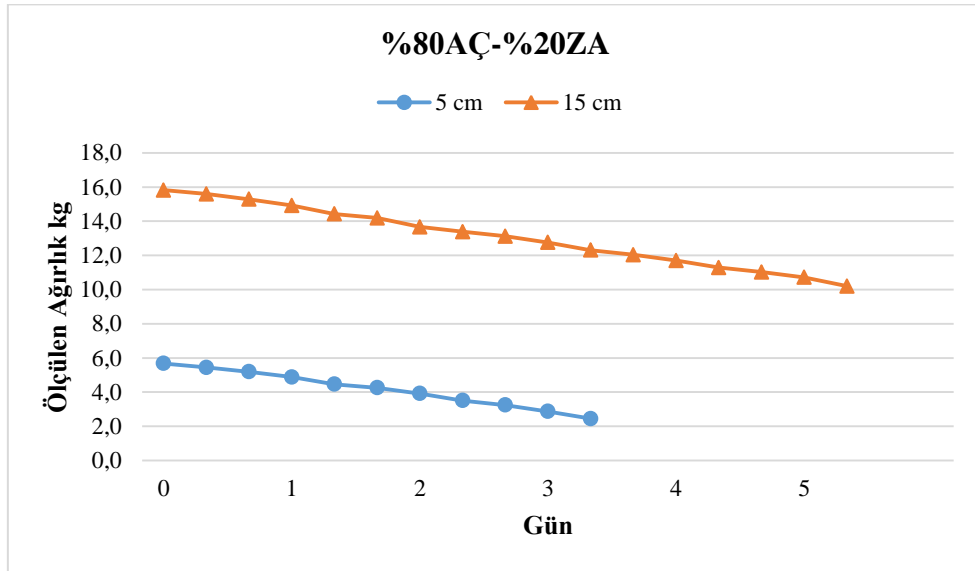
Şekil 3.26 Kül numunelerinin filtre kâğıdından süzülmesi

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Nem Sonuçları

Kurutma testlerine ait nem sonuçları aşağıdaki grafiklerde belirtilmiştir. Şekil 4.1, Şekil 4.2 ve 4.3’de platform üzerinde konteynerler içerisinde kurutulan deneme materyallerinin ağırlıklarının zamana göre değişimleri, çalışma konularına göre sırasıyla % 80 arıtma çamuru + % 20 zeytin atığı, % 70 arıtma çamuru + % 30 zeytin atığı ve arıtma çamuru grafiklendirilmiştir.

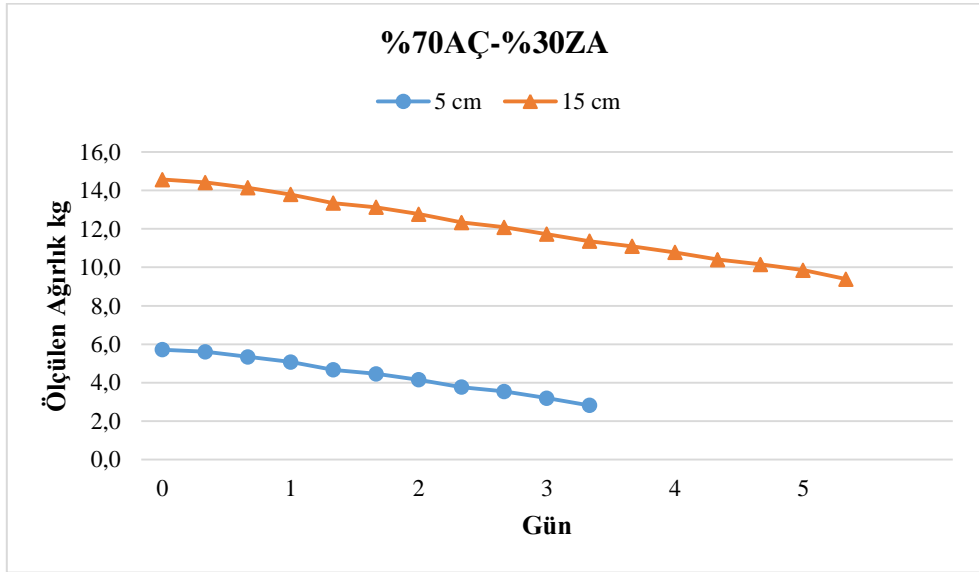
Şekil 4.1’de görüleceği üzere 5, 15 cm derinlikte %80-%20 arıtma çamuru-zeytin atığı karışımının zamana bağımlı en hızlı kuruması 5 cm derinlikteki konteynerde 3,5 günde gerçekleşirken en geç kuruma 15 cm derinlikte doldurulan karışımın içindeki konteynerde 5,5 günde gerçekleşmiştir. Benzer sonuçları, Mersin (2008)’de, Yılmaz vd., (2013), Domanska (2014)’da bulmuştur.



Şekil 4.1 %80-%20 Arıtma çamuru + zeytin atığı karışımının derinliklere göre kuruma süreleri.

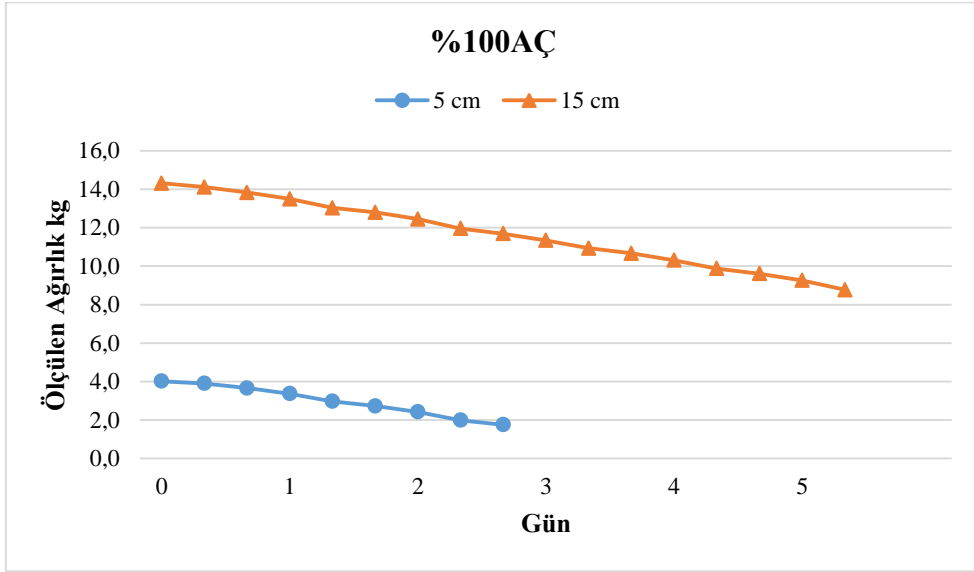
Şekil 4.2’de 5 ve 15 cm derinlikte %70-%30 arıtma çamuru-zeytin atığı karışımının zamana göre ağırlıklarının azalışı verilmiştir. Bu grafikte görülebileceği üzere en hızlı kuruma 5 cm derinlikteki konteynerde 3,5 günde gerçekleşirken en geç kuruma 15 cm derinlikte doldurulan karışımın içindeki

konteynerde 5,5 günde gerçekleşmiştir. Benzer sonuçlar, Mersin, 2008, Yılmaz vd., 2013, Domanska, 2014'de bulunmuştur.



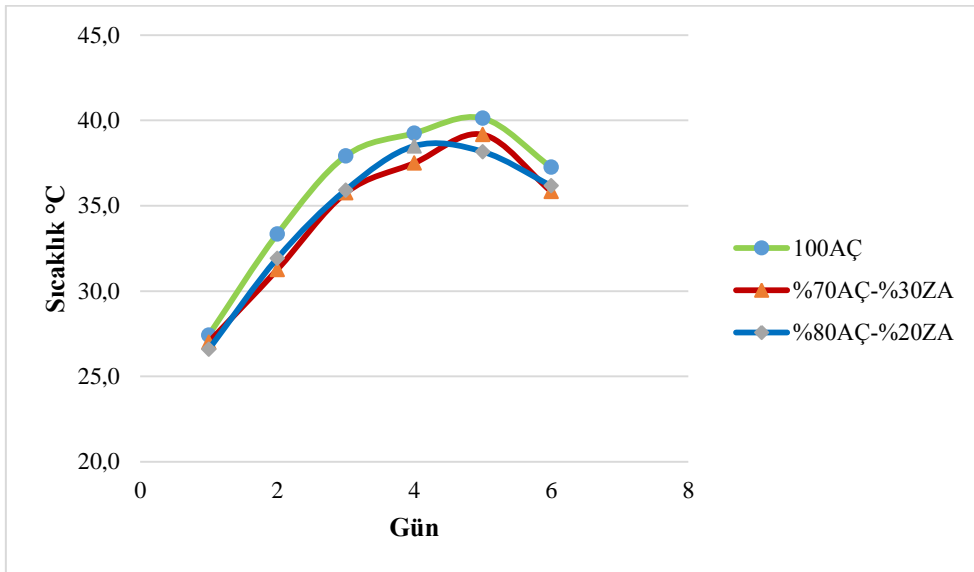
Şekil 4.2 %70-%30 Arıtma çamuru + zeytin atığı karışımının derinliklere göre kuruma süreleri.

Şekil 4.3'de ise çalışmaya ait %100 arıtma çamuru, kuruma süreleri ve ağırlık değişimleri verilmiştir. Bu değerlerde literatüre uyumluluk göstermektedir.



Şekil 4.3 % 100 Arıtma çamurunun derinliklere göre kuruma süreleri.

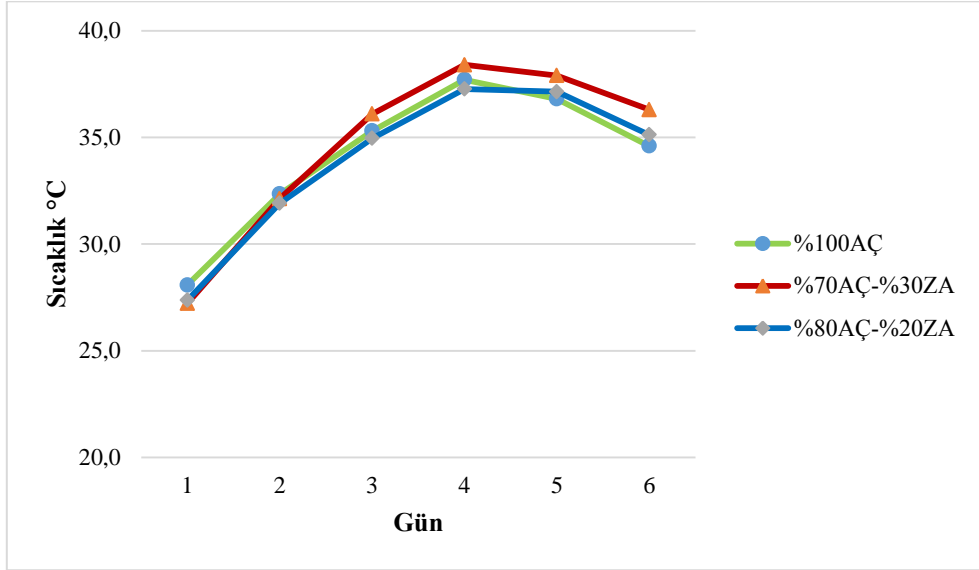
4.2. Sıcaklık Sonuçları



Şekil 4.4 Konulara ait karıştırmadan önceki sıcaklık değişimleri

Şekil 4.4'de çalışma konularına ait konteynerlerde karışımlara ait materyalde, karıştırmadan önce ölçülen ortalama sıcaklıklar gösterilmektedir. Eğrilerden

görülebileceği üzere en düşük sıcaklık, kurutmanın başladığı ilk günde gözlenirken, sıcaklığın maksimum olduğu dönem konteynerin nem düzeyinin peletleme noktasına geldiği döneme denk gelmektedir, hemen bunun akabinde konteynerdeki materyal kurutma ortamından çekilmiştir. Bu eğrilerden anlaşılacağı üzere karışımlarda normalden farklı bir sıcaklık değişimi gözlenmemektedir.



Şekil 4.5 Konulara ait karıştırdıktan sonraki sıcaklık değişimleri

Şekil 4.5’de çalışma konularına ait konteynerler içerisindeki karışımlara ait materyalde, karıştırma işleminden sonra ölçülen ortalama sıcaklıklar gösterilmektedir. Eğrilerden görülebileceği üzere en düşük sıcaklık, kurutmanın başladığı ilk günde gözlenirken, sıcaklığın maksimum olduğu dönem konteynerin nem düzeyinin peletleme noktasına geldiği döneme denk gelmektedir, daha sonra konteynerdeki materyal kurutma ortamından çekilmiştir. Bu eğrilerden anlaşılacağı üzere karışımlarda normalden farklı bir sıcaklık değişimi gözlenmemektedir. Bu da materyalde herhangi bir anormal reaksiyon oluşmadığı anlamı taşımaktadır.

4.3. Isıl Değerler

Çizelge 4.1 Konuların üst ısıl değerler ortalaması

Derinlik (cm)	%100AÇ		%80AÇ-%20ZA		%70AÇ-%30ZA	
	(kcal/kg)	(kJ/kg)	(kcal/kg)	(kJ/kg)	(kcal/kg)	(kJ/kg)
5	3941	16500	4656	19494	5183	21700
15	4327	18116	4506	18866	4590	19217

Çizelge 4.1’de konulara göre oksijen bomba kalorimetre aletinde 3 tekrür olarak ölçülen üst ısıl değerler ortalama olarak verilmiştir. Çizelge incelendiğinde 5183 kcal/kg (21700 kJ/kg) ile en yüksek ortalama değer %70AÇ-%30ZA 5 cm derinlik konusundan konusuna, en düşük değer ise 5 cm derinlik % 100AÇ konusuna hesaplanmıştır. Bu sonuçlar literatürle de uyumludur, başka benzer çalışmalarda da buna benzer değerler tespit edilmiştir. Örneğin Bangladeş’in Dhaka kentinde yapılan çalışmada, kentsel atıkların 9,20 MJ/kg, endüstriyel atıkların 5,67 MJ/kg ve ticari amaçlı atıkların 6,94 MJ/kg olarak hesaplanmıştır (Sufian ve Bala, 2007). Yine Bölgemizde yapılan bazı çalışmalarda Domanska vd., 2013 ve Yılmaz vd., 2014’de yapmış oldukları çalışmalarda üst ısıl değeri 10266-18999,9 kJ/kg olarak tespit ettiklerini çalışmalarında belirtmişlerdir.

Çizelge 4.2 Konuların alt ısıl değerler ortalaması

Derinlik (cm)	%100AÇ		%80AÇ-%20ZA		%70AÇ-%30ZA	
	(kcal/kg)	(kJ/kg)	(kcal/kg)	(kJ/kg)	(kcal/kg)	(kJ/kg)
5	3504	14671	4183	17513	4684	19611
15	3871	16207	4041	16919	4121	17254

Çizelge 4.2’de konulara göre oksijen bomba kalorimetre aletinde 3 tekrür olarak ölçülen alt ısıl değerler ortalama olarak verilmiştir. En yüksek alt ısıl değer %70AÇ-%30ZA 5 cm derinlik konusuna, en düşük alt ısıl değer ise %100AÇ 5 cm derinlik konusuna tespit edilmiştir. Domanska vd., 2013 ve Yılmaz vd., 2014’de yapmış oldukları çalışmalarda alt ısıl değeri 9155,53-16613,3 kJ/kg olarak tespit etmişlerdir.

Genellikle yanma işlemleri sonucu açığa çıkan enerji yakıtın alt ısıl değerini verir. Alt ve üst ısıl değer arasındaki fark yakıt içinde bulunan hidrojen miktarının bir fonksiyonudur. Örnek olarak; hidrojen miktarı düşük taş kömürünün alt ve üst ısıl

değerleri arasındaki fark çok küçük olurken, hidrojen miktarı yüksek olan doğal gazın alt ve üst ısıl değerleri arasındaki fark çok fazladır (Anonim, 2017d).

4.4. Arıtma Çamurunun Ağır Metal Analiz Sonuçları

Çizelge 4.3’de arıtma çamurunda tespit edilen ağır metal değerleri verilmiştir.

Çizelge 4.3 Arıtma çamurunda tespit edilen ağır metal değerleri

Parametre	Birim	Arıtma Çamuru
Nem, W	%	86,68 ^a
Üst Isıl Değer, HHV	MJ kg ⁻¹	17,33
Organik madde, OM	%	68.49
Ağır metaller:	mg kg ⁻¹	
Cd		1,210
Pb		14,7
Cu		121
Zn		785
Cr		137
Ni		71,1

Arıtma çamurunda tespit edilen ağır metal değerleri Cd miktarı 1,210 mg kg⁻¹ tespit edilmiştir. Cd için EKAÇTKDY’teki limit değer 10 mg kg⁻¹ olup, bulunan değer limit değerden oldukça düşük çıkmıştır.

Pb miktarı 14,7 mg kg⁻¹ tespit edilmiştir. Pb için EKAÇTKDY’teki limit değer 750 mg kg⁻¹ bulunan değer limit değeri aşmadığı tespit edilmiştir.

Cu miktarı 121 mg kg⁻¹ tespit edilmiştir. Cu için EKAÇTKDY’teki limit değer 1000 mg kg⁻¹ olup, bulunan değer limit değerden oldukça düşük çıkmıştır.

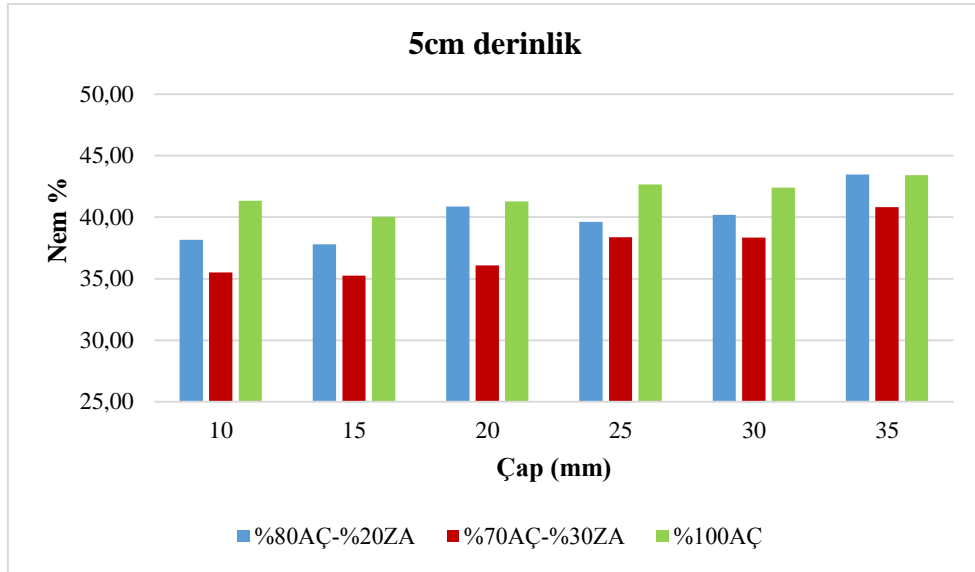
Zn miktarı 785 mg kg⁻¹ tespit edilmiştir. Zn için EKAÇTKDY’teki limit değer 2500 mg kg⁻¹ olup, bulunan değer limit değeri aşmadığı tespit edilmiştir.

Cr miktarı 137 mg kg⁻¹ tespit edilmiştir. Cr için EKAÇTKDY’teki limit değer 1000 mg kg⁻¹. Bulunan değer limit değerden düşüktür.

Ni miktarı 71,1 mg kg⁻¹ tespit edilmiştir. Ni için EKAÇTKDY’teki limit değer 300 mg kg⁻¹. Çamur örneğinde tespit edilen Ni miktarları limit değeri aşmadığı tespit edilmiştir.

4.5. Mekanik Özellikler

Şekil 4.6 ve Şekil 4.7’de sırasıyla 5 cm ve 15 cm derinliklerde kurutulan konuların peletlenmiş örneklerinin kurutulduktan sonra su alma değerleri grafiksel olarak verilmiştir.

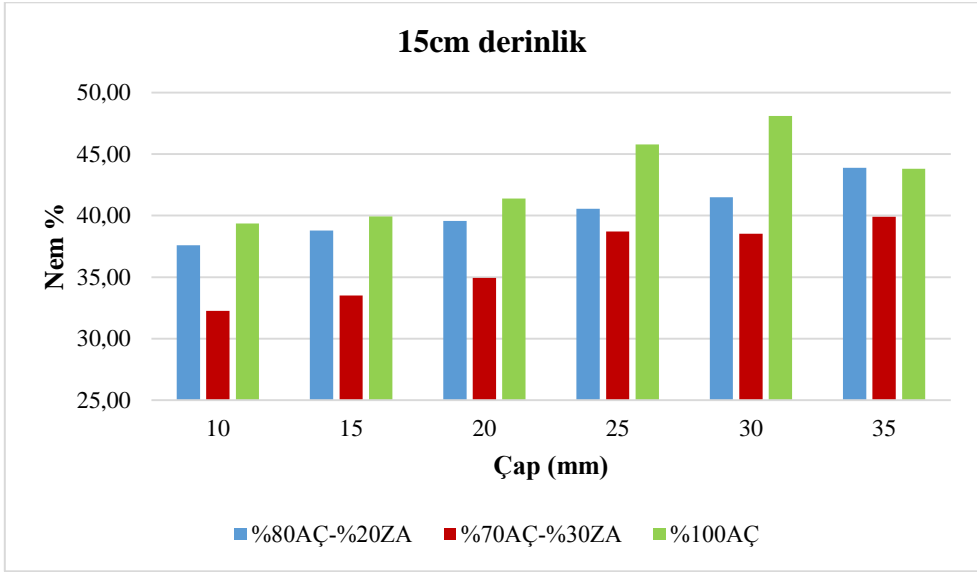


Şekil 4.6 5 cm derinlikte kurutulan konuların farklı çaplardaki su alma yüzdeleri

%80AÇ-%20ZA konusunda su değerleri %38,15-%43,47 aralığında olduğu tespit edilmiştir. En düşük su alma değeri %38,15 ile 10 mm çapta iken, en yüksek su alma değeri %43,47 ile 35 mm çapta tespit edilmiştir.

%70AÇ-%30ZA konusunda su alma değerleri %35,50-%40,82 aralığında tespit edilmiştir. En düşük su alma değeri %35,50 ile 10 mm çapta ve en yüksek su alma değeri %40,82 ile 35 mm çapta tespit edilmiştir.

%100AÇ konusunda su alma değerleri %41,34-%43,40 aralığında tespit edilmiştir. En düşük su alma değeri %41,34 ile 10 mm çapta ve en yüksek su alma değeri %43,40 ile 35 mm çapta tespit edilmiştir.



Şekil 4.7 15 cm derinlikte kurutulan konuların farklı çaplardaki su alma yüzdeleri

%80AÇ-%20ZA konusunda su değerleri %37,59-%43,89 aralığında olduğu tespit edilmiştir. En düşük su alma değeri %37,59 ile 10 mm çapta iken, en yüksek su alma değeri %43,89 ile 35 mm çapta tespit edilmiştir.

%70AÇ-%30ZA konusunda su alma değerleri %32,27-%39,91 aralığında tespit edilmiştir. En düşük su alma değeri %32,27 ile 10 mm çapta ve en yüksek su alma değeri %39,91 ile 35 mm çapta tespit edilmiştir.

%100 AÇ konusunda su alma değerleri %39,37-%43,81 aralığında tespit edilmiştir. En düşük su alma değeri %39,37 ile 10 mm çapta ve en yüksek su alma değeri %43,81 ile 35 mm çapta tespit edilmiştir.

Konuların su alma değerleri çaplara göre arttığı gözlenmiştir.

4.6. Kül Analizleri

4.6.1. Konuların Nem, Kuru Madde, Uçucu Katı Madde, Sabit Katı Madde Miktarlarının Analizi

Çizelge 4.4 Konuların kül testleri öncesi yüzde nem içerikleri, test sonrası, kuru kütle, uçucu katı madde, sabit katı madde içerikleri

Karışım Oranı (%)	Kuru Kütle (%)	Nem (%)	Uçucu Katı Madde (%)	Sabit Katı Madde (%)
%100AÇ	94,75	5,25	68,62	31,38
%80AÇ-%20ZA	94,64	5,36	72,83	27,17
%70AÇ-%30ZA	94,27	5,73	74,89	25,11

Çizelge 4.4’de görüldüğü gibi, kuru kütle oranı en düşük %70AÇ-%30ZA konusu, en yüksek ise %100AÇ konusunda tespit edilmiştir. Nem oranları da aynı konularda en yüksek %70AÇ-%30ZA konusunda ve en düşük nem oranı ise %100AÇ konusunda tespit edilmiştir.

Konuların yüzde uçucu katı madde (yüzde organik madde) değerleri %68,62-%74,89 aralığında tespit edilmiştir. En düşük değer organik madde içeriği %68,62 ile %100AÇ konusunda ve en yüksek %74,89 ile %70AÇ-%30ZA konusunda tespit edilmiştir. Yüzde sabit katı madde değerleri ise %31,38 ve %25,11 aralığında tespit edilmiştir. En düşük sabit katı madde içeriği %25,11 ile %70AÇ-%30ZA ve en yüksek sabit katı madde içeriği ise %31,38 ile %100AÇ konusunda tespit edilmiştir.

Evsel ve kentsel arıtma çamurlarının toprakta kullanılmasına dair yönetmelikte (EKAÇTKDY) organik madde içeriği %40’dan az olan stabilize arıtma çamurlarının toprağa uygulanamayacağı belirtilmektedir. Çizelge 4.4 incelendiğinde bütün konuların organik madde içeriği % 40’dan fazla olduğu görülmektedir.

4.6.2. Konuların Küllerinin İçerik Analizleri

Çizelge 4.5 Küllerin içerik analizleri

Karışım Oranı (%)	Mg(%)	(ppm= mg kg ⁻¹)						
		Fe	Zn	Cu	Mn	Na	K	Ca
%100AÇ	0,49	2725	611	77	57	2060	1120	1507
%80AÇ-%20ZA	0,42	2582	559	80	45	1733	4387	2153
%70AÇ-%30ZA	0,40	2590	555	75	47	1687	5967	2847

Mg miktarı en düşük %70AÇ-%30ZA konusunda, en yüksek miktar ise %100AÇ konusunda tespit edilmiştir.

Fe miktarı en düşük 2582 mg/kg değeri ile %80AÇ-%20ZA konusunda, en yüksek 2725 mg/kg değeri ile %100AÇ konusunda tespit edilmiştir.

Zn miktarı en düşük 555 mg/kg değeri ile %70AÇ-%30ZA konusunda, en yüksek miktar 611 mg/kg değeri ile %100AÇ konusunda tespit edilmiştir.

Cu miktarı en düşük 75 mg/kg değeri ile %70AÇ-%30ZA konusunda, en yüksek 80 mg/kg değeri ile %80AÇ-%20ZA konusunda tespit edilmiştir.

Mn miktarı 45 mg/kg değeri ile en düşük %80AÇ-%20ZA konusunda, en yüksek ise 57 mg/kg değeri ile %100AÇ konusunda tespit edilmiştir.

Na miktarı en düşük 1687 mg/kg değeri ile %70AÇ-%30ZA konusunda, en yüksek 2060 mg/kg değeri ile %100AÇ konusunda tespit edilmiştir.

K miktarı en düşük 1120 mg/kg değeri ile %100AÇ konusunda, en yüksek 5967 mg/kg değeri ile %70AÇ-%30ZA konusunda tespit edilmiştir.

Ca miktarı en düşük 1507 mg/kg değeri ile %100AÇ konusunda, en yüksek 2847 mg/kg değeri ile %70AÇ-%30ZA konusunda tespit edilmiştir.

4.7. Külün İnşaat Malzemesi Olarak Kullanılması

Çalışma kapsamı içerisinde peletlenen malzemelerin yakılması sonucu elde edilen küllerin inşaat malzemesi olarak kullanılması planlanmış olmasına rağmen, bazı teknik aksaklıklar ve kişisel problemler dolayısı ile çalışmanın bu kısmında henüz bütçe kullanılamamış olmasından dolayı yapılamamıştır, ancak kısa vade de yapılması planlanmaktadır. Ancak literatürde benzer çalışmalardan uygulanabilirliği hakkında bu kısma bazılarından örnekler verilmiştir.

Bu çalışmalarda genel olarak çimento (bağlayıcı malzeme) içerisine katkı maddeleri olarak;

a) Puzolanik maddeler ki bunlar kendi başlarına hidrolik bağlayıcılık özelliği bulunmayan ancak kullanıldığı zaman kalsiyum hidroksitle tepkimeye girerek bağlayıcı özelliği kazanan bir malzemelerdir ve bunların çoğu volkanik tüf kökenlilerdir.

b) Uçucu küller, bu kapsam içerisine giren malzemeler yüksek sıcaklık enerjisi kullanarak üretim yapan santral ve diğer fabrikaların, yaktığı malzemelerden oluşan uçucu küllerdir bunlarda Puzolanik malzemeler gibi bağlayıcılık özelliğine katkıda bulunurlar.

c) Alçıtaşları (jips), bilindiği gibi alçı da bağlayıcı ve kaplayıcı malzeme olarak inşaat alanında kullanılabilirler, çimento sanayiinde bilindiği üzere jips oldukça yaygın olarak kullanılırlar.

d) Demir Cevheri, demir cevheri de yine çimento içerisinde kullanılan bir başka önemli katkı malzemesidir ve demir cevherleri oksitler, sülfürler, sülfatlar ve karbonatlar olmak üzere dört grup halinde doğada bulunurlar ve klinker malzemesinin üretimi için oldukça önemlidirler.

Bu anlamda bu çalışma sonucunda elde edilecek ağır metal içerecek küllerinde toprağa mümkün olduğunca karıştırılmadan bir şekilde bertaraf edilmesinde arıtma çamurlarının yanmasından elde edilen külün inşaat malzemesi olarak kullanılabilirliği çevre açısından oldukça önem arz etmektedir. Konuyla ilgili çalışmalar özetlenmiştir.

Ching-Ho Chen tarafından yapılan çalışmada, kanalizasyon çamuru külünün çimento esaslı hafif yapı malzemesi üretiminde kullanımı ve sinterleme davranışı üzerine etkisi incelenmiştir. Atık çamur külü, tuğla, kiremit, hafif agrega ve çimento katkısı olarak eskiden beri kullanılmaktadır. Çimento esaslı malzemelerin yüksek sıcaklık hassasiyeti ve atık çamur külünün puzolanik özelliğinden dolayı bu malzemenin katkı olarak kullanılmasıyla hassasiyetin giderilebileceği görülmüştür. Bu çalışmada da sıcaklığın makro/mikro özellikleri ve böylece külün yüksek sıcaklıkta davranışını incelemek için çimento esaslı kül katkılı hafif malzemeler çalışılmıştır. Farklı çimento/kül oranlarındaki karışıma değişik sıcaklıklarda sinterleme yapılarak ürün özellikleri ve sinterleme etkisi çeşitli analizlerle test edilmiştir. Elde edilen verilere göre en iyi sinterleme sıcaklığı ve çimento/kül oranı belirlenmiştir. Deneysel çalışma sonuçlar 600°C'nin altındaki sıcaklıklarda atık çamurdan elde edilen hafif yapı malzemesinin mikro yapısı ve mühendislik özelliklerinde susuzlaştırma ve hidrate olmuş dekompozisyon etkisi ortaya çıkarmaktadır. Buna karşın 600°C'nin üzerindeki sıcaklıklarda sinterleme etkisi belirgin şekilde görülmekte olup daha yüksek sıcaklıklarda atık çamur külünün daha fazla kullanılması ile daha az kırık oluşumu olmuştur. Ayrıca 1093°C'de 4 saat boyunca sinterlenen malzemenin basma dayanımı % 44 oranında iyileştirilmiş olup por hacmi ortalama olarak % 30 miktarda azalmıştır (Chen vd., 2006).

Garcés vd., 2008'de yaptıkları bir çalışmada, çeşitli ticari çimentolar ile arıtma çamuru külünün uyumluluğunu araştırmıştır. Çimentonun bir kısmı yerine farklı oranlarda arıtma çamuru külünün kullanılmasının, harç davranışı, fiziksel özellikleri ve çalışılabilirliği üzerine etkisi incelenmiştir. Arıtma çamuru külünün, ortalama puzolanik bir etki göstermesinin yanı sıra basınç dayanımını artırıcı etkisi bulunmuştur. Bu kül içinde bulunan sülfatın da çimento ile etkileşmediği, harcın çekme özelliklerinden tespit edilmiştir. Betonda çimentonun kısmi yer değişimi sayesinde çeşitli atıkların geri dönüşümüne imkan tanınması, karbondioksit emisyonunun azaltılması ve nihai ürünün çeşitli fiziksel özelliklerini iyileştirmesi sağlanmaktadır (Garcés vd., 2008).

Hollanda'nın Limburg eyaletinde kanalizasyon idaresi 'Zuiveringschap Limburg' ile ENCI Cement Industry işbirliğinde mekanik olarak kurutulan 35000 ton evsel arıtma çamurunun kalorifik değeri 2390-3580 kcal/kg/ bulunmuş ve çimento endüstrisi için uygun bir enerji kaynağı olarak değerlendirilmiştir. Çamur % 92,7 kuru toz, % 37 kül % 52 uçucu kısım, % 7,3 nem, 700 ppm klor ve % 0,75 sülfür

içermektedir. Klinker fırınlarında kullanılabilmesi için boyutları % 15-25 oranında 90 μm 'ye indirilmiştir. Tesiste yakıt olarak kullanılan çamurun yanma sonucu oluşan külü çimento katkı maddesi olarak kullanılmıştır (Aydın, 2004).

5. SONUÇ

Dünyada nüfusun hızlı bir şekilde artması oluşan atıkların da artmasına neden olmaktadır. Bu atıklardan birisi olan arıtma çamurunun önümüzdeki süreçlerde ikincil çevresel kirliliklere yol açma potansiyeli bulunmaktadır. Eğer atıksu arıtma çamurları uygun bir yöntem ile bertaraf edilmez ise içerisindeki patojenik mikroorganizmalar canlıların sağlığı açısından tehlikeli sonuçlara yol açacaktır. Ülkemizde arıtma çamurları özellikle büyük şehirlerde düzenli depolama alanlarında ve çimento fabrikalarında ek yakıt olarak bertaraf edilmektedir. Külleri de inşaat malzemesi olarak kullanılan portland ve diğer tip bağlayıcı çimentolar içerisine karıştırılabilmektedir.

Arıtma çamurunun alternatif enerji kaynağı olarak kullanılabilmesi için en önemli faktör kalorifik değeridir. Arıtma çamuru ile tarımsal bir yan ürün olan zeytin atığı karışımından hazırlanan keklerin alternatif enerji kaynağı olarak kullanılması ekonomik açıdan bir kazanç sağlayacağı gibi çevre ve insan sağlığının tehdit edici unsurların yok edilmesi açısından önemlidir.

Çalışmada arıtma çamuruna zeytin atığı eklenerek kalorifik değeri artırıldı ve güneş radyasyonundan yararlanılarak karışımların nem içeriğini düşürmek için doğal kurutma işlemi gerçekleştirildi. Laboratuvarlarda yapılan analizler sonucu arıtma çamuru karışımlarının ortalama üst ısıl değerleri 3941-5183 kcal/kg arasındadır. Çimento fabrikalarında ve elektrik santrallerinde kullanılan linyit kömürünün ısıl değerine (4165 kcal/kg) yakın ve hatta bazı karışımların ısıl değeri kömürden daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Çalışmamızdaki en yüksek ısıl değerler 5183 kcal/kg ile %70AÇ-%30ZA karışımında tespit edilmiştir. Çimento fabrikalarında ve elektrik santrallerinde ek yakıt olarak kullanılabilir.

Çalışmada kurutma süreleri ortam ve çalışma koşulları ile uyumluluk içerisinde olmuş 5 ve 15 cm derinliklerde ortalama 5 ile 8 gün arasında tespit edilmiştir.

Karıştırmanın ve derinliğin kuruma süresine etkili olduğu kuruma sürelerine bakılarak söylenebilir. Aynı zamanda çamur derinliğinin de kuruma süresine etkili olduğu bulgular içerisinde yer almıştır.

İyi kurutulmuş bir çamur kekinden % 40 nem düzeylerinde yapılan peletlemenin mekanik özellikler üzerinde etkili olduğu tespit edilmiştir. Bu konuyla ilgili çok

fazla çalışmanın olmaması da bu konuda daha fazla çalışılması gerektiğinin bir göstergesidir.

İyi kurutulmuş peletlerin su alma miktarları da düşüktür. Ayrıca çaplar dikkate alındığında pelet çapı arttıkça su alma miktarının arttığı ancak kırılmanın azaldığı gözlemlenmiştir.

İyi kurutulmuş peletlerin düşme kırılma mukavemet testi sonuçlarına göre küçük çaptan büyük çapa doğru gidildikçe azaldığı ancak mukavemetin ise buna ters orantılı olarak gözlemlendiği görülmektedir.

Kuru kütle oranı en düşük %70AÇ-%30ZA konusu, en yüksek ise %100AÇ konusunda tespit edilmiştir. Nem oranları da aynı konularda en yüksek %70AÇ-%30ZA konusunda ve en düşük nem oranı ise %100AÇ konusunda tespit edilmiştir.

Konuların yüzde uçucu katı madde (yüzde organik madde) değerleri %68,62-%74,89 aralığında tespit edilmiştir. En düşük değer organik madde içeriği %68,62 ile %100 AÇ konusunda ve en yüksek %74,89 ile %70AÇ-%30ZA konusunda tespit edilmiştir. Yüzde sabit katı madde değerleri ise %31,38 ve %25,11 aralığında tespit edilmiştir. En düşük sabit katı madde içeriği %25,11 ile %70AÇ-%30ZA ve en yüksek sabit katı madde içeriği ise %31,38 ile %100AÇ konusunda tespit edilmiştir.

Kullanılan arıtma çamurlarının içeriğinde ağır metaller olduğu için yakılması sonucu oluşan külün içeriğinde de ağır metaller bulunduğundan küllerin doğaya bırakılması uygun değildir. Literatür çalışmalarından da anlaşılacağı üzere artık olarak oluşan külün doğaya atılmak yerine inşaat malzemesi olan çimentonun içerisinde katkı maddesi olarak kullanılması uygundur. Böylelikle doğaya direkt olarak karışmasının önüne geçilmiş, kaçınılmaz olan doğaya karışma olasılığını en az 50 yıl geciktirmiştir. Bu zaman zarfı içerisinde bilimsel olarak yeni çözüm olanakları bulunabilir. Bunun da bir avantaj olduğu gerçektir.

Sonuç olarak bu alanda yapılan çalışmaların daha fazla yaygınlaşması insanlık için gün geçtikçe problem olan sanayi ve evsel atıkların insan sağlığına, hayatın devamlılığına zarar vermeden veya en az zarar verecek şekilde doğa içerisinde yok etmeye, bu süreç içerisinde de mümkün olduğunca çok kazanım sağlamaya çalışılarak bilimsel çalışmalarımızı yoğunlaştırmak gereklidir.

KAYNAKÇA

- Anonim, 1991. Katı Atıkların Kontrolü Yönetmeliği. 14.03.1991 tarih ve 20814 sayılı Resmi Gazete, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara.
- Anonim, 2005. Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği. 31.05.2005 tarih ve 25831 sayılı Resmi Gazete, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara.
- Anonim, 2010. Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği. 20.03.2010 tarih ve 27527 sayılı Resmi Gazete, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara.
- Anonim, 2010. Eysel ve Kentsel Arıtma Çamurlarının Toprakta Kullanılmasına Dair Yönetmelik. 03.08.2010 tarih ve 27661 sayılı Resmi Gazete, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara.
- Anonim, 2013. Aydın İlinin İklim Durumu. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Meteoroloji 2. Bölge Müdürlüğü, İzmir.
- Anonim, 2015a. Türkiye Ulusal Yenilenebilir Enerji Eylem Planı. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Ankara.
- Anonim, 2015b. Atıksu Arıtma Çamurlarının İşlenmesi ve Bertarafı El Kitabı. Türkiye Belediyeler Birliği, Ankara.
- Anonim, 2015c. Didim Atıksu Arıtma Tesisi. Yandex haritalar [<https://yandex.com.tr/harita/?ll=27.214727%2C37.361270&z=16&l=sat>], Erişim Tarihi: 04.07.2015.
- Anonim, 2016a. Aydın İli Genel Bilgileri. Aydın Valiliği [<http://www.aydin.gov.tr/genel-bilgiler>], Erişim Tarihi: 20.01.2016.
- Anonim, 2016b. Aydın İli Didim İlçesi Nüfusu. Türkiye İstatistik Enstitüsü, Ankara.
- Anonim, 2016c. Aydın İli Resmi İstatistikler (İl ve İlçelerimize Ait İstatistik Veriler). Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim, 2016d. Konteyner [<https://www.ikea.com.tr/urun-katalogu/hediye-ceki-kampanyasi/ev-duzenleme/kutular-ve-sepetler/30102974/samla-kutu.aspx>], Erişim Tarihi: 28.09.2016.
- Anonim, 2016e. Operating Instruction for the 1341 Oxygen Bomb Calorimeter. Parr. Printed in U.S.A [<http://www.scimed.co.uk/wp-content/uploads/2013/03/Introduction-to-bomb-calorimetry.pdf>], Erişim Tarihi: 10.12.2016.

Anonim, 2017a. BP Energy Outlook to 2035.

Anonim, 2017b. 2016 Aydın İli Nüfusu. Türkiye İstatistik Enstitüsü, Ankara.

Anonim, 2017c. Türkiye’de Elektrik Tüketimi. T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Ankara.

Anonim, 2017d. Yakıt kalorifik değerleri [www.eie.gov.tr/verimlilik/document/tek_seri_13.doc], Erişim Tarihi: 12.10.2017.

Aydın, S. 2004. Atıksu Arıtma Tesisi Çamurlarının Değişik Amaçlarla Kullanımının Araştırılması. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 123s., İstanbul.

Bayram, A., Dumanoglu, Y. 2002. Pirinanın yakıt olarak kullanılabilirliğinin değerlendirilmesi. **1. Zeytinyağı Üretiminde Çevre Sorunları ve Çözümleri Uluslararası Çalıştayı**, 07-09 Haziran 2002, Balıkesir.

Bilgili, M.B. 2013. Evsel Atıksu Arıtma Tesisi Çamurlarının Katı Atıklarla Birlikte Kompostlaştırılması. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 102s., İstanbul.

Chen, C.H., Chiou, I.J., Wang, K.S. 2006. Sintering Effect on Cement Bonded Sewage Sludge Ash. **Cement & Concrete Composites**, 28: 26-32.

Demirtepe, M. 2008. Balık Yemlerinde Pirina ve Pirina Yağı Kullanımı Üzerine Araştırmalar. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 55s., İzmir.

Domanska, B. 2014. Using solar energy as an unconventional method of drying sewage sludge. Opole University of Technology, M.Sc Thesis, Opole, Poland.

EN 12880:2000. Characterization of sludges. Determination of dry residue and water content. European Committee for Standardization, Brussels, Belgium.

Erkekkadeş, E. 2014. Susuzlaştırılmış Arıtma Çamurlarının Enerjisinden Faydalanılabilirliğinin Araştırılması ve Nihai Bertarafı. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 86s., Kayseri.

Fırat, J. 2007. Zeytinyağı Fabrikası Atığı Olan Karasuyun Mısır Bitkisinin Yetiştiriciliğinde Gübre Olarak Kullanım Olanaklarının Araştırılması. Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 120s., Aydın.

- Filibeli, A. 1996. Arıtma Çamurlarının İşlenmesi. **Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Basım Ünitesi Yayınları**, No: 255, İzmir.
- Fodor, Z., Klemeš, J.J. 2011. Waste as alternative fuel-Minimising emissions and effluents by advanced design. **Process Safety and Environmental Protection**, 90 (2): 263-284.
- Frey, H., Peters, B., Hunsinger, H., Verhlow, J. 2003. Characterization of municipal solid waste combustion in a grate furnace. **Waste Management**, 23 (8): 689-701.
- Fytli, D., Zabaniotou A. 2006. Utilization of sewage sludge in EU application of old and new methods-A review. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, 12 (1): 116-140.
- Garcés, P., Carrión, M.P., García-Alcocel, E., Payá, J., Monzó, J., Borrachero, M.V. 2008. Mechanical and Physical Properties of Cement Blended with Sewage Sludge Ash. **Waste Management**, 28 (12): 2495-2502.
- Gökal, A.C. 2014. Konya Organize Sanayi Bölgesi Arıtma Çamurlarının Ağır Metaller Açısından İncelenmesi ve Değerlendirilmesi. Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 107s., Konya.
- Grigatti M., Giorgioni M.E., Ciavatta C. 2007. Compost-based growing media: Influence on growth and nutrient use of bedding plants. **Bioresource Technology**, 98: 3526-3534.
- Guerrero, F., Gasco, J.M., Hernandez-Apaolaza, L. 2002. Use of Pine Bark and Sewage Sludge Compost as Components of Substrates for *Pinus pinea* and *Cupressus arizonica* Production. **Journal of Plant Nutrition**, 25 (1): 129-141.
- Haas, J., Weber, R. 2010. Co-firing of refuse derived fuels with coals in cement kilns: combustion conditions for stable sintering. **Journal of the Energy Institute**, 83 (4): 225-234.
- Hapanowicz, J. 2000. Operacje cieplno-dyfuzyjne w inżynierii procesowej – laboratorium. Oficyna Wydawnicza Politechniki Opolskiej, Opole, Polska.
- Karagöl, E. D., Kavaz, İ. 2017. Dünyada ve Türkiye’de Yenilenebilir Enerji. Analiz, Sayı 197, SETA yayını, Ankara.
- Kasırga, E. 1988. Zeytinyağı Endüstrisi Atıksularının Anaerobik Biyolojik Stabilizasyon Yöntemi ile Arıtılması ve Kinetik Model Geliştirilmesi. Dokuz Eylül Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 149s., İzmir.

- Kemirlek, A. 2013. Atıksu Arıtma Çamurlarının Çimento Fabrikalarında Ek Yakıt Olarak Kullanılabilirliğinin Araştırılması. Yıldız Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 211s., İstanbul.
- Kılıç, M.Y. 2011. Zeytin Karasuyunun İleri Arıtma Yöntemleri ile Ekonomik Arıtılabilirliğinin Araştırılması. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 195s., Bursa.
- Kırıl Mert, B., Kestioglu, K., Yalılı Kılıç, M. 2008. Zeytinyağı Endüstrisi Atıksularının Kimyasal Arıtma Sonrası Evsel Atıksularla Birlikte Arıtılabilirliğinin Respirometrik Yöntemle Araştırılması. **Ekoloji Çevre Dergisi**, 17 (66): 39-46.
- Kocaer, F.O., Kemiksiz, A., Başkaya, H.S. 2003. Arıtma çamuru uygulanmış bir topraktaki organik azotun mineralizasyonu üzerine bir araştırma. **Ekoloji Çevre Dergisi**, 12 (46): 12-16.
- Kum, H. 2009. Yenilenebilir Enerji Kaynakları: Dünya Piyasalarındaki Son Gelişmeler ve Politikalar. **Erciyes Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi**, 33: 207-223.
- Kumar, K.N., S, Goel. 2009. Characterization of Municipal Solid Waste (MSW) and a proposed management plan for Kharagpur, West Bengal, India. **Resources, Conservation and Recycling**, 53 (3): 166-174.
- Kurtuluş, E. 2003. Prinanın Bir Yakıt Olarak Kullanımı ve Eldesi. Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi Bildiriler Kitabı (İlbaş, M., Su, Ş.), Yayın No: E/2003/330, Kayseri.
- Lee, B.K., Byeon, S.H. 2009. Energy Potential from Industrial Sold Waste. **Proceedings of the 4th IASME/WSEAS International Conference on Energy & Environment (EE'09)**, 24-26 February 2009, pp. 88-93, Cambridge, UK.
- Masghouni, M., Hassairi, M. 2000. Energy applications of olive-oil industry by-products: - I. The exhaust foot cake. **Biomass and Bioenergy**, 18 (3): 257-262.
- Mathioudakis, V.L., Kapagiannidis, A.G., Athanasoulia, E., Diamantis, V.I., Melidis, P., Aivasidis, A. 2009. Extended dewatering of sewage sludge in solar drying plants. **Desalination**, 248 (1-3): 733-739.
- Mazlum, N., Mazlum, S., Öztürk, E. 2009. Arıtma Çamurlarının Değerlendirilmesinde Yeni Gelişmeler. **Türkiye'de Katı Atık Yönetimi Sempozyumu**, Yıldız Teknik Üniversitesi, 15-17 Haziran 2009, İstanbul.

- Mersin, İ.E. 2008. Atık Su Çamurunun Kurutulması. Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 101s., Sakarya.
- Metcalf & Eddy inc. 1991. Wastewater Engineering: Treatment, Disposal and Reuse. 3.rd ed., **Mc Graw-Hill Inc.**, New York, USA.
- Mohee, R. 2001. Assessing the recovery potential of solid waste in Mauritius. **Resources, Conservation and Recycling**, 36 (1): 33-43.
- Murray, A. 2007. End Use of Sewage Sludge in Cement Manufacturing, Potential Economic and Environmental Benefits. **Energy and Resources Group**, 1 October 2007.
- Niaounakis, M., Halvadakis, C.P. 2006. Olive processing waste management: literature review and patent survey. **Waste Management Series**, 5: 1-498.
- Öcal, A. 2005. Zeytinyağı Atıksuyu ve Pirinanın Bitki Yetiştirilmesinde Kullanım Olanaklarının Araştırılması. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 65s., Adana.
- Önder, M. 1983. Zeytinyağı Üretim Atıklarının Arıtılması ile İlgili Çalışmalar (Kısım I). Dokuz Eylül Üniversitesi Çevre Mühendisliği ABD, Bitirme Ödevi, İzmir.
- Seferoğlu, S. 1997. Zeytin Alt Ürünlerinin (Karasu) Değerlendirilmesi ve Doğal Çevre. **Aydın'da Pamuk-Zeytin ve Doğal Çevre Sempozyumu**, Sunum Notları (Basılmamış), Aydın.
- Soumare, M., Demeyer, A., Tack, F.M.G., Verloo, M.G. 2002. Chemical characteristics of Malian and Belgian solid waste composts. **Bioresource Technology**, 81 (2): 97-101.
- Stehlík, P. 2009. Contribution to advances in wasteto-energy technologies. **Journal of Cleaner Production**, 17 (10): 919-931.
- Sufian, M.A., Bala, B.K. 2007. Modeling of urban solid waste management system: The case of Dhaka city. **Waste Management**, 27 (7): 858-868.
- Şengül, F. 1991. Endüstriyel Atık Suların Özellikleri ve Arıtılması, **Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Yayınları**, No:172, 2. Baskı, İzmir.
- Taşatar, B. 1997. Endüstriyel nitelikli arıtma çamurlarının bazı toprak özelliklerine etkileri. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 82s., Ankara.

- Terzi, D. 2007. Türkiye'deki Bazı Arıtma Tesislerinden Çıkan Atık Çamurların Bitki Besin Elementleri ve Ağır Metal İçeriklerinin Yıl İçindeki Değişimi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 85s., Ankara.
- Themelis, N.J., Kim, Y.H., Brady, M.H. 2002. Energy recovery from New York City solid wastes. **Waste Management and Research**, 20 (3): 223-233.
- Ursinos, F.R. 1986. Progress reports on research and technologies in connection with the question of olive vegetation waters. In **International Seminar on Olive Oil Technology**, pp. 6-7, İzmir.
- U.S. EPA, 1993. 40 CFR Part 503, Standards for the Disposal of Sewage Sludge. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C., USA.
- Uzun, N., Seferoğlu, S. 2017. Zeytin Karasu Kekü Uygulamasının Toprağın Bazı Özelliklerine Etkisi. **Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 14 (2): 33-38.
- Uzun, P., Bilgili, U. 2011. Arıtma çamurlarının tarımda kullanılma olanakları. **Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 25 (2): 135-146.
- Varbanov, P., Friedler, F. 2008. P-graph methodology for cost-effective reduction of carbon emissions involving fuel cell combined cycles. **Applied Thermal Engineering**, 28 (16): 2020-2029.
- Weber, R., Kupka, T., Zajac, K. 2009. Jet flames of a refuse derived fuel. **Combustion and Flame**, 156 (4): 922-927.
- Yıldız, S. 2004. Konya Ana Tahliye Kanalında Ağır Metal Kirliliğinin ICP-AES Tekniğı ile İncelenmesi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 65s., Konya.
- Yıldız, Ş., Yılmaz, E., Ölmez, E. 2009. Evsel Nitelikli Arıtma Çamurlarının Stabilizasyonla Bertaraf Alternatifleri: İstanbul Örneğı. **Türkiye'de Katı Atık Yönetimi Sempozyumu 2009**, 15-17 Haziran 2009, İstanbul, Türkiye.
- Yılmaz, E., Kaptan, M.A. 2017. Environmental impact of geothermal power plants in Aydın, Turkey. **International Conference Energy, Environment and Material Systems**, 13-15th September 2017, Polanica-Zdroj, Poland.
- Yılmaz, E., Wzorek M. 2015. Assessment of the impact of various parameters on solar drying process in Aydın region in Turkey. **Sustainable Solid Waste Management**, 21-24 June 2015, Tinos, Greece.

- Yılmaz, E., Wzorek M., Domanska, B. 2013. Determination of Circumstances of Drying Sewage Sludge with Solar Energy in Aydın Region. **2. International Conference on Water, Energy and Environment (ICWEE)**, 21-24 September 2013, Kuşadası, Türkiye.
- Zorlu, H., Pehlivan, H. 2016. Arıtma çamurunun alternatif yakıt olarak kullanılabilirliği. **Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi**, 20 (2): 177-184.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER

Adı Soyadı : Adem METİK

Doğum Yeri Ve Tarihi :Mersin-Erdemli 20.10.1985

EĞİTİM DURUMU

Lisans Öğrenimi : Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,
Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü.

Yüksek Lisans Öğrenimi : Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,
Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Yabancı Diller : İngilizce, Almaca, Fransızca, Rusça.

BİLİMSEL FAALİYETLERİ

A) Bildiriler

-
-
-

İLETİŞİM

E-Posta Adresi : smyladon@hotmail.com

Tarih :.././....