

BOOK OF FULL TEXTS



AKDENİZ 5. ULUSLARARASI UYGULAMALI BİLİMLER KONGRESİ



MEDITERRANEAN SUMMIT

5th INTERNATIONAL APPLIED SCIENCES CONGRESS

ISBN : 978-625-7341-49-3





*MEDITERRANEAN SUMMIT
5TH INTERNATIONAL APPLIED SCIENCES CONGRESS
AUGUST 7-8, 2021
MERSİN*

Edited By

*DR. GÜLTEKİN GÜRÇAY
AMANEH MANAFİDİZAJI*

All rights of this book belong to UBAK Publishing house.

Without permission can't be duplicate or copied.

Authors of chapters are responsible both ethically and juridically.

UBAK Publications – 2021 ©

Issued: 30.08.2021

ISBN: 978-625-7341-49-3

CONGRESS ID

**MEDITERRANEAN SUMMIT
5TH INTERNATIONAL APPLIED SCIENCES CONGRESS**

DATE – PLACE

AUGUST 7-8, 2021

MERSIN

ORGANIZATION

UBAK International Sciences Academy

CONGRESS ORGANIZING BOARD

Head of Organizing Board: Dr Gültekin Gürçay

Organizing Committee Member: Dr. Nadire Kantarcıoğlu

Organizing Committee Member: Dr. Leman Kuzu

Organizing Committee Member: Editor of the USE Journal

Organizing Committee Member: Editor of the EuroAsia Journal

Organizing Committee Member: Editor of UBAK Publishing house.

General Coordinator: Amaneh Manafidizaji

EVALUATION PROCESS

All applications have undergone a double-blind peer review process.

PARTICIPATING COUNTRIES

Turkey –India- Azerbaijan- Iraq– Spain– Australia

PRESENTATION

Oral presentation

LANGUAGES

Turkish, English, Russian, Persian, Arabic

Scientific & Review Committee

Dr. Gulmira ABDİRASULOVA
Kazak Devlet Kızlar Pedagoji Üniversitesi

Prof. Dr. Yunir ABDRAHIMOV
Ufa State Petroleum Technological University

Dr. Maha Hamdan ALANAZİ
Riyad Kral Abdülaziz Teknoloji Enstitüsü

Dr. Dzhakipbek Altaevich ALTAYEV
Al – Farabi Kazak Milli Üniversitesi

Doç. Dr. Hülya BALKAYA
Atatürk Üniversitesi

Doç. Dr. Mehmet Fırat BARAN
Mardin Artuklu Üniversitesi

Dr. Amina Salihi BAYERO
Yusuf Maitama Sule Üniversitesi

Dr. Karligash BAYTANASOVA
Al – Farabi Kazak Milli Üniversitesi

Dr. Baurcan BOTAKARAEV
Hoca Ahmet Yesevi Üniversitesi

Dr. Ahmad Sharif FAKHEER
Ürdün Devlet Üniversitesi

Doç. Dr. Abbas GHAFARI
Tebriz Üniversitesi

Prof.Dr. Ariz Avaz GOZALOV
Moskova Devlet Üniversitesi

Doç. Dr. Ebru GÖZÜKARA
İstanbul Arel Üniversitesi

Prof. Dr. Gulzar İBRAGİMOVA
Bakü Avrasya Üniversitesi

Dr. Gültekin GÜRÇAY

Doç. Dr. Dilorom HAMROEVA
Özbekistan Bilimler Akademisi

Dr. Mehdi Meskini Heydarlou

Dr. Bazarhan İMANGALİYEVA
K.Zhubanov Aktobe Devlet Bölge Üniversitesi

Dr. Keles Nurmaşılı JAYLIBAY
Kazak Devlet Kızlar Pedagoji Üniversitesi

Dr. Mamatkuli Jurayev
Özbekistan Bilim Akademisi

Dr. Kalemkas KALIBAEVA
Kazak Devlet Kızlar Pedagoji Üniversitesi

Dr. Bouaraour Kamel
Ghardaia Üniversitesi

Prof. Dr. Ergün KOCA
Girne Amerikan Üniversitesi

Prof Dr. Bülent KURTIŞOĞLU
Ardahan Üniversitesi

Dr. Leman KUZU
İstanbul Kültür Üniversitesi

Sonali MALHOTRA
Delhi Balbahtri Academy

Dr. Alia R. MASALİMOVA
Al – Farabi Kazak Milli Üniversitesi

Prof. Muntazir MEHDI
Pakistan Language Academy

Dr. Amanbay MOLDİBAEV
Taraz Devlet Pedagoji Üniversitesi

Prof. Dr. Hasan Hüseyin ÖZTÜRK
Çukurova Üniversitesi

Doç. Dr. Yeliz ÇAKIR SAHİLLİ
Munzur Üniversitesi

Dr. Aysulu B. SARSEKENOVA
Orleu Milli Kalkınma Enstitüsü

Dr. Gulşat ŞUGAYEVA
Dosmukhamedov Atyrau Devlet Üniversitesi

Doç. Dr. Yeliz KINDAP TEPE
Cumhuriyet Üniversitesi

Doç. Dr. Mehmet Özkan TİMURKAN
Atatürk Üniversitesi

Dr. K.A. TLEUBERGENOVA
Kazak Devlet Kızlar Pedagoji Üniversitesi

Dr. Cholpon TOKTOSUNOVA
Rasulbekov Kırgız Ekonomi Üniversitesi

Doç. Dr. Yıldırım İsmail TOSUN
Şırnak Üniversitesi

Dr. Botagul TURGUNBAEVA
Kazak Devlet Kızlar Pedagoji Üniversitesi

Dr. Dinarakhan TURSUNALİEVA
Rasulbekov Kırgız Ekonomi Üniversitesi

Doç. Dr. Ali Korkut ULUDAĞ
Atatürk Üniversitesi

Doç. Dr. Fahriye Oben ÜRÜ
İstanbul Arel Üniversitesi

Prof. Dr. Akbar VALADBİGİ
Urumiye Üniversitesi

Doç. Dr. C. VIJAI
St.Peter's Institute

Dr. Yang ZİTONG
Wuhan Üniversitesi

MEDITERRANEAN SUMMIT
5th INTERNATIONAL SOCIAL SCIENCES CONGRESS
5th INTERNATIONAL APPLIED SCIENCES CONGRESS
August 7-8, 2021
Mersin



Meeting ID: 878 8981 0064
Passcode: 07082021

MEDITERRANEAN SUMMIT
5th INTERNATIONAL SOCIAL SCIENCES CONGRESS
5th INTERNATIONAL APPLIED SCIENCES CONGRESS
August 7-8, 2021
Mersin

CONGRESS PROGRAM
Online (with Video Conference) Presentation

Meeting ID: 878 8981 0064
Passcode: 07082021



MEDITERRANEAN SUMMIT
5th INTERNATIONAL SOCIAL SCIENCES CONGRESS
5th INTERNATIONAL APPLIED SCIENCES CONGRESS
August 7-8, 2021
Mersin



Meeting ID: 878 8981 0064
Passcode: 07082021

IMPORTANT, PLEASE READ CAREFULLY

- To be able to make a meeting online, login via <https://zoom.us/join> site, enter ID instead of “Meeting ID
- or Personal Link Name” and solidify the session.
- The Zoom application is free and no need to create an account.
- The Zoom application can be used without registration.
- The application works on tablets, phones and PCs.
- Speakers must be connected to the session **10 minutes before** the presentation time.
- All congress participants can connect live and listen to all sessions.
- During the session, your camera should be turned on **at least %70** of session period
- Moderator is responsible for the presentation and scientific discussion (question-answer) section of the session.

TECHNICAL INFORMATION

- Make sure your computer has a microphone and is working.
- You should be able to use screen sharing feature in Zoom.
- Attendance certificates will be sent to you as pdf at the end of the congress.
- Moderator is responsible for the presentation and scientific discussion (question-answer) section of the session.
- Before you login to Zoom please indicate your name surname and hall number,

exp. H-2, S- 1 NAME SURNAME

MEDITERRANEAN SUMMIT
5th INTERNATIONAL SOCIAL SCIENCES CONGRESS
5th INTERNATIONAL APPLIED SCIENCES CONGRESS
August 7-8, 2021
Mersin



Meeting ID: 878 8981 0064
Passcode: 07082021

07. 08. 2021		10: 00 – 12:00	
Meeting ID: 878 8981 0064		Passcode: 07082021	
HALL: 1	SESSION: 1	MODERATOR: DR. ÖĞR. ÜYESİ MEHMET ERSOY	
MEMUR MERAL KINAYTÜRK DR. ÖĞR. ÜYESİ ADEM ALİ İREN	Covid 19 Salgınının Uluslararasılaşma Üzerinde Etkisi, Erasmus Değişim Programı		
MEMUR MERAL KINAYTÜRK DR. ÖĞR. ÜYESİ ADEM ALİ İREN	Covid-19 Salgınının Ekoloji Üzerine Etkileri		
ŞERİFE BÖĞÜR	Topluma Hizmet Uygulamaları Dersinin Yüz Yüze Ve Uzaktan Çevrimiçi Olarak Gerçekleştirilmesi Hakkında Okulöncesi Öğretmen Adaylarının Görüşlerinin İncelenmesi		
A. HOL	Cognitive eTransformation Framework for Education Sector		
ŞERİFE BÖĞÜR	Topluma Hizmet Uygulamaları Dersi İçin Proje Onerisi Yazma Hakkındaki Okulöncesi Öğretmen Adaylarının Görüşlerinin İncelenmesi		
DR. ÖĞR. ÜYESİ MEHMET ERSOY	Sosyal Bilimlerde Güncel Teknolojiler: Multidisipliner Bir Eğitim Teknolojisi Sınıflandırma Çalışması		
MUHAMMED ENES ÇELİK GÜLŞAH ULUAY NİHAT ARIKAN	Ortaokul Öğrencilerinin Fene Yönelik Kaygı Düzeylerinin İncelenmesi		
BELGİN BAL İNCEBACAK	Sağlık Bilimleri Fakültesi Sosyal Hizmet Bölümü Öğrencilerinin Online Yaratıcı Drama Dersine Yönelik Tutumları Ve Sürece İlişkin Görüşleri		
BELGİN BAL İNCEBACAK	Çocuk Gelişimi Öğrencilerinin Uzaktan Eğitime İlişkin Görüşleri		

MEDITERRANEAN SUMMIT
5th INTERNATIONAL SOCIAL SCIENCES CONGRESS
5th INTERNATIONAL APPLIED SCIENCES CONGRESS
August 7-8, 2021
Mersin



Meeting ID: 878 8981 0064
Passcode: 07082021

07. 08. 2021		10: 00 – 12:00	
Meeting ID: 878 8981 0064		Passcode: 07082021	
HALL: 2	SESSION: 1	MODERATOR: DR. ÖĞR. ÜYESİ MURAT İNAN	
HATİCE AKKAYA FERHAT KARDAŞ		Öğretmenlerde Şükran Duyuma, Belirsizliğe Tahammülsüzlük Ve Psikolojik Sağlıkla Değişkenlerinin Yaşam Doyumu İle İlişkisinin İncelenmesi	
DR. ÖĞR. ÜYESİ MURAT İNAN		İdeolojik Uyumu Etkileyen Toplumsal Ve Kurumsal Faktörlerin Etkileşimi	
FATİMA ZEHRA İNCİLİ DR. ÖĞR. ÜYESİ, ÜMMÜGÜLSÜM AYSAN		Covid-19 Salgınının Geçici Koruma Altındaki Suriyelilerin İstihdama Katılımlarına Etkisi	
PSİKOLOJİ DR. ÖĞRENCİSİ AYLİN İPEK -TİMUR PSİKOLOJİ DR. ÖĞRENCİSİ ŞULE AYDIN PSİKOLOJİ DR. ÖĞRENCİSİ YAĞMUR TOPUZ		Covid – 19 Salgın Sürecinde Görülen Psikolojik Tepkilerin Psikolojik Sağlıkla Ve Belirsizliğe Tahammülsüzlük İle İlişkilerinin İncelenmesi	
GAMZE AKPINAR DR. ÖĞRT. ÜYESİ LÜTFİYE KAYA CİCERALİ		Annenin Bağlanma Stilinin Çocuk Yetiştirme Tutumuyla İlişkisi	
MARÍA JOSÉ BENÍTEZ JIMÉNEZ		Jurisprudencial Analysis of Torture in Spain and in the European Human Rights System	
DR. ÖĞR. ÜYESİ GÜLÇİN EROKSAL ÜLGER		Gecikmiş Bir Değişiklik: Devlet Memurları Disiplin Yönetmeliği	
PSİKOLOG SERAP GÜNEŞ DR. ÖĞR. ÜYESİ SELÇUK ASLAN		18-55 Yaş Arasındaki Kadınlarda Cinsel Mitler Ve Cinsel Doyum Arasındaki İlişkiler	
KLİNİK PSİKOLOG ÖMÜRCAN BOZKUŞ DR. ÖĞR. ÜYESİ EYYÜB ENSARİ CİCERALİ		Panik Bozukluğu Olan Bireylerin Panik Atak Şiddeti, Cinsel Doyumu Ve Kaygı Düzeyinin Karşılaştırılması	
SAFURE CANTÜRK		Gelişmiş Ülkelerde Evde Bakım Hizmetleri: Almanya, Japonya, Abd Ve Türkiye Karşılaştırması	

MEDITERRANEAN SUMMIT
5th INTERNATIONAL SOCIAL SCIENCES CONGRESS
5th INTERNATIONAL APPLIED SCIENCES CONGRESS
August 7-8, 2021
Mersin



Meeting ID: 878 8981 0064
Passcode: 07082021

07. 08. 2021		10: 00 – 12:00	
Meeting ID: 878 8981 0064		Passcode: 07082021	
HALL: 3 SESSION: 1		MODERATOR: DR. ÖĞR. ÜYESİ DENİZ YILMAZ	
DR. UĞUR AYBARÇ PROF. DR. MEHMET ÖZGÜR SEYDİBEYOĞLU		SiC Katkılı A356 Alüminyum Matriksli Kompozitler Sıcak İzostatik Basınç Yönteminin Etkinliğinin İncelenmesi	
DR. UĞUR AYBARÇ BATUHAN DOĞDU		Farklı Bor Master Alaşımlarının A356 Alaşımında Tane İnceltme Etkinliğinin İncelenmesi	
PROF. DR. İZZET UFUK ÇAĞDAŞ		Kompozit Izgara Kabuk Yapılar	
PROF. DR. İZZET UFUK ÇAĞDAŞ		Teğet Sınır Şartlarının Ortasından Tekül Yüklü Silindirik Kompozit Panellerin Nonlinear Davranışlarına Etkisi	
EŞREF TOPKOÇ DOÇ. DR. ZEHRA YILDIZ		Tarımsal Atıkların Katı Yakıt Olarak Değerlendirilmesi	
EŞREF TOPKOÇ DOÇ. DR. ZEHRA YILDIZ		Alternatif Bir Katı Yakıt Olarak Biyopeletler	
BERNA ÜLKÜ EMRE ŞİMŞEK MAHMUT GENÇ SEDA GENÇ		Tarhana Üretim Yöntemiyle Fonksiyonel Bir İçecek Tasarlanması	
DR. ÖĞR. ÜYESİ AYŞE NUR YÜKSEL		Foam-Mat Drying Of Food Materials	
DR. ÖĞR. ÜYESİ DENİZ YILMAZ		Hydraulic Properties Of A BOF Steel Slag Used In Road Construction Using Beerkan Infiltration Experiment And Hydrus-3D Inverse Approach	

MEDITERRANEAN SUMMIT
5th INTERNATIONAL SOCIAL SCIENCES CONGRESS
5th INTERNATIONAL APPLIED SCIENCES CONGRESS
August 7-8, 2021
Mersin



Meeting ID: 878 8981 0064
Passcode: 07082021

07. 08. 2021

14: 00 – 16: 00

Meeting ID: 878 8981 0064

Passcode: 07082021

HALL: 1 SESSION: 2

MODERATOR: ASSOC. PROF. DR. EBRU GÖZÜKARA

DR. OĞUZ KARAKAYA
KAMRAN AHMADOV

Azerbaycan ve Türk Müziği İçinde ‘Çargâh’ Makamının Karşılaştırılması
Üzerine Bir Araştırma

SƏDRƏDDİN HÜSEYN

Şəhriyar Ağrısı

ABDÜLKADİR ÖZTÜRK
ÇOŞKUN ERKAN
UMUT ERKUŞ

Türkiye’deki Sosyal Medya Kullanıcılarının Zorlayıcı Politikalar
Sonrasındaki Sosyal Medya Kullanımında Alternatif Arayışlar Ve
Değişimler

MEHMET AKİF ÖZDAL

Günümüz Sanat Eğitiminde Müzenin Yeri Ve Değişimi

MEHMET AKİF ÖZDAL

Başlangıçtan Bugüne Türk Resim Sanatı

SANIYE KARGAN

Ahmed B. Hanbel’in Müsned’i Bağlamında Sahâbe Tefsiri

GİZEM KÖŞKER

Yabancı Dil Öğretiminde Çocuk Edebiyatı: La Fontaine Masalları
Üzerinden Farklı Olana Karşı Duyarlılık Gelişimine Yönelik Bir
İnceleme

Y L. ÖĞRENCİSİ SELİN
HIZARCI

Cezmi (1880) Ve Bir Ölünün Defteri (1892) Romanlarında Savaş Teması

MEDITERRANEAN SUMMIT
5th INTERNATIONAL SOCIAL SCIENCES CONGRESS
5th INTERNATIONAL APPLIED SCIENCES CONGRESS
August 7-8, 2021
Mersin



Meeting ID: 878 8981 0064
Passcode: 07082021

07. 08. 2021		13: 00 – 15:00	
Meeting ID: 878 8981 0064		Passcode: 07082021	
HALL: 2 SESSION: 2		MODERATOR: DR. ÖĞR.ÜYESİ ÖZLEM ARACI	
GOKCEN EVCI		Verification And Falsification: A Critique	
GOKCEN EVCI		Equity Premium Puzzle: A Critical Review	
SERRA İNAN NİLGÜN ÇOLPAN ERKAN		Kayıp Mekanlarda Taktiksel Şehircilik Uygulamaları Üzerine Dünya Örneklerinin İncelenmesi	
DR. ÖĞR. ÜYESİ EYUP ATIOĞLU		Evaluation Of the Relationship Between Air Cargo Load Factor And Revenue Tonne Kilometers	
DR. ÖĞR.ÜYESİ ÖZLEM ARACI		Working In A Post-Pandemic World: Redefinition Of Workplace, Workforce, And Work	
MOHANAD HAMMAD		Prospects of Iraq's Maritime Openness and Their Effect on Its Economy	
ZEYNEP FERİDE OLCAY		Yiyecek İçecek Hizmetleri Faaliyetlerinde İş Kazası Geçirme Durumu 2019 Yılı Analizi	

MEDITERRANEAN SUMMIT
5th INTERNATIONAL SOCIAL SCIENCES CONGRESS
5th INTERNATIONAL APPLIED SCIENCES CONGRESS
August 7-8, 2021
Mersin



Meeting ID: 878 8981 0064
Passcode: 07082021

07. 08. 2021

14: 00 – 16:00

Meeting ID: 878 8981 0064

Passcode: 07082021

HALL: 3 SESSION: 2

MODERATOR: DR. ÖĞR. ÜYESİ NECMETTİN AKTEPE

DR. ÖĞR. ÜYESİ NECMETTİN AKTEPE AYŞE BARAN	<i>Cyclotrichium Origanifolium (Dağ Nanesi)</i> Yaprağından Altın Nanopartikül (AUNP)'Lerin Sentezi, Karakterizasyonu Ve Tanımlanması
DR. ÖĞR. ÜYESİ NECMETTİN AKTEPE	<i>Cyclotrichium Origanifolium (Dağ Nanesi)</i> Yaprağından Altın Nanopartikül (AUNP)'Lerin Anti-Bakteriyel Ve Anti-Fungal Etkilerinin İncelenmesi
ASSIS. PROF. K.R.PADMA READER K.R.DON	Molecular Mechanism of Covid-19 and Its Mutation Resulting Threat to Human Society-A Review
HURİ BULUT ESRA TİFTİK ŞAHABETTİN SELEK	Effects of Different Extract Treatments On Cytokines, AQP4, HSP70 Levels in Mice Multiple Sclerosis (MS) Model by Experimental Autoimmune Encephalitis Method
ARŞ. GÖR. DUYGU YOLAL ERTURAL EREN DEMİR PROF. DR. ETEM AKBAŞ	Habituel Abortus Ve 46, XX, t (2; 14) (q32 ;q32) Translokasyon Olgusu
EREN DEMİR ARŞ. GÖR. DUYGU YOLAL ERTURAL ÖĞR. GÖR. AYŞEGÜL ÇETİNKAYA PROF. DR. ETEM AKBAŞ	Kolesteatomlu Hastalarda <i>NOD2</i> Gen Ekspresyon Düzeyinin Araştırılması
ÖĞR. GÖR. AYŞEGÜL ÇETİNKAYA PROF. DR. NURCAN ARAS PROF. DR. ZÜHAL HAMURCU GÜL YAŞ ÖĞR. GÖR. NESRİN DELİBAŞI KÖKÇÜ SEMRA ERDOĞAN YUSUF ÖZKUL	1800 Mhz Radyofrekans Radyasyonunun Uterus Dokusunda p53 Geninin İfade Düzeyi Ve Dna Hasarı Üzerindeki Etkisi
ADNAN SELİM KİMYON PROF. DR. NURCAN ARAS ÖĞR. GÖR. AYŞEGÜL ÇETİNKAYA PROF. DR. OLGU HALLIOĞLU KILINÇ	Pulmoner Arteriyel Hipertansiyonlu Hastalarda SMAD1 Geninin Ekspresyon Düzeyinin Araştırılması

MEDITERRANEAN SUMMIT
5th INTERNATIONAL SOCIAL SCIENCES CONGRESS
5th INTERNATIONAL APPLIED SCIENCES CONGRESS
August 7-8, 2021
Mersin



Meeting ID: 878 8981 0064
Passcode: 07082021

07. 08. 2021		16: 00 – 18: 00	
Meeting ID: 878 8981 0064		Passcode: 07082021	
HALL: 2	SESSION: 3	MODERATOR:	ASSOC. PROF. DR. F. OBEN ÜRÜ
ASSOC. PROF. DR. EBRU GÖZÜKARA ASSOC. PROF. DR. F. OBEN ÜRÜ LALE TEZCAN		Insurance Sector Assessment and Strategy Recommendations In The Covid-19 Pandemic	
ARŞ. GÖR. UĞUR BOZKURT		İkinci Dünya Savaşı Dönemindeki Ekonomik Yaptırımların İzmir Basınına Yansımaları	
DUYGU ARSLANTÜRK ÇÖLLÜ		Türkiye’de Yolsuzluğun Bankacılık Sektörü Kredi Riski Üzerindeki Etkisi	
BEYHAN BELLER DİKMEN ESİN ÜLGER		Denizyolu Taşıma İşletmeleri Tarafından Karşılanan Yurtdışı Giderlerinin Muhasebeleştirilmesi	
FATİH CAN KELEK DOÇ. DR. CEM KARTAL		Faiz, Döviz Kuru Ve Altın Fiyatları İlişkisi Nedensellik Analizi	
BABAJIDE DIYAOLU		Influence Of Security On Fan Attendance During Nigeria Professional Football League Matches	
DOÇ. DR. CEM KARTAL FATİH CAN KELEK		Türkiye’nin Yaş Sebze Ve Meyve İhracatı İle Döviz Kuru Arasındaki Nedensellik İlişkisi	

MEDITERRANEAN SUMMIT
5th INTERNATIONAL SOCIAL SCIENCES CONGRESS
5th INTERNATIONAL APPLIED SCIENCES CONGRESS
August 7-8, 2021
Mersin



Meeting ID: 878 8981 0064
Passcode: 07082021



CONTENT

CONGRESS ID	
SCIENTIFIC & REVIEW COMMITTEE	
PROGRAM	
CONTENT	
ORAL PRESENTED PAPERS IN THE CONGRESS	
Eşref Topkoç & Zehra Yıldız	
TARIMSAL ATIKLARIN KATI YAKIT OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ	1
Eşref Topkoç & Zehra Yıldız	
ALTERNATİF BİR KATI YAKIT OLARAK BİYOPELETLER	13
D. YILMAZ	
HYDRAULIC PROPERTIES OF A BOF STEEL SLAG USED IN ROAD CONSTRUCTION USING BEERKAN INFILTRATION EXPERIMENT AND HYDRUS-3D INVERSE APPROACH	23

TARIMSAL ATIKLARIN KATI YAKIT OLARAK DEĞERLENDİRİLMESİ

Eşref TOPKOÇ ¹, Doç. Dr. Zehra Yıldız ²

¹ Tarsus Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, 0000-0002-1202-4582

² Tarsus Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, 0000-0003-1304-4857

ÖZET

Tarımsal atıklar, tarımsal ürünlerin hasatından sonra arta kalan yapraklar, sap ve kökler gibi bitkisel biyokütlelerdir. Tarımsal atıklar sürdürülebilir, erişilebilir ve çevreye zarar vermeden kullanımı gibi önemli avantajlara sahiptir. Dünya’da ve Türkiye’de yer alan tarımsal atıkların potansiyeli göz önüne alındığında, yenilenebilir enerji üretiminde kullanılması her geçen gün önem kazanmaktadır. Hammadde ve enerji kaynakları kapasitelerinin sınırlı olmasına rağmen, enerjiye olan gereksinimin artması, fosil yakıtların rezervlerinin tükenmesi ve çevreye zarar vermesinden dolayı geleneksel olmayan yeni, yenilenebilir ve yeşil enerji kaynaklarının bulunması gerekmektedir. Geleneksel katı yakıtlar arasında yer alan odun ve kömür gibi yakıtlara göre ekonomik ve ekolojik açıdan alternatif bir yakıt olarak tarımsal atıkların doğrudan yakılması, biyopelet ve biyobriket olarak değerlendirilmesi mümkündür. Bitkisel ve hayvansal atıkların genellikle direkt olarak yakılması; biyokütlenin odunlar, zirai ürünler, tarım atıkları veya organik içerikli atıkların fermantasyonu, esterifikasyonu, gazlaştırılması, pirolizi şeklinde yöntemler ile değerlendirilerek ısı, elektrik, sıvı ve gaz yakıtın elde edilmesinin sağlanmasıdır. Tarımsal artıkların enerji üretiminde katı yakıt olarak değerlendirildiği daha etkin ve verimli olarak kullanım metodlarından bir diğeri ise bu artıkları kurutma, öğütme ve presleme işlemleri sonucunda biyopelet veya biyobriket haline getirilmesidir. Briketleme, peletleme olduğu gibi tarımsal ürünlerin sıkıştırılarak yoğunluğunun artırılması işlemidir. Peletlemeden farkı ise 25 mm’den daha büyük çaplı parçaların elde edilmesidir. Bu çalışmada Türkiye’de tarımsal atık potansiyeli, tarımsal atık türleri, tarımsal atıkların değerlendirilmesi, tarımsal atıkların doğrudan yakılması, biyopelet ve biyobriketin yakıt özellikleri, kullanımdaki avantaj ve dezavantajları ile bu katı yakıtların üretim prosesleri değerlendirilecektir.

Anahtar Kelimeler: Tarımsal atık, biyokütle, katı yakıt, biyopelet, biyobriket

1. GİRİŞ

Bitkisel ve hayvansal kökenli artıklar, mikrobiyolojik faaliyetler sonunda kendini oluşturan daha basit kimyasal maddelere ayrışır. Oluşan bu maddeler bir sonraki flora faunayı besler. Bazı doğa olayları bu bozunmaya engel olabilir, yavaşlatabilir ya da başkalaşmasına sebep olabilir. Karaların alçalıp yükselmesi veya su kaynaklarının değişimiyle artıklar su altında kalır ve zamanla çamur tabakasıyla örtülür. Gittikçe artan kalınlıktaki bu çamur tabakası, basınç etkisiyle kompakt hale geçer ve ısı etkisiyle kimyasal değişime uğrar. Böylece fosilbiyokütle olan fosil yakıtlar oluşur (Kural,1991: 17-49). 1850’lerde katı fosil yakıt olarak da kömür enerji

piyasasında devreye girmiştir. Ondan önce enerji kaynağı olarak ilk kullanılan yakıt klasik bir biyokütle olan odun olmuş ve kömür enerji piyasasına girene kadar yaklaşık bir milyon yıl boyunca kullanılmıştır. Kömür, uzun yıllardır sanayileşmiş ülkelerin ekonomileri için direği olsa da geleneksel petrol ürünlerinin taşıma, fiyat ve çevre koruma faktörleri için birtakım kolaylıklar sunması karşısında, egemenliğini ancak bir yüzyıl sürdürebilmiş ve 1950'lerde enerjinin başlıca kaynağı petrol olmuştur. Miktarı ve coğrafik dağılımı sınırlı olan bu doğal kaynağın enerji sektöründe ölçsüz tüketimiyle bir yüz yılı doldurduktan sonra yerini alternatif enerji kaynaklarına bırakılacaktır. Çünkü dünyada bilinen rezervlere bakıldığında petrol ve doğal gaz 55 yıl, kömür ise 200 yılda tükeneceği tahmin edilmektedir. Kömür, petrol ve doğal gaz fosil yakıt sınıfına girmektedir. Bu yakıtlar yer altından elde edildiği için madensel yakıtlar da denilmektedir. Bu yakıtlar ucuz, yaygın ve bilinen bir teknolojisi olması, kullanım alanlarının geniş olması gibi üstünlüklerinden dolayı halen enerji ihtiyacının % 80'ini sağlamaktadır. Ancak fosil yakıtlar kullanıldıkça yerine yenisi gelmeyen, sera gazı ve aerosol salınımı yüzünden çevreyi kirleten fiyatlarının stabil olmaması gibi nedenlerle yerini alternatif yakıtlara bırakacaktır. Biyoalkol içeren yakıtlar (metanol, etanol ve diğer alkollerin saf veya % 70'den az olmayan karışımları), biyodizel, biyogaz, biyohidrojen, biyokömür, biyopelet ve biyobriket gibi yakıtlar alternatif yakıtlardır. Biyokömür, biyopelet ve biyobriket gibi yakıtlar katı biyoyakıtlardır. Biyoalkol ve biyodizel sıvı biyoyakıtlardır. Biyogaz ve biyohidrojen gaz biyoyakıtlardır.

Katı yakıtlar, katı formda olan yanıcı maddelerdir. Fosilbiyokütllerden kömür ve odun geleneksel katı yakıtlardır. Katı yakıtlar, doğal (işlenmemiş) ve yapay (işlenmiş) yakıt olarak sınıflandırılabilir. Doğal katı yakıtlara odun, linyit, antrasit, taşkömürü, yapay katı yakıtlara da kok kömürü, odun kömürü, biyopelet ve biyobriket gibi yakıtları örnek verebiliriz. Sadece katı yakıtlar yandığı zaman fark edilebilir yanmamış mineralce zengin katı bir atık olarak bilinen kül geride bırakır. Yanma sonucu ortaya çıkan elde edilen kuru ve depolanabilir külün farklı kullanımı bulunmakta olup, yeni kullanım alanlara yönelik sahalar için de araştırma çalışmaları gerçekleştirilmektedir. Kül yanmada istenmeyen bir maddedir, yanma olayı verimi düştükçe daha fazla kül sorunu ortaya çıkmaktadır. Bu sebeple katı yakıtlar yakılmadan önce ön hazırlık işlemlerinden geçmektedir. Katı yakıtın boyutlandırılması yanma için çok önemlidir. Katı maddelerin, tutuşabilirliğini önemli boyutlarda etki eden neden ise maddenin yüzey alanıdır. Katı yakıtın parçacık boyutu azaldıkça yüzey alanı artmakta oksijenle daha homojen bir karışım oluşmasıyla yanma tepkimesine girecek yakıt ile oksijenin teması arttığı için yanmanın verimi artar. Katı yakıtın uygun parçacık boyutunda olması yanmaya yardımcı olarak daha az kül kaybının olduğu verimli yanmayı sağlamak için önemlidir. Katı yakıtın boyutu kırılarak, öğütülerek, ezilerek veya pulverize edilerek azaltılır.

Tarımsal atıklar doğal katı biyoyakıtlardır ve sürdürülebilir, erişilebilir ve çevreye zarar vermeden kullanımı gibi önemli avantajlara sahiptir. Dünya'daki ve Türkiye'de tarımsal atıkların yenilenebilir enerji üretimi alanında değerlendirilmesi ise her geçen gün önem kazanmaktadır. Hammaddenin ve enerji kaynakları kapasitelerinin sınırlı olmasına rağmen, enerjiye olan gereksinimin artmasından dolayı, birincil enerji kaynaklarının rezervleri ile birlikte gezegeni geleneksel olmayan yeni kaynaklar bulmaya zorlamaktadır. Günümüzde doğrudan yakılarak kullanılabilen tarımsal atıklar basit fiziksel işlemlerle biyopeletler ve

biyobriketlere dönüştürülebilir. Böylece tarımsal atıklar fosil yakıtlara ekonomik ve ekolojik açıdan alternatif bir katı yakıt olarak değerlendirilebilir. Bu çalışmada Türkiye’de tarımsal atık potansiyeli ve tarımsal atıkların işlenmiş katı biyoyakıt olarak değerlendirilmesi, fosil yakıtlara göre avantaj ve dezavantajları incelenmiştir.

2. TARIMSAL ATIKLAR

Biyoatıklar, tarımsal atıklar, orman atıkları, organik şehir atıkları ve hayvansal atıklardan oluşmaktadır. Tarımsal atıklar, atık yağlar, tarımsal hasat artıkları, tarım ve orman ürünleri ile birlikte bu ürünlerin işlenmesiyle elde edilen yan ürünlerdir. Tarım ve orman faaliyetleri sonucunda oluşan atıklar bitkisel biyokütleri oluşmaktadır. Dünya’da ve ülkemizde tarım, ziraat ve ormancılık faaliyetlerinin artışıyla hasat atıkları ve zirai atık miktarları da artmaktadır. Türkiye’deki biyoatıkların % 64’ünü orman bakım ve üretim çalışmalarından ortaya çıkan atıklar, ağaç talaşları ve yongaları, kullanılmayan odunlar, orman ve odun diğer atıkları oluştururken, % 24’ünü belediyelerin katı atıkları, % 5’ini tarımsal bitki ve artıkları, sert meyve kabukları gibi tarımsal atıklar, % 5’ini deponi gazlar oluşturmaktadır (Karayılmazlar ve ark., 2011:63-75).

Çizelge 1. Çeşitli tarımsal atıkların ısı değeri (kcal/kg) ve kül içerikleri (%)

Tarımsal Atıklar	Isıl Değeri	Kül İçerikleri
Yerfıstığı kabuğu	4524	3,80
Küspe	4380	1,80
Hint tohumu kabuğu	3862	8,00
Pamuk saplari	4252	3,00
Bambu tozu	4160	8,00
Bambu odunu	4707	0,90
Kahve kabukları	4045	5,30
Tütün atığı	2910	31,50
Çay atığı	4237	3,80
Çeltik samanı	3469	15,50
Hardal saplari	4200	3,40
Hardal kabuğu	4300	3,70
Buğday samanı	4100	8,00
Ayçiçeği saplari	4300	4,30
Hint keneviri atığı	4428	3,00
Soya fasulyesi kabuğu	4170	4,10
Şeker kamışı	3996	10,00
Ağaç kabukları	1270	4,40
Orman atıkları	3000	7,00
Hindistan cevizi lifleri	4146	9,10
Çeltik kabukları	3200	19,20
Odun yongaları	4785	1,20

Türkiye’de tarımsal atıklar genellikle hasat sonrası tarlada çürümeye bırakılmakta veya hasat sonrası yakılmaktadır (Akpınar ve ark., 2009: 145-51). Bu durum, toprakta bulunan yararlı

mikroorganizmalar ve hayvanların yok olmasına, toprağın kimyasal yapısını değiştirerek zarar vermektedir. Ayrıca anız yangınlarına sebep olmaktadır. Çizelge 1’de görüldüğü üzere tütün atığı, çeltik kabukları ve saman ile şeker kamışının kül içeriği yüksek olup, diğer atıkların kül değeri %10’un altındadır. Atıkların çoğunun ısıl değeri 4000 kcal-kg üzerinde olup, Türkiye’deki linyitlerin ortalama ısıl değerinin üzerindedir. Dolayısıyla tarımsal atıklar biyoyakıt olarak değerlendirilebilir. Birçok ülke ekosistemlerine uygun tarımsal atıklardan fosil yakıtlar yerine biyoyakıtlar alternatif olarak enerji üretmektedir. Tarımsal atıkların modern biyokütle enerjisi için kaynak olarak değerlendirilmesi, ülke ekonomisine katkı sağlayabilir ve çevreye verilebilecek zarar önenebilir (Yıldırım, 2003: 357-360).

2.1. Türkiye Tarımsal Atık Potansiyeli

Türkiye farklı iklimi, topoğrafik yapısı, toprak özelliğine bağlı olarak zengin bitki çeşitliliğine sahiptir. Türkiye’de buğday, arpa ve mısır gibi çok sayıda tahıl; patates, pamuk, yerfıstığı, ayçiçeği, şekerpancarı, kolza ve soya gibi endüstri bitkisi; zeytin, fındık gibi ağaçlar ile akkavak, titrek kavak, kızılbaş, söğüt, yabancı iğde, akasya, ardıç, karaçam, kızılçam ve meşe olmak üzere orman ağaçları türlerine kadar birçok bitki yetiştirilmektedir. Türkiye’de toplam tarımsal alan miktarı yaklaşık 38.5 milyon hektar olup, tarımsal üretimde yaygın olarak tahıllar, yağlı tohumlar ve yumrulu ürünler yetiştirilmektedir. Tarım alanlarının %40.2’si ekilmiş, %11’i nadasa bırakılmış, geri kalan kısım meyve, sebze, zeytin ve bağ alanını oluşturmaktadır (TÜİK, 2013).

Tarımsal artıklar ele alındığında ayçiçeği, mısır, pamuk ve tahıl samanlarının yanı sıra, meyve bahçelerinde açığa çıkan budama artıkları ön planda bulunmaktadır. Türkiye’de yıllık atık miktarı yaklaşık 50 milyon ton olup, yıllık toplam enerji eşdeğeri 50–65 MTEP düzeyindedir ancak bu atıklar yeterince değerlendirilememektedir. Enerji üretimi için kullanılabilir tarımsal atık miktarı yaklaşık 13 milyon ton olup, 228 PJ civarında ısı enerjisine sahiptir (Başçetinçelik ve ark., 2005; Karaca, 2009).

Tarımsal artıklarının ısıl değeri açısından en büyük payı % 25 oranı ile 57 PJ’luk enerji potansiyeline sahip Akdeniz Bölgesi’ne aittir. Türkiye’de tarla ürünleri yıllık bazdaki toplam üretimi ve atık miktarları Çizelge 2’de yer almaktadır. Toplam ısıl değeri ise yaklaşık 228 PJ olduğu görülmektedir. Toplam ısıl değerinde en yüksek paya sahip temel ürünler arasında ise mısır % 33.4, buğday % 27.6 ve pamuk % 18.1’lik orana sahiptir (Başçetinçelik ve ark., 2005; Karaca, 2009).

Çizelge 2. Türkiye’de tarla ürünlerinin yıllık toplam üretimi ve atık miktarları

Ürünler	Atıklar	Üretim (ton)	Alan (ha)	Kullanılabilir Atık (ton)	Toplam Isıl Değer (GJ)
Buğday	Saman	22 439 042	9 424 785	3 514 486	62 909 300
Arpa	Saman	8 327 457	3 732 992	1 344 452	23 527 908
Çavdar	Saman	253 243	145 907	53 706	939 855
Yulaf	Saman	322 830	150 459	48 185	838 425
Mısır	Sap	2 209 601	565 109	2 982 155	55 169 873
	Saman			1 144 384	21 056 667
Pirinç	Saman	331 563	59 879	125 719	2 099 510
	Kabuk			62 198	807 327
Tütün	Sap	181 382	222 691	246 467	3 968 113
	Çırcır atığı			585 776	9 167 391
Ayçiçeği	Sap	836 269	545 963	1 355 472	19 247 709
	Kabuk			22 910	475 155
Soya	Saman	28 795	15 064	13 123	254 595

Çizelge 3’de, Türkiye’de bahçe bitkilerinin yıllık toplam üretimi ve atık miktarları yer almakta olup, yaklaşık olarak toplam ısıl değeri ise 75 PJ olduğu görülmektedir. En fazla ısıl değerler ele alındığında, fındık % 55.8’lik orana sahip iken, zeytinin ısıl değerinin ise % 25.9 olduğu görülmektedir (Başçetinçelik ve ark., 2005; Karaca, 2009).

Çizelge 3. Türkiye’de bahçe bitkilerinin yıllık toplam üretimi ve atık miktarları

Ürünler	Atıklar	Üretim (ton)	Ağaç Sayısı	Kullanılabilir Atık (ton)	Toplam Isıl Değer (GJ)
Kayısı	Çekirdek	467 903	11 288 357		
	Budama			69 571	1 342 719
Vişne	Çekirdek	114 466	4 446 680		
	Budama			17 120	325 279
Zeytin	Pirina	1 496 630	90 208 994	746 834	15 451 997
	Budama			220 627	3 993 345
Antepfıstığı	Kabuk	42 926	29 600 005	4 202	80 932
	Budama			167 688	3 186 080
Ceviz	Kabuk	115 698	3 737 868	60 633	1 223 584
	Budama			25 240	479 563
Badem	Kabuk	46 701	3 361 622	23 205	449 716
	Budama			22 800	419 521
Fındık	Kabuk	652 803	286 697 887	453 150	8 745 790
	Budama			1 742 389	33 105 388
Limon	Kabuk	475 159	5 529 038		
	Budama			70 772	1 245 582
Portakal	Kabuk	1 180 851	11 884 275		
	Budama			190 148	3 346 612

Mandarin	Kabuk	592 884	8 619 163		
	Budama			82 744	1 456 294
Greyfurt	Kabuk	126 285	894 293		
	Budama			11 447	201 6

2.2. Tarımsal Atıkların Değerlendirilmesi

Tarımsal atıklar, gübre, yakıt, hayvan yemi olarak kullanılmakla veya tarlada çürümeye bırakılarak kullanılmamaktadır. Tarımsal artıkların çürümeye bırakılması ya da yakılarak bertaraf edilmesi çevreye zarar vermekte ve ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Atıklar kaynağında önlenmeli, azaltılmalı veya geri dönüşümle geri kazanılarak değerlendirilmelidir. Bu işlemler uygulanamıyorsa atıklara uygun bertaraf yöntemi ile atıklar yok edilmelidir. Atıktan çeşitli teknolojiler ile enerji elde etmek mümkün olsa da artıklardan enerji üretimi oldukça düşüktür. Türkiye’de bazı sanayilerde tarımsal artıklardan belirli ölçekte faydalanılmaktadır. Türkiye ormanlarında odun üretimi sonrası yaklaşık 7 milyon m³/yıl ağaç atığı ile tarlada üretim sonrası oluşan 50–60 milyon ton/yıl bitki sapı ve atık, biyokütle santrallerinde doğrudan ya da kömürle birlikte kazanda yakılarak ısı ve elektrik üretilerek enerji ihtiyacımız yerli kaynaklardan ekolojik ve ekonomik olarak elde edilebilir. Enerji ormanları ve enerji tarımı hakkında çiftçi bilinçlendirilerek biyokütle ve atık biyokütleyle dayalı biyokütle santrallerinin kurulması ile enerjide dışa bağımlılığımızın azaltılmasına katkı da bulunulabilir (Saraçoğlu,2008: 265-272).

Atıklardan ısı elde etmek ve elektrik üretmek için birçok dönüşüm teknolojileri bulunmaktadır. Atığın özelliğine bağlı olarak enerji üretmek için termokimyasal dönüşüm prosesleri (piroliz, gazlaştırma, yakma), fiziksel-kimyasal dönüşüm prosesleri (presleme-ekstraksiyon, esterifikasyon) ve biyokimyasal dönüşüm prosesleri (anaerobik çürütme, fermantasyon, kompostlaştırma) uygulanmaktadır.

Tarımsal artıklar, katı yakıt üretiminde önemli ölçekte potansiyel oluşturmaktadır. Tarımsal artıklar, düşük hacim yoğunluğuna sahip olduğundan taşıma ve depolama masrafları fazladır. Tarımsal artıkları doğrudan yakıt olarak kullanmak yerine biyobriket ve biyopelet gibi katı biyoyakıtlara dönüştürülmesi ile bu olumsuzluk önlenebilir.

3. BİYOPELET

Pelet, biyokütle kaynağının kurutulup, öğütülerek parçacık boyutu düşürüldükten sonra yüksek basınç altında sıkıştırılması sonucunda, 6-12 mm çaplarında ve 10-30 mm uzunluklarında elde edilen silindirik yapıdaki yakıt çubuklarıdır. Pelet yapımında kullanılan biyokütle kaynağı olarak talaş, odun yongaları, ağaç kabukları, fındık kabukları, badem kabukları, ceviz kabukları, zirai ürünler, ekinlerin sapları, mısır koçanı, pancar küspesi, ayçiçeği çeneği, kurumuş zeytin ve kiraz çekirdeklerinin yanı sıra atık kâğıt maddelerini de atık ürünler olarak sayabiliriz. Pelet, yalnız biyokütleden yapılacaksa yani kimyasal bağlayıcı maddeler eklenmeyecekse yüksek basınç uygulanır. Biyokütle biyopelete dönüştürüldüğünde hacimsel ısı değerleri artar, yanma

karakteristikleri iyileşir, taşıma ve de depolama masrafları azalır, atmosfere salınan partikül emisyonları ise düşer. Peletler kömür ve odun gibi geleneksel katı kazan yakıtlarının kullanıldığı sistemlerinde değişiklik yapılmadan kullanılabilir (Taşkiran, 2009).

Peletleme, tarımsal atıklara kullanım kolaylığı sağlamaktadır. Tarımsal atık peletleri (TAP), % 14 nem oranlarında pelet hâle getirilebilen, düşük neme sahip (% 10) ortamda depolanabilen, daha az yer kaplayan, yüksek enerji yoğunluklu ve daha uzun süre yanan yakıtlardır. Biyokütlenin yoğunluğu yaklaşık 150 kg/m³ iken biyopelet yaklaşık 0.7-0.8 ton/m³ yoğunluğuna sahiptir. Biyokütle biyopelet formuna çevrilirse yaklaşık 600 kcal/kg harcanarak 2000-4000 kcal/kg değerlerine sahip pelet üretilebilir (Grassi, 2012).

Çizelge 4’de görüldüğü gibi odun, odun peletine dönüştüğünde yoğunluğu 250 kg/m³’den 650 kg/m³’e artarken, nem içeriği % 10-50 arasında değişirken % 10’un altına düşmekte, ısı değeri 11-17 kcal/kg iken 17.5 kcal/kg a artmış, enerji yoğunluğu 4.3 GJ/m³’den 11.4 GJ/m³ yükselmiştir. Biyokütle pelete dönüştürken hacim ile nem içeriği düşerken yoğunluğu artar ve enerji değeri yükselmektedir. Böylece taşıma, depolama ve yakma masrafları azalır.

Çizelge 4. Bazı katı yakıtların özellikleri

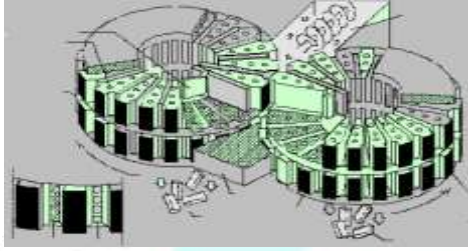
Hammaddeler	Yoğunluk (kg/m ³)	Nem %	En Düşük Isı Değ. (MJ/kg)	Kül (% K.M.)	Enerji Yoğunluğu GJ/m ³
Saman (kıyılmış)	50	10-20	14.5	5	0.7
Şaman (büyük balya)	130	10-18	14.5	5	1.9
Saman Peleti	600	<10	15.0	5	9
Odun (kıyılmış)	250	10-50	11-17	0.5	4.3
Hızır Tozu	200	20-50	12-17	0.5	3.4
Odun Peleti	650	<10	17.5	0.5	11.4
Kömür	850	10-15	24	12	20.4

Tarımsal ve orman atık peletler arasında ayıran en önemli farklılık orman atığı peletlerin kolay bir şekilde ufalanıp kırılması sonucunda döküntü oluşturması, tarımsal (sap ve saman gibi) peletler ise enerji seviyelerinin nispeten düşük olmasıdır. Tarımsal atık peletler yakıldığında daha fazla emisyon ve kül miktarı oluşmakta, külde topaklaşma ile yakma kazanlarında korozyona sebep olmaktadır. Bu olumsuzluklar, tarımsal hammaddelerin özellikleri, yakma kazanlarının tasarımı ve uygunluk durumları, kazan yakma tekniği ve yakıcılar ile ilgilidir. Biyokütle parçacık boyutu, nem içeriği ve pelet yoğunluğu gibi peletleme işleminde kontrol edilebilir faktörler homojen olarak elde edilebilirse tam otomatik üretim sistemleri ve yakma sistemi problemleri kolaylıkla çözülebilir (Pastre, 2003).

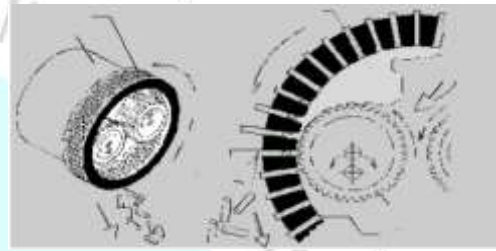
Avrupa’da pelet üretimi ele alındığında, orman atıklarının yanında tarımsal atıklardan ağırlıklı olarak sap ve saman atıklarının ön planda olduğu görülmektedir. Sap ve samanın kurutma işlemine tabi tutulmadan % 20 nem oranında pelet üretilebilmektedir. Ancak, orman atığı peletlere göre enerji değeri daha düşüktür. Biyokütlenin nem içeriği % 25-30 olsa bile peletlenebilmektedir. Hasat döneminde bitkiler genellikle nem içeriği % 50’dir. % 60-70 civarında nemli hayvan dışkısı ve tatlı sorgum sapsarı gibi daha yaş biyokütle dahi günümüz teknolojisinde peletlenebilir durumdadır. Pelet nem içeriklerinin farklılık göstermesi, peletin enerji değeri ve formunda değişiklik göstermesine neden olmaktadır. Biyokütlenin nem içeriği

peletleme süresini uzatır, pelet makinelerinin merdane, peletleme haznelerine, dişliler arasında biyokütle yapışarak makinelerin düzgün çalışmasına engel olabilir ve peletleme sisteminde tıkanmaya sebep olabilir. Biyokütlenin nem içeriğinin yakıtın ısıl değerinin üzerinde nemin olumsuz yönde bir etkisine rağmen toplanabilmesi için biyokütlenin belli bir oranda neme sahip olması istenir (Taşkıran, 2009). Ayrıca nem içeriği düşük biyokütlenin kimyasal bağlayıcısız pelet üretiminde ısı ortaya çıkar ve biyokütlenin yanıcı bir madde olmasından dolayı tutuşup yanmasını önlemek için peletin soğutulması gerekir.

Peletlemede iki farklı tiplerde presleme şekli bulunmaktadır. Görsel 1 ve Görsel 2'deki gibi düz ve çember kalıplı presler ağırlıklı olarak günümüzde kullanımı mevcuttur. Düz kalıp preslemede; sıralı delikli disk üzerinde bir, iki veya daha fazla sıkıştırma silindirleri (daha çok 2 silindir) yaklaşık olarak 2-3 m/s hızla dönmektedir.



Görsel 1. Silindirik presleme



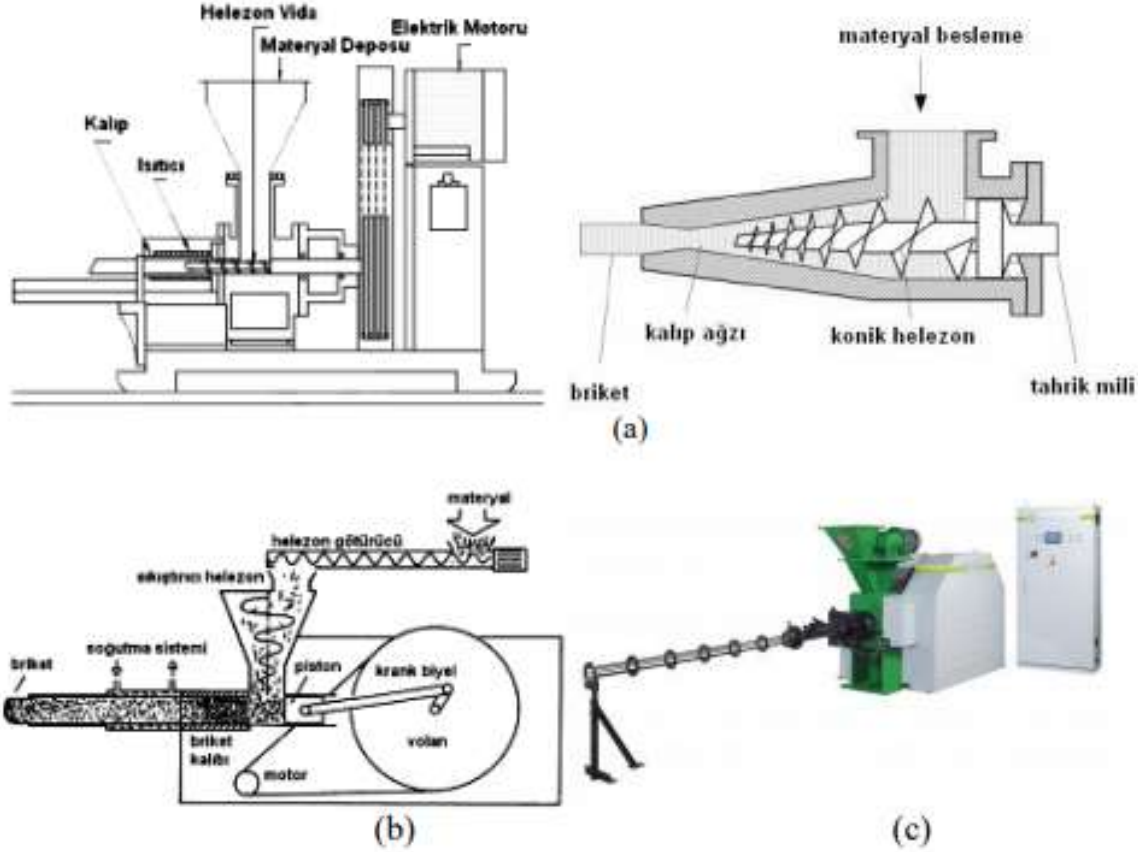
Görsel 2. Düz presleme

Diskler aracılığıyla materyal kalıbın deliklerinde sıkıştırılması sonucunda kalıbın şeklini alarak pelet hâlde ortaya çıkmaktadır. Çember kalıptaki preslemelerde ise, dönen delikli çemberin iç kısımlarına doğru bastırılması ile sıkıştırma silindirleri (normalde 2 veya 3 adet) sürekli olarak dönmektedir. Materyal kalıp deliklerinde sürekli olarak sıkışarak peletlenmiş olarak kalıptan çıkmaktadır. Peletler, presleme sonrasında sıcaklığı 150 °C kadar olmakta ve rutubet dolayısıyla yumuşak bir formda olmaktadır. Daha sonra, soğutucu depoya alınarak basınçlı hava ile soğutulma işlemi gerçekleştirilirken bu esnada % 8 rutubete kadar kuruma sağlanarak pelet ortam sıcaklığına getirilmektedir. Soğuyan ve sertleşmiş halde olan peletler soğutucudan alınarak konveyör sistem ile birlikte depo alanına alınmaktadır. Depolama alanına giderken peletler elenerek toz parçacıklar ayrılabilir. Depolama alanına giderken peletler elenerek toz parçacıklar ayrılabilir.

4. BİYOBİRİKET

Briket, küçük parçalar halindeki katı yakıtların yapıştırıcı kullanılsın veya kullanılmamasın çentiklenmiş, ezilmiş ya da toz haline getirilen materyaller kesmeler şeklinde sıkıştırılmasıyla veya glomerülleştirilmesiyle elde edilen 25 mm çaptan daha büyük şekillerde tek tür ve boyutta parça halindeki yakıttır. Briketin yapımı esnasında kullanılan yakıt tane iriliği kullanım amaçlarına göre değişir. Biyokütlenin briketlenmesi sonucunda yoğunluk 100-200 kg/m³'den 1200 kg/m³'e artmaktadır (Grover ve Mishra, 1996; Bilgin 2008). Biyokütlenin yüzey gerilimlerinden yararlanılarak basınçla şekillendirilmesi ve katılaştırılması yapıştırıcısız briketleştirme, bir yapıştırıcı madde yardımıyla biçimlendirme ve katılaştırma yapıştırıcılı briketleştirme şeklinde ifade edilir. Briketlemenin iki farklı yöntemi olup, sıcak briketleme ve soğuk briketleme gibi gruplara ayrılmaktadır. Küçük tanelere sahip bir yakıtın, ısıtılması sonucunda yumuşatılır ve bunun sonucunda ise yapıştırma özelliği kazanan bir yakıtla

birleştirilmesi işlemlerine sıcak briketleme, ısıtılma işlemi yapılmadan briketlemeye ise soğuk briketleme denir. Briketleme işlemi sonucunda biyokütlenin karakteristikleri iyileşirken, hacimsel ısı değerinde artma, taşıma ve depolama masraflarında azalma, yanma karakteristiklerinde ise düzelmeye meydana gelir. Bunun yanı sıra, atmosfere salınan partikül emisyonları azalırken, aynı boyutlarda ve şekillerde kaliteli ve iyi bir yakıt elde edilmektedir.



Görsel 3. (a) helicon ve (b) piston presli ve (c) hidrolik briketleme makinası

Biyokütlenin briketlenmesinde heliconlu, pistonlu ve hidrolik preslerin kullanımları bulunmaktadır (Bilgin, 2008). Pistonlu presler, mekanik veya hidrolik olup, 2 kalıptan oluşur. Bu kalıplar aracılığıyla üniform briketler üretilir. Basınç ve ısı ile parçacıklar kalıbın şeklini alarak sıkıştırılır (Uçar, 2001: 221-229). Helicon preslerde, ürün kalıbın yuvarlak olup olmamasına göre farklı formlarda vida kuvveti ile sıkıştırılır. Bu tür preslerde yaş ve kuru ekstrüzyon kullanılmaktadır. İki durumda da parçacıklar ile kalıbın duvarları arasında sürtünme önemlidir (Uçar, 2001: 221-229). Pistonlu presler ile üretilen briketlerin yanma performansları helicon preslerden üretilen briketlerden daha iyidir. Helicon preslerden çıkan briketlerin ortasındaki deliğin hava sirkülasyonu yeterli değildir, bu durum yanmanın kötüleşmesine sebep olmaktadır. Pistonlu preslerden çıkan briketler ise homojen olmaması yanmayı olumsuz yönde etkilenmektedir. Hidrolik presler, elektrik motoru ile iletilen hidrolik hareket yüksek basınçlarda pistonu verildiğinden mekanik pistonlu makinelere göre farklıdır. Bunun yanı sıra, hem kompakt hem de hafiftir. Makinenin kapasitesi 45-135 kg/h ve briket yoğunlukları ise 1000 kg/m³'den küçüktür. Hidrolik preslerle briketleme daha kolay gerçekleşmekte, enerji tüketiminin

az olması ve bakımının masrafsız olması yönünden avantajlıdır. Ancak ürün yoğunluğu ile üretim kapasitesi düşük ve briketler kırılığandır (Granada, 2002: 561-573).



Görsel 4. Pelet ve briket

Görsel 4’de pelet ve briketin resimleri gösterilmiştir. Büyük hacim kaplayan materyal, peletleme ve briketleme işlemlerinin ardından, daha küçük hacimlerde ve daha büyük kütlelerde özelliklere sahip olmaktadır. Briketler, peletlerden daha büyük boyuta sahiptir.

Çizelge 5. Pelet ve briketin özelliklerinin karşılaştırılması

Özellikler	Pelet	Briket
Isıl Değeri	4300-5000 kcal/h	5500-6000 kcal/h
Yoğunluk	650-700kg/m ³	650-700kg/m ³
Çap	6-16 mm	65 mm
Uzunluk	20-30 mm	25 – 200 mm
Kül içeriği	% 0,4-1,0	%1,81
Rutubet	% 7-12	% 7-12

Pelet çapı 6-16 mm ve uzunluğu 20-30 mm arasında değişirken briketin çapı yaklaşık 65 mm ve uzunluğu 25-200 mm arasında değişir. Çizelge 5’de görüleceği gibi pelet ve briketlerin yoğunlukları ile nem içeriği yaklaşık olarak aynıdır. Briketin ısıl değeri ve kül içeriği daha yüksektir.

5. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Tarımsal atıkların briket ve pelet olarak değerlendirilmesi çevreyi kirliliğinin önlenmesi ve yakıt olarak ülke ekonomisine kazandırılması açısından önemlidir. Ülkemizde tarımsal atık potansiyeli yüksektir ve atığın modern katı biyoyakıt olarak değerlendirilmesi, ülkemizin enerji üretimine önemli etkisi olacaktır. Yerli, yenilenebilir, ekolojik ve ekonomik bir yakıt olarak biyopelet ve biyobriket kömür ve odun gibi geleneksel katı yakıtlara alternatif olabileceklerdir. Biyopelet ve biyobriket yalnız veya kömür ile birlikte termik santrallerde yakıt olarak kullanılarak kırsal kesime yeni bir iş ve istihdam kaynağının oluşturulması sonucunda ekonomiye katma değer ve katkılar sağlayabilir.

KAYNAKÇA

- [1] Kural., O., “*Kömür*”, Kurtiş Matbaası, İstanbul, 17 - 49 s. (1991).
- [2] Karayılmazlar, S., Saraçoğlu, N., Çabuk, Y., Kurt, R., (2011).“Biyokütlenin Türkiye’de Enerji Üretiminde Değerlendirilmesi.” Bartın Orman Fakültesi Dergisi 2011, Cilt:13, Sayı: 19, 63-75, ISSN: 1302-0943, EISSN: 1308-5875, Bartın.(Erişim tarihi: 28.07.2021).
- [3] Akpınar, O., Erdogan, K., Bostancı, Ş., (2009). “Enzymatic production of xylooligosaccharide from selected agricultural wastes. Food and Bioproducts Processing”. 87:145-51. (Erişim tarihi: 28.07.2021)
- [4] Yıldırım, R.G., “*Dünyada ve Türkiye’de Biyokütle Enerji*” Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, TMMOB, 3-4 Ekim, Kayseri, s.357-360, 2003.
- [5] Anonim, 2013. Türkiye İstatistik Kurumu, (Erişim tarihi: 30.07.2021).
- [6] Başçetinçelik, A., Öztürk, H. H., Karaca, C., Kacira, M., Ekinci, K., Kaya, D., Baban, A., (2005). “*Interim Report of Exploitation of Agricultural Residues in Turkey.*” LIFE 03 TCY/ TR /000061.
- [7] Saraçoğlu, N., “*Biyokütleden Enerji Üretiminde Enerji Ormancılığının Önemi,*” VII.Ulusal Temiz Enerji Sempozyumu, 17-19 Aralık 2008, 265-272, İstanbul, 2008.
- [8] Grassi, G., Salimbeni, A., Maltagliati, M., Capaccioli, S., “*Large scale supply and international trading of refined biomass*”. 20th European Biomass Conference and Exhibition, 18-22 June 2012, Milan Italy, 2012.
- [9] Pastre, O., “*Analysis of the technical obstacles related to the production and utilization of fuel pellets made from agricultural residues Pellets for Europe.*” EUBIA. www.pelletcentre.info/resources/1093.pdf, 2003. (Erişim tarihi 07.02.2014).
- [10] Grover, P. D., Mishra, S. K., “*Biomass briquetting: Technology and practices.* Food and Agriculture Organization of the United Nations,” Bangkok, 43 pp.,1996.

[11] Bilgin, S., (2008). Sera Bitkisel Biyokütle Atıklarının Briketlenmesi, Briket Özelliklerinin ve Yanma Sonu Gaz Emisyonlarının Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma, Doktora Tezi, Antalya. (Erişim tarihi: 30.07.2021)

[12] Uçar, T. ve Yumak, H., “*Biyokütle Yakacakların Briketlenmesinde Kullanılan Teknolojiler,*” Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu ve Sergisi, 12-13 Ekim 2001, s:221-229, Kayseri, 2001.

[13] Granada, E., González, L. M. L., Míguez, J. L., Moran, J., (2002). Fuel lignocellulosic briquettes, die design and products study. *Renewable Energy*, 27: 561-573.



ALTERNATİF BİR KATI YAKIT OLARAK BİYOPELETLER

Eşref TOPKOÇ ¹, Doç. Dr. Zehra Yıldız ²

¹ Tarsus Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, ORCID: 0000-0002-1202-4582

² Tarsus Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, ORCID: 0000-0003-1304-4857

ÖZET

Sanayide üretim maliyetini etkileyen en önemli parametre enerji tüketimidir. Hammadde ve enerji kaynaklarının kapasitelerinin sınırlı olmasına rağmen, enerjiye olan gereksinimin artmasından dolayı, birincil enerji kaynaklarının rezervleri ile birlikte geleneksel olmayan yeni ekonomik ve ekolojik kaynakların bulunması gerekmektedir. Ancak ucuz, yaygın, çok iyi bilinen bir teknolojisi olması ve yüksek ısı değerine sahip olması nedeniyle fosil yakıtlar çevreye zarar vermesine rağmen kazan yakıtı olarak sanayide enerji üretimi için uzun yıllardır kullanılmaktadır. Fosil yakıtlarda ülkemiz dışı bağımlı olduğundan dolayı, fiyatı sürekli değişim göstermekle beraber pahalı bir yakıt olmuştur. Bu nedenle, kazan yakıtından kaynaklı enerji maliyetini azaltmak, daha az kül ve kükürt içeriği ile daha temiz, fosil yakıtların ısı değerine yakın bir yakıt elde etmek için biyopeletlerin alternatif yakıt olarak değerlendirilmesi hem ekonomik hem de ekolojik açıdan büyük bir önemi vardır. Biyopeletler, farklı biyokütle türlerinin kurutulması, öğütülmesi ve sıkıştırılması gibi mekanik işlemler ile biyokütle form kazandırılarak elde edilir. Biyopeletler; ekin sapları, ağaç kabukları, talaş ve odun yongaları, zirai ürünler, kurumuş zeytin, fındık kabukları, badem kabukları, ceviz kabukları, mısır koçanı, ayçiçeği çeneği, pancar küspeleri ve kirazın çekirdeği gibi biyoküteller ile melas, nişasta ve zeolit gibi bağlayıcı maddeleri belli oranlarda basınç altında preslenerek elde edilen silindirik formda katı yakıtlardır. Bu çalışmada biyopelet yapımında kullanılan biyokütle türleri, bağlayıcı madde türleri, biyopelet üretim prosesi, biyopelet standartları, biyopeletlerin yakıt olarak kullanımdaki avantaj ve dezavantajlar incelenmiştir. Ayrıca çeşitli biyopeletlerin kül, nem ve uçucu madde gibi kısa analizleri, ısı değerleri ve kimyasal bileşimleri geleneksel katı yakıtlar olan odun ve kömür ile karşılaştırılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Alternatif yakıtlar, katı yakıt, kazan yakıtı, biyopelet

1. GİRİŞ

Enerjinin kullanımı, eldesi ve depolanması günümüzün en önemli sorunların başında gelmektedir. Enerji özellikle ısı, ışık, ulaşım ve elektrik eldesi alanlarında kullanılır. Enerji elde etmek için yakıtlardan ve yanma olayından faydalanılmaktadır. Tüketilen enerjinin yaklaşık % 80'ini yakıtlardan sağlanır. Yakıtlar, ısı enerjisine ve ısıdan diğer enerji formlarına dönüştürülerek kullanılır. Ancak yakıtlar yanarken enerji elde edilirken, diğer taraftan çevreye bazı zararlı atıklar bırakılır.

Yanma olayında ortaya çıkan ısı, sıcaklık farkından kaynaklanan bir enerji türü olup, diğer enerji türlerine dönüşebilen enerjinin kullanılabilir kısmıdır. Isı enerjisi, enerji dönüşüm süreçlerinin gerçekleşmesi ile motorda mekanik enerjiye, güç santrallerinde ise elektrik enerjisine dönüşümü gerçekleştirir. Motor içerisindeki yakıtın yanması sonucunda ısı enerjisi piston hareketine bağlı olarak aracı hareket ettirir. Yanma olayının kazanda meydana gelmesi ile ısı enerjisinin sağladığı buharın genişmesi sonucunda türbin mili döner ve bu süreç sonunda da elektrik enerjisi elde edilir.

Yakıt, yandığı zaman faydalanabilecek kadar ısı veren maddelerdir. Ucuz, yaygın, depolanabilir, çok iyi bilinen bir teknolojisi ve alt yapısının olması nedeniyle fosil yakıtlar çevreye zarar vermesine rağmen uzun yıllardır enerji ihtiyacının karşılanmasında tercih edilmektedir. Ülkemiz fosil yakıt gereksiniminin büyük bir çoğunluğunu ithal etmektedir. Fosil yakıtlarda dışa bağımlı olmamızdan dolayı fiyat güvenilirliği ve istikrarı olmayıp, yakıt fiyatlarında sürekli değişim göstermesinin yanı sıra özellikle son zamanlarda giderek pahalı bir yakıt olmuştur. Fosil yakıtların alternatifi olan biyoyakıtlar, hammaddenin yerel kaynaklar ile kolayca temin edilebilir, temiz ve yenilenebilir yakıt türüdür (Kaplukan, 2014: 97-125). Biyoyakıtlar, biyokütlelerin fiziksel, kimyasal ve biyolojik işlemleri sonucu elde edilmektedir. Biyodizel, biyoetanol ve biyogaz kimyasal ve biyolojik reaksiyonlar ile elde edilirken biyopelet ve biyobriket sadece fiziksel süreçler ile elde edilen katı biyoyakıtlardır. Biyopeletlerin katı fosil yakıt olan kömüre göre daha az kül ve kükürt içeriğine sahip olmasından dolayı daha temiz, yerli ve yenilenebilir bir alternatif yakıt olarak değerlendirilmesi hem ekonomik hem de ekolojik açıdan büyük bir önemi vardır. Biyopeletler; talaş, odun yongaları, ağaç kabukları, fındık kabukları, badem kabukları, ceviz kabukları, zirai ürünler, mısır koçanları, pancar küspesi, ayçiçeği çenekleri, kurumuş zeytin ve kiraz çekirdekleri, ekinlerin sapları ve atık kâğıt maddeleri olmak üzere birçok atık biyokütleleri ile melas, nişasta ve zeolit gibi bağlayıcı maddeleri belli oranlarda içerir. Biyopeletler, özellikle bitkisel biyokütle kaynaklarının kurutulması, öğütülmesi ve preslenmesi sonucunda kolay fiziksel işlemler ile elde edilen katı biyoyakıttır. Biyokütle materyalinin peletlemesi ile birlikte hacimsel ısı değerinin artması ve materyal yoğunluğunun azalması sonucunda taşıma maliyetleri ve depolama maliyetleri azalır. Ayrıca materyalin yanma özellikleri iyileşirken, çevreye zarar veren emisyonlar azalır. Bunun yanı sıra, aynı boyut veya şekillere sahip daha üstün özelliklerde bir biyoyakıt eldesi sağlanmaktadır. Ayrıca biyopeletler atık biyokütlerden elde edildiği zaman atıkların geri kazanımı söz konusu olduğu için hem ekolojik hem de ucuz bir yerli ve yenilenebilir yakıt elde edilmiş olmaktadır.

Bitkisel biyokütlenin katı enerji kaynağı olarak değerlendirilmesi konusunda ülkemizde ve dünyada yeterli bilimsel bir çalışmanın olmaması büyük boşluk oluşturmaktadır. Bu çalışmada, biyopeletlerin üretim aşamaları, kullanımında avantaj ve dezavantajları, Türkiye ve Dünya'daki biyopelet üretiminin durumu ortaya konmuştur. Ayrıca çeşitli biyokütle örneklerinden ve farklı bağlayıcı maddelerden belirli oranlarda kullanılmasıyla farklı boyutlarda elde edilen bazı biyopeletlerin kül, nem ve uçucu madde gibi kısa analizleri, ısı değerleri ve kimyasal analizleri incelenmiştir. Kömür ve odun gibi geleneksel katı yakıtlar ile biyopeletlerin yakıt özellikleri karşılaştırılmıştır.

2. BİYOPELET

Pelet; odun talaşı ve yongaları, ağaç kabukları, tarımsal ürünler, tahıl sapları, fındık kabukları, badem kabukları ve ceviz kabuklarının yanı sıra kâğıt gibi biyolojik materyallerden de üretilir. Mısır koçanı, kurumuş zeytin, pancar küspesi, kiraz çekirdeği, ayçiçeği çeneği ve soya fasulyesi olarak atık biyokütlelerin pelet üretiminde kullanımı mümkündür (Küsek ve Güngör 2015: 137-145; Öztürk ve Akdemir, 2015: 137-145).

Peletleme işleminde en önemli unsurlardan birisi materyale ait özellikler olup, bunlar; pelet materyalinin nem içeriği, parçacık boyutu ve yoğunluk yer almaktadır. Nem içeriği peletin kalitesine de etki etmektedir. Yüksek kaliteli peletin, rutubet oranının % 10'un altında kuru olması, sert ve dayanıklı, yakıldıktan sonra %1-2'yi geçmeyecek şekilde kül oranı düşük olmalıdır. Diğer katı yakıtlar ile kül oranları kıyaslama yapıldığında, kömürde % 20 iken pelette ise bu oran % 0,5'tir. Buna bağlı olarak, ev tipindeki bir sobada 25 kg pelet yakıldığında 65 gr külün ortaya çıkmasına karşılık gelmektedir. Düşük kül oranı sayesinde yakma sisteminin verimini artırarak, işletme maliyetlerini azaltacaktır (Abt vd., 2014).



Görsel 1. Biyopeletler

Pelet; hayvan yemine benzeyen, silindirik bir çubuk şeklinde bir forma sahiptir. Biyokütle peletleri, biyokütle ve bağlayıcıdan oluşan harmanın sıkıştırılarak yoğunluğu artırılmış, genellikle 6–12 mm çaplarında ve 10–30 mm uzunluklarına sahip silindirik şekilli maddelerdir. Peletin özellikleri belirlenirken Çizelge1'de verilen Avrupa standartları genellikle referans alınmaktadır (Viak, 2000: 3-74).

Çizelge 1. Pelet standartları

Parametre	Birim	DIN 51731	DIN Plus	ÖNORM 7135	ISO 17225-2		
					ENplus A1	ENplus A2	ENplus B
Çap	mm	4-12	-	4-10	6±1 ya da 8±1		
Uzunluk	mm	<50	<5xD	<5xD	3,15<L≤40'		
Yoğunluk	kg/m ³	1,0-1,4	>1,12	>1,12	-		
Su içeriği	%	<12	<10	<10	≤ 10		
Kül	%	<1,5	<0,5	<0,5	≤ 0,7	≤ 1,2	≤ 2,0
Alt ısııl değer	MJ/kg	17,5-19,5	>18	>18	≥ 16,56		
Sülfür	%	<0,08	<0,04	<0,04	≤ 0,04	≤ 0,05	
Azot	%	<0,3	<0,3	<0,3	≤ 0,3	≤ 0,5	≤ 1,0
Klor	%	0,03	<0,02	<0,02	≤ 0,02		≤ 0,03
Kum taşı	%	-	<2,3	<2,3	-		
Bağlayıcı madde	%	-	<2	<2	-		

Peletlenmiş biyokütlenin taşınması daha kolay olmasının yanı sıra, yakıt olarak kullanımını daha verimlidir. Peletleme işleme sonucunda biyokütlenin depolama maliyeti azaltılır. Biyokütlenin peletlenmesi ile birçok fayda sağlanmakta olup; yanma hızında iyileşme, ızgaralı yakma sistemlerinde yakılabilmesi, düzgün bir yanmanın sağlanabilmesi, emisyon özellikleri ve depolama esnasında kendiliğinden tutuşma olasılığının azaltılması, taşıma ile depolama ve yakıt beslemesinin daha verimli olarak yapılması sağlanır.

Biyopelet üretimi ile birlikte çevreye zarar verilmesinin önüne geçilmesi ve sera gazları emisyonlarının azalmasına katkı sunmasının yanı sıra, doğal kaynakların korunmasını ve de fosil yakıtların tüketiminin azaltılması sağlanır. Sürdürülebilir ve çevresel faydaları ile birlikte ithal yakıt tüketiminde ortaya çıkacak azalmanın sonucunda ekonomik katkı, bölgesel gelişme ve yatırım artışı da sağlanacaktır.

Yerel halkı kalkındırması ve kaynakların yerinde değerlendirilmesi farkındalığının yaratılması sonucunda, tarımsal artıkların tarlada bırakılmasının önüne geçilmesi ile birlikte değerlendirilmesi sağlanabilir. Biyokütle pelet üretiminin rasyonel hâle getirilmesiyle bazı bölgelerimizde değişik kapasitelere sahip çalışan tesislerin kurulmasına olanak sağlanabilir. Kırsal kesime yönelik biyokütle peletinin tanıtımını yapmak ve kabul ettirilmesi ile kaçak orman kesimlerinin de önüne geçilmesi sağlanabilir. Tarımsal artıklar preslenerek ve yüksek yoğunluğa çevrilmesi sonucunda taşıma ve de depolama maliyetleri azaltılabilir (Küsek ve Güngör 2015: 137-145; Öztürk, ve Akdemir, 2015: 137-145).

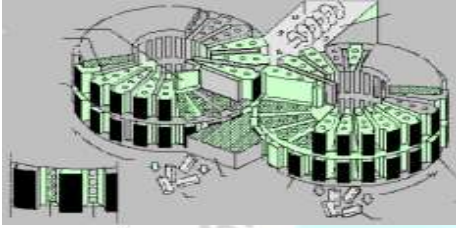
Ormancılık atık ve artıkları, kereste endüstrisi artıkları, tarımsal ürün hasat artıkları ile özel olarak yetiştirilmiş enerji bitkisi biyokütleleri, en kolay ve enerji verimli olarak pelet hâle getirildikten sonra kullanılabilir. Biyokütlelerin pelet olarak kullanımları, enerjiyi küçük bir hacimde yoğunlaştırmasından dolayı, kalorisi düşük olmasına rağmen diğer enerji türlerine karşı avantajlı duruma getirmektedir (Ishii vd., 2016: 155-166).

Bitkisel artıkların katı yakıt olarak kullanımında ortaya çıkan en önemli sorunlar arasında bitkisel artıkların yoğunluğunun düşük olması ve yüksek nem içeriğine sahip olması yer almaktadır. Düşük yoğunluk ve yüksek nem içeriğine sahip olmasından dolayı, taşıma ve depolama gibi sorunları da ortaya çıkarmaktadır. Bundan dolayı, bitkisel artıkları enerji üretimi amacıyla etkin ve kolay bir şekilde kullanımları için uygulanacak yöntemlerden birisi bu artıkları kurutup, öğütme işlemlerinden sonra presleyerek pelet formuna getirmektir. Peletlenen biyokütle materyalinin fizikokimyasal özelliklerinde değişiklikler meydana gelmesi sonucunda hacimsel ısı değeri artar, yanma özellikleri iyileşir, atmosfere salınan parçacık emisyonları ise azalır.

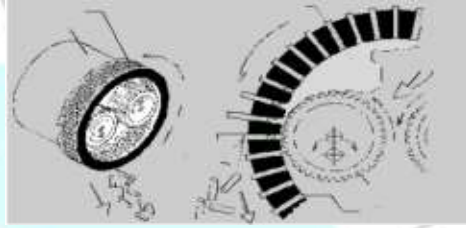
3. PELETLEME ÜRETİM AŞAMALARI

Biyokütle materyalinin yoğun ve düzgün bir forma getirilmesi işlemine peletleme denir. Peletleme işlemi kurutma, öğütme ve yoğunlaştırma gibi temel üç fiziksel işlemden oluşmaktadır. Peletlenecek biyokütle ürününün nem içeriği yaklaşık %8-12 arasında olması istenir. Bunun için fazla nemin giderilmesi amacıyla kurutulur. Kurutma prosesi, enerji gerektiren bir aşama olduğu için pelet üretim maliyetini artırır. Biyokütle örneklerinin kurutulmasında, rotary drum kurutucu, flash kurutucu, yüksek sıcaklıklı buhar kurutucu, ve belt kurutucu gibi çeşitli kurutucular kullanılmaktadır. Kurutmadan sonra, kuru biyokütle örnekleri değirmen, ezici, kırıcı veya öğütücülerde 3-6 mm parçacık boyutuna kadar küçültülmektedir. Öğütülen biyokütle basınç altında preslenerek silindirik pelet şeklini almaktadır. Bunun sonucunda, hacim ağırlığı düşük olan yığının hacim ağırlığı peletin boyutu ve şekline bağlı olarak 550-700 kg/m³ arasında değişmektedir. Peletin yoğunluğu ve sağlamlığı hammaddenin fiziksel özellikleri, kimyasal özellikleri, sıcaklığı, presleme işleminde uygulanan basınçla göre değişmektedir. Öğütülmüş biyokütle materyali bazı durumlarda preslemeden önce 100°C'nin üzerinde buharla temas ettirilmektedir. Yüksek sıcaklıktaki buhar, hammaddenin sıcaklığı ve rutubetini de artırmasıyla, biyokütle içerisinde bulunan doğal yapışkan bağlayıcıların ortaya çıkmasını sağlamaktadır. Bununla birlikte, rutubet de bağlayıcılık özelliğini arttırmaktadır. Bazı durumlarda, bağlayıcı kimyasalların eklenmesi ile birlikte pelet yoğunluğunu artırmak ve yüzeyine düzgün şekil verilmesi de sağlanabilir. Örneğin, hayvan yeminde kalsiyum lignosülfonat, kalsiyum hidroksit, bentonit, kolloidler, protein, nişasta kullanılmaktadır. Bu maddelerin karışıma, ağırlıkça % 2.6 oranında karıştırılması ile birlikte peletin sağlamlığını arttırmaktadır. Odunsu biyokütle içeriğinde fazla miktarda reçine ve lignin içermektedir. Lignin oranı yüksek madde, yüksek sıcaklık ve basınçta preslendiğinde lignin yumuşayarak yapıştırıcı haline gelmektedir. Bundan dolayı, odundan yapılan peletlerin daha yoğun ve dayanıklı olmasını sağlamaktadır. Bitkilerin lignin oranının düşük olmasından dolayı bitki peletleri daha az yoğun ve dayanıklılığı düşük olmaktadır. Odunsu maddelerin harmanlanması ile belli oranda samansı bitkisel materyaller ile karıştırıldığında pelet daha dayanıklı hale getirilebilmektedir. Pelet tesislerinde presleme işlemleri 70°C-90°C sıcaklık aralığında yapılmaktadır. Şekil verici pelet ünitesindeki sürtünmeden dolayı sıcaklığı artırmakta ve dayanıklı pelet elde edilmektedir. Biyokütle peletleme makinelerinde, silindir presler kullanılır. Silindir preslerde yaklaşık 30 mm ölçülerde küçük kalıp kullanılır. Bundan dolayı, bu tipteki presler 'pelet presi' olarak da

tanımlanmaktadır. Birçok farklı özelliklerde, kalın çelik disk veya halka üzerinde oyulmuş deliklere sahip birçok kalıp vardır. Materyal, 2 veya 3 silindirin aracılığıyla kalıpların içerisine doğru zorlanır. Görsel 3 ve Görsel 4’de görüldüğü gibi, peletleme işlemi ağırlıklı olarak düz ve çember kalıplı presler olmak üzere iki tipte pelet presi kullanılmaktadır. Düz kalıp preste; sıralı delikli disk üzerinde bir, iki ya da daha fazla sıkıştırma silindiri (daha çok 2 silindir) yaklaşık olarak 2-3 m/s hızla dönmektedir. Materyal diskler aracılığıyla kalıp deliklerinde sıkıştırılması ile birlikte kalıbın şeklini alması sonucunda pelet hâle gelmiş olarak çıkmaktadır. Çember kalıplı preslerde de, dönen delikli çemberin iç çevresine bastıran sıkıştırma silindirleri (normalde 2 veya 3 adet) belirli hızlarda sürekli olarak dönmektedir. Materyalin kalıp deliklerinde sürekli olarak sıkışması sonucunda da kalıptan pelet olarak çıkmaktadır (Küsek ve Güngör 2015: 137-145; Öztürk, ve Akdemir, 2015: 137-145).



Görsel 2. Silindirik presleme



Görsel 3. Düz presleme

Peletler, presleme işlemleri sonrasında sıcaklıkları 150 °C kadar olması ve rutubet dolayısıyla yumuşak bir durumda olmaktadır. Preslemeden sonra peletler, soğutucu depoya alınarak basınçlı hava ile soğutma işlemi gerçekleştirilmekte ve bu esnada peletin % 8 rutubete kadar kuruma sağlanarak ortam sıcaklığına getirilmektedir. Soğumuş ve sertleşmiş özelliklere sahip olan peletler soğutucudan alınarak konveyör sistemi ile depo alanına alınmaktadır. Depolama alanına giderken peletler elek sisteminden geçirilmesi ile birlikte içinde bulunan tozsuz parçalar ayrılabilir (Küsek ve Güngör 2015: 137-145; Öztürk, ve Akdemir, 2015: 137-145).

4. PELET KULLANIMINDAKİ AVANTAJ VE DEZAVANTAJLAR

Doğal çevremizde önemli bir ölçüde bulunan, çeşitlilik açısından zengin bir durumda olan fakat, halen bilinçsiz kullanımdan dolayı sorun teşkil eden biyoyakıt kaynakları; günümüz şartlarına uygun bir yakıt olarak pelet haline getirilmesi ile hem ülkemizin ekonomisine hem de çevre kirliliğinin önlenmesinde çare olabilecek potansiyele sahip bir yakıt türü olarak değerlendirilmelidir. Dünyanın gelişmekte olan ve gelişmiş ülkelerinin birçoğu artık kendi tarımsal ürünlerinden alternatif enerji üretmektedirler. Ülkemiz enerji açığını büyük oranda dışarıdan sağlamakta olup enerji arzındaki sürekliliği sağlamak için alternatif kaynaklara yönelmesi gerekmektedir. Enerji üretimi için özel bitkilerin yetiştirilmesi ile birlikte üreticiler için ek bir ürün haline gelerek tarıma elverişli olmayan alanlar değerlendirilebilir. Pelet, günümüzde kullanılan birçok enerji dönüşüm sistemlerine uygun özelliklere sahip olmasından dolayı yeni bir sistem dönüşümü daha kolay olacaktır. Pelet üretim tesislerinde yeni iş olanakları sağlayıp bölgede istihdamın artmasını sağlayacaktır. Pelet kullanımının başlıca avantajları;

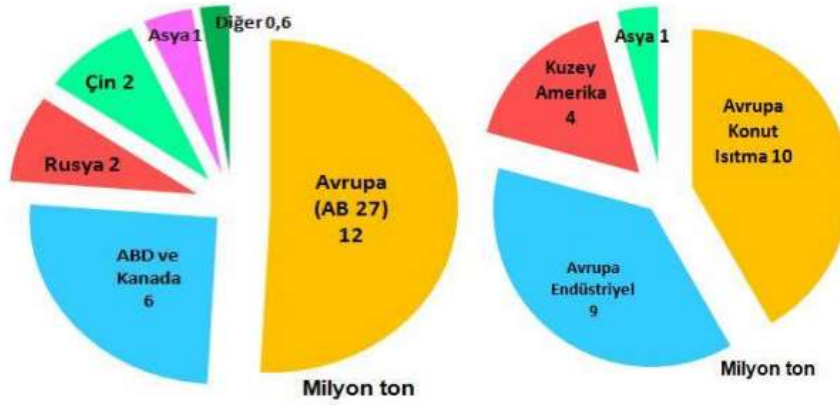
- Fosil yakıtta dışa bağımlılığı azaltır.
- %100 olarak yerli kaynaklardan elde edinilebilir.
- Yenilenebilir ve sürdürülebilir bir enerji kaynağıdır.
- Diğer fosil yakıtlara göre tehlikesizdir.
- Elektrik üretiminde kullanılabilir yakıt türüdür.
- Katı yakıtlı sistemler arasında en sağlıklı yanma sistemine sahiptir.
- Hacimsel olarak stok alanı daha az yer gerektirir.
- Tarımsal atıklar pelet üretiminde değerlendirilerek atıklar geri kazanılabilir ve ülke ekonomisine ve çevreye katkı sağlar.
- Odun pelet sistemleri, uygun egzoz emisyonuna sahiptir. Kyoto Protokolü'ne göre kabul edilebilir CO salınımı eşik değerlerinin altında yer alır.
- Eski katı yakıtlı sistemlerde, bacalarda önemli miktarda kreozot (katran ruhu) oluşur. Pelet sistemlerinde kreozot oranı yok denecek kadar azdır. Bu nedenden ötürü baca sistemi olmadan da dışarı egzoz edilebilir. Kömür gibi zehirlenme tehlikesi yoktur.
- Kazan dairesinde toz ve duman oluşumu olmaz.
- Redüktör ve fan ile daha düşük kapasitelerde motorlar yeterli gelmesinden dolayı elektrik tasarrufunu sağlar.
- Elektrikler kesildiğinde kazan dairesine müdahale gerektirmez.
- Ticari olarak pelet üretiminde kullanımı için ağaç kesimi yapılmasına gerek yoktur. Kolay alevlenebilir orman atıklarının toplanarak pelet üretiminde değerlendirilmesi sonucunda orman yangınlarına karşı korunmasına da önemli katkı sağlar.

Pelet kullanımının dezavantajlarını başlıca sıralayacak olursak;

- Fosil yakıtlı sistemlere göre yeni ve yaygın olmayan bir teknolojiye sahiptir.
- Yüksek kurulum maliyetine sahiptir.
- Ekipmanlarla birlikte taşımının gerçekleştirilmesi pahalı olabilmektedir.
- Pelet standartları farklılık göstermesi ve çevre düzenlemeleri pelet üretimine uygun olmasına engel olabilmektedir.

5. DÜNYA'DA VE TÜRKİYE'DE PELET ÜRETİMİ

Fosil yakıtların tükenmesi, dışa bağımlılık ve çevre sorunlarına neden olması gibi nedenlerle alternatif bir yakıt olarak dünya genelinde son zamanlarda pelet üretimi önem kazanmıştır. Görsel 4'de görüldüğü gibi, peletler konutların ısıtılması ve elektrik üretiminde daha fazla kullanılmaktadır (Özdemir, 2016).



Görsel 4. Peletin dünyadaki tüketim alanları, üretim ve tüketim miktarı (Özdemir, 2016)

Pelet ihracatında Japonya, Kanada ve Rusya gibi ülkeler ilk sıralarda yer almakta iken Danimarka, İtalya, Belçika ve Hollanda da pelet ihracatında önde gelen Kuzey Avrupa ülkeleridir. İtalya, Fransa ve Hollanda 1 milyon ton pelet tüketimine sahip olan ülkelerdir. Almanya ve Amerika’da ise yıllık 1,5 milyon ton pelet tüketilmektedir. Türkiye’de küçük veya orta büyüklükte ağaç talaşı, mobilya artıkları gibi materyallerden pelet üreten farklı bölgelerde birçok tesis bulunmakta olup, üretimi ve tüketimi ülkemizde yetersizdir. Pelet sektörü ülkemizde henüz gelişme aşamasındadır. Ülkemizde yılda 200.000 ton civarında pelet tüketilmektedir. Pelet ihtiyacımızın 155.000 tonu yerli imkanlarla üretilmektedir. Bitkisel kaynak ve ürün artıklarından pelet üretimi yapılmamaktadır. Bu yüzden pelet ihtiyacı için ithalat yapılmaktadır. Önümüzdeki yıllarda ülkemizde pelet üretim tesislerinin devreye girmesi ile pelet ihtiyacımızın yerli imkanlarla karşılanarak pelet tüketiminde dışa bağımlılık azalacaktır.

6. BİYOPELET YAKIT ÖZELLİKLERİ

Fosil yakıtlar ve biyoyakıtlar, güneş enerjisini bünyesinde kimyasal enerji depolamış uygun koşullarda depo halinde bulunan bu enerjiyi ortaya çıkaran maddelerdir. Yakıtlarda kolay tutuşma, uygun alev sıcaklığı, yüksek ısıl değer, termal direnç, mukavemet, fiyat güvenilirliği, çevreye zarar vermemesi ve ekonomik olması gibi bazı özelliklerin bulunması istenir. Katı yakıtlar, yanma kontrolü tamamen yapılamayan, yanma hızı düşük, ısıl değeri az, fazla yanma havası gerektiren, kül ve nem içeriği yüksek yakıtlardır. Odun ve kömür geleneksel katı yakıtlardır. Biyopelet, biyokömür ve biyobriket ise modern katı yakıtlar olarak düşünülebilir.

Yakıtın kimyasal bileşiminin, yanıcılık özelliği üzerinde güçlü bir etkisi vardır. Yakıt özellikleri genel olarak fiziksel özellikler ve kimyasal özellikler olarak sınıflandırılır. Fiziksel özellikleri, ısıtma veya kalorifik değer, nem içeriği, uçucu madde ve külü içerir. Kimyasal özellikleri çeşitli elementlerin kimyasal bileşenleri ile adlandırılır. Gerek geleneksel katı yakıt odun ve kömür gerekse katı biyoyakıtların içeriğinde çoğunlukla C ve az miktarlarda da H, O, N ve S elementleri bulunduran organik biyokütlelerdir. Yakıtlarda O, N ve S elementleri istenmeyen hetero atomlardır. N ve S yandıklarında çevreye zarar veren aerosollerini oluşturur. Aerosoller,

sera gazları kadar tehlikelidir ancak etki alanı global değil lokaldır. Aerosol, hava içerisinde asılı halde olan parçacıklardan oluşan kolloidal sistemdir. Yanma sonucunda ortama bırakılan aerosoller, azot oksitler, kükürt oksitler, duman ve is olarak tanımlanır. Aerosollerin bir kısmı ışımayı hapsedtiğinden ısınmaya, bir kısmı ise ışımayı yansıttığından soğumaya sebep olmaktadır ancak küresel boyutta değil bölgesel sıcaklık değişimine neden olmaktadır ve kısa süreli etkileri vardır. İs ve duman lokal ısınmaya, kükürt oksitler ise lokal soğumaya sebep olmaktadır. Odun, kömür türleri ve peletlere ait kimyasal analiz Çizelge 2’de verilmiştir (Tüzün 2012, Kural 1988).

Çizelge 2. Farklı yakıtların kimyasal analizleri

Yakıt Türü	% C	% H	% O	% N	% S
Odun Parçaları (Kastamonu)	44,93	5,88	42,94	0,32	0,03
Turba	59	6	33	1,5	0,5
Linyit	65	4,0	30	1,0-1,5	1,0-0,5
Taş Kömürü (Yağlı)	88	5	5	1	1
Antrasit	92	3	3	1,5	1
Orman atığı peleti (Manisa)	49	4,08	28,88	0,36	0,12
Mdf peleti (Konya)	51,88	5,68	37,54	3,48	0,03

Yakıtların fiziksel özellikleri; ısıtma veya kalorifik değer, nem içeriği, uçucu madde ve külü içerir. Fosil yakıtlar ve alternatif yakıtlara ait ısı değerleri Çizelge 3’de verilmiştir. Ülkemiz kömür rezervlerinin %90 ini linyite ait olup, ısı değeri genel olarak 1.000 kcal/kg ile 4.200 kcal/kg arasında değişiklik göstermekle birlikte yaklaşık % 90’ının alt ısı değeri 3.000 kcal/kg’ın altındadır (Kural, 1991: 17-49). Ortalama kalitede odunun ısı değeri ise 2500 kcal/kg’dır. Peletin ısı değeri odun ve linyitten daha yüksektir.

Çizelge 3. Yakıtların ısı değerleri

Yakıt	Alt ısı değeri (kcal/kg)
İthal Sibiryalı linyit kömürü	7000
İthal G.Afrika linyit kömürü	6500
İthal Rusya linyit kömürü	6200
Yerli Soma linyit kömürü	5500
Doğalgaz (konut)	8250
Fuel-oil	9700
Elektrik	860
LPG-Propan dökme gaz	11000
LPG-12 kg tüp	11000
Motorin	10200
Pelet	4350

7. GENEL DEĞERLENDİRME VE SONUÇLAR

Pek çok ülke kendi ekosistemlerine uygun ve elverişli olan tarımsal kaynaklardan alternatif yakıt olarak enerji elde etmektedir. Enerjide yüksek oranda dışa bağımlı olan ülkemizin enerji arzındaki süreklilik, iç kaynaklar ile güven altına alınabilir. Çevreye zarar vermeyen, yenilenebilir, ucuz ve yerli hammadde sorunu olmayan biyokütle kaynaklarının biyopelet olarak değerlendirilmesi ile hem ülke ekonomisine katkı sağlanabilir hem de fosil yakıtların sebep olduğu çevre kirliliğine çözüm getirilebilir. Biyopelet hammaddesinin sağlanması için enerji bitkileri yetiştiriciliği, enerji ormanı ve enerji tarımı hakkında çalışmalarda eş zamanlı olarak yapılmalı, kırsal kesimin bu konularda bilgilendirilmeli ve desteklenmelidir. Böylece tarıma elverişsiz araziler alternatif enerji kaynağı olarak değerlendirilebilir.

KAYNAKÇA

- [1] Y E. Kapluhan (2014). “A research in the field of energy geography: Usage of biomass Energy in the World and Turkey”, Marmara Coğrafya Dergisi, vol. 30, pp. 97-125.(Erişim tarihi: 05.06.2021)
- [2] Küsek, G., Güngör, C., Öztürk, H.H., ve Akdemir, Ş., (2015). “Tarımsal Artıklardan Biyopelet Üretimi”, Ziraat Fakültesi Dergisi, 2015, Cilt 29, Sayı 2, 137-145 (Journal of Agricultural Faculty of Uludag University. (Erişim tarihi: 08.06.2021)
- [3] Abt, K.L., Abt, R.C., Galik, C.S., ve Skog, K.E., “*Effect of Policies on Pellet Production and Forests in the U.S. South: A Technical Document Supporting the Forest Service Update of the 2010 RPA Assessment*”, General Technical Report SRS-202., US Forest Service, Southern Research Station, Asheville, NC. 2014.
- [4] Viak A., Co-ordinator of Thermie B Project “*Industrial Network on Wood pellets*”, 3-74, 2000.
- [5] K. Ishii, T. Furuichi, A. Fujiyama ve S. Watanabe, (2016). “Logistics cost analysis of rice straw pellets for feasible production capacity and spatial scale in heat utilization systems: A case study in Nanporo town, Hokkaido Japan”, Biomass and Bioenergy, vol. 95, pp. 155-166. (Erişim tarihi: 22.06.2021)
- [6] Kural., O., “*Kömür*”, Kurtiş Matbaası, İstanbul, 17 - 49 s. (1991).
- [7] <https://www.stb.org.tr/Dosyalar/Arastirmalar/pelet-ekonomisi.pdf>

HYDRAULIC PROPERTIES OF A BOF STEEL SLAG USED IN ROAD CONSTRUCTION USING BEERKAN INFILTRATION EXPERIMENT AND HYDRUS-3D INVERSE APPROACH

D. YILMAZ,

Munzur University, Engineering Faculty, Civil Engineering Department, Tunceli, Turkey

<https://orcid.org/0000-0003-0172-4767>

Abstract

Steel production generates great amounts of by-products as steel slag. The use of Basic Oxygen Furnace slag (BOF slag) has been restrained due to insufficient volume stability and damage in time to the asphalt pavement by swelling and creation of bumps. More deep investigation about this material is necessary before use as road pavement. Hydraulic properties change related to modification of the matrix porosity can be considered as good indicator to understand phenomena occurring during alteration process. This study aimed at monitoring the hydraulic properties of BOF slag re-used in road construction. For that an experimental site was set up in 2007. It consists of an outside experimental road constructed with a compacted BOF slag, 10.9 x 6.4 m and 0.52 m thick, located in the southern part of France. The slag was dumped on a geomembrane and the bottom of the structure was equipped with a drainage system to collect percolating stormwater. The platform was unpaved and was not submitted to traffic. To study hydraulic properties of the slag platform, in situ-infiltration experiments were performed for 1 month, 6 months, 12 months and 24 months alteration and cumulative infiltrations were modelled to derive the water retention and hydraulic conductivity curves, using inverse procedure of Hydrus 3D software. It appeared that the permeability of the platform became more homogeneous, from a spatial point of view, and lower with time, maybe due to the reaction of slag minerals with rainwater and atmospheric CO₂ that induced carbonation and precipitation phenomena. After 12 months of monitoring, it was observed that the slag had stabilized and that the hydrodynamic properties did not change in comparison to 24 months measurement. As regards characteristic hydrodynamic curves, the behavior of the BOF slag could be compared to a sandy loam.

Keywords: BOF Slag, Hydraulic Properties, Infiltration, Inverse Approach, Hydrus-3D

1. Introduction

Soils in urban areas are frequently composed of several types of anthropogenic materials whose hydraulic parameters are unknown. For instance, BOF slags that are byproducts of the steel industry are planned to be used as alternative materials in road and civil engineering, even though little is known in regard to their hydraulic properties. Only a few previous studies have focused on modelling flow through BOF slag (Chaurand et al. 2006; Yilmaz et al. 2010). Yet, the knowledge of their hydrodynamic properties is required to understand the effect on flows in the works and urban soils where they are found. Moreover, such knowledge is required to understand the pollutant release and transfer processes since flow patterns determine the release and transfer of solutes. As means of hydraulic characterization, water infiltration experiments are quite common for the hydraulic characterization at the field scale. Yilmaz et al. (2010) focused on modelling flow through BOF slag from Beerkan infiltration data using an adapted

version of the BEST method (Lassabatere et al., 2006). They find out an evolution in time of the hydrodynamic properties of a road experimental platform built with BOF slag. This was reflected by a reduction of the infiltration capacity of the studied plot. At 6 months, they observed a crusted layer formed at the surface of the experimental plot and stabilization of the hydraulic properties after 12 months. Similar results were observed for permeability with opposite trend for capillarity length when using different technique such as disk tension infiltrometry (Yilmaz et al., 2012). However, the difference in results of soil capillarity may be inputted either to different hydraulic functions models involved or to different experimental infiltration condition.

The present study is intended to provide a soil hydraulic characterization of the studied BOF slag using the parameter estimation technique through the Hydrus 3-D software and Van-Genuchten Mualem (1980) soil hydraulic model using Beerkan infiltration experiments. Comparison with previous treatment method and discussion about capillarity is done.

2. Materials and methods

2.1. Experimental Site

The studied material is a BOF slag issue from a production of March 2003. The material was matured during three years on the industrial site located in south of France. Detailed information regarding the chemical and mineral composition is described on the study of Yilmaz et al. (2010). The grain size fraction of BOF slag used for the construction of the experimental road embankment is 0/6 mm (Figure 1). The dimension of this structure is 10.9 m long by 6.4 m wide by 0.52 m thick, located at Fos-sur-Mer in south eastern France. The climate at this site is Mediterranean, with an average annual temperature of around 14.9°C and a total rainfall of 544.4 mm (meteorological data obtained from the Marseille-Marignane meteorological station, located close to the site). The bottom of the worksite had been covered with a geomembrane and equipped with a drainage system to collect storm water percolating through the BOF slag. Two 26-cm-thick layers of slag were deposited on the platform and compacted (for a total mass of ~70 Mg), which represent a dry bulk density about 1.93 g.cm⁻³. The platform is unpaved and not subjected to any traffic.



Figure 1. Experimental BOF slag road platform

2.2. Beerkan experiments

The beerkan infiltration experiment uses a simple annular ring. A soil sample is collected to determine the initial gravimetric water content and bulk density (ρ_b). Then the cylinder is positioned at the soil surface and inserted to a depth of about 1 cm to avoid lateral loss of the

ponded water at the soil surface. A fixed volume of water is poured into the cylinder at time zero, and the time elapsed during the infiltration of the known volume of water is measured. When the first volume has completely infiltrated, a second known volume of water is added to the cylinder, and the time needed to infiltrate is measured (cumulative time). The procedure is repeated for a series about 8 to 20 known volumes and cumulative infiltration is recorded. A total of 6 beerkan experiments were performed at 1, 6, 12 and 24 months ageing.

2.3. Hydrus inverse procedure for soil hydraulic parameter estimation

Inverse analyses of Beerkan infiltration experiments requires numerical solutions of the Richards equation and the knowledge of initial and boundary conditions. The principle of the inverse procedure used by Hydrus code is based on the numerical resolution by element finite of Richards equation and used the algorithm of Marquardt (1968) for the inverse procedure, this procedure is described on many studies (Simunek and van Genuchten 1996, 1997; Ramos 2006). We used the Hydrus 2D/3D code (Simunek, 2008) in 2D asymmetrical configuration. The dimension of the numerical domain is 40 cm per 40 cm, which represent a cylindrical convoluted volume of 200 dm³ and enough to represent a multi tension disk infiltration experiment. The mesh geometry used is rectangular, the number of nodes is 6481. The upper limit on 10 cm, which correspond to the radius of the disk, is configured on variable head condition. The lower limit is configured on free drainage.

The van Genuchten-Mualem relation is used for representing the soil water retention curve and the soil hydraulic conductivity curve as follow:

$$\frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} = \left[1 + \left(\frac{h}{h_g} \right)^\eta \right]^{-m} \quad \text{Equation 1}$$

$$K(\theta) = K_s \left(\frac{\theta}{\theta_s} \right)^l \left[1 - \left(1 - \left(\frac{\theta}{\theta_s} \right)^{\frac{1}{m}} \right)^m \right]^2 \quad \text{Equation 2}$$

where θ_r and θ_s denote the residual and saturated water contents, respectively ($L^3 L^{-3}$), K_s is the saturated hydraulic conductivity ($L T^{-1}$), h and h_g the negative pressure head and scaled pressured head (L), η , and l are empirical shape factors (van Genuchten, 1980; van Genuchten and Nielsen, 1985). Simunek and van Genuchten (1996), among others, pointed out that the selected soil hydraulic model, and the number of parameters being optimized, generally influences the identification, uniqueness, and stability of the inverse solution. In our purpose, we considered θ_s as known parameter; in the case of BOF slag, θ_r is considered null (Yilmaz et al., 2010) and l is considered as usually equal to 0.5 (Simunek and Van Genuchten, 1997). Then the triplet of (n , α , K_s) is determined by the inverse procedure. The initial parameters for the initial stage were chosen according to the proposed unsaturated parameter by the BEST method (Yilmaz et al., 2010). Then the parameter estimated in the initial stage are used as initial parameter for the other infiltration stages.

3. Results and Discussion

All the Beerkan infiltration experiments are illustrated in Figure 2. Clearly at 1 month and 6 months ageing, the response of soil is very heterogenous with two distinct group but then at 12 and 24 months, the response of the studied platform become homogenous. At the first campaign, cumulated infiltrations were very high meaning very high infiltration capacity. But then it reduced, and no significant difference was observed between the last two campaigns.

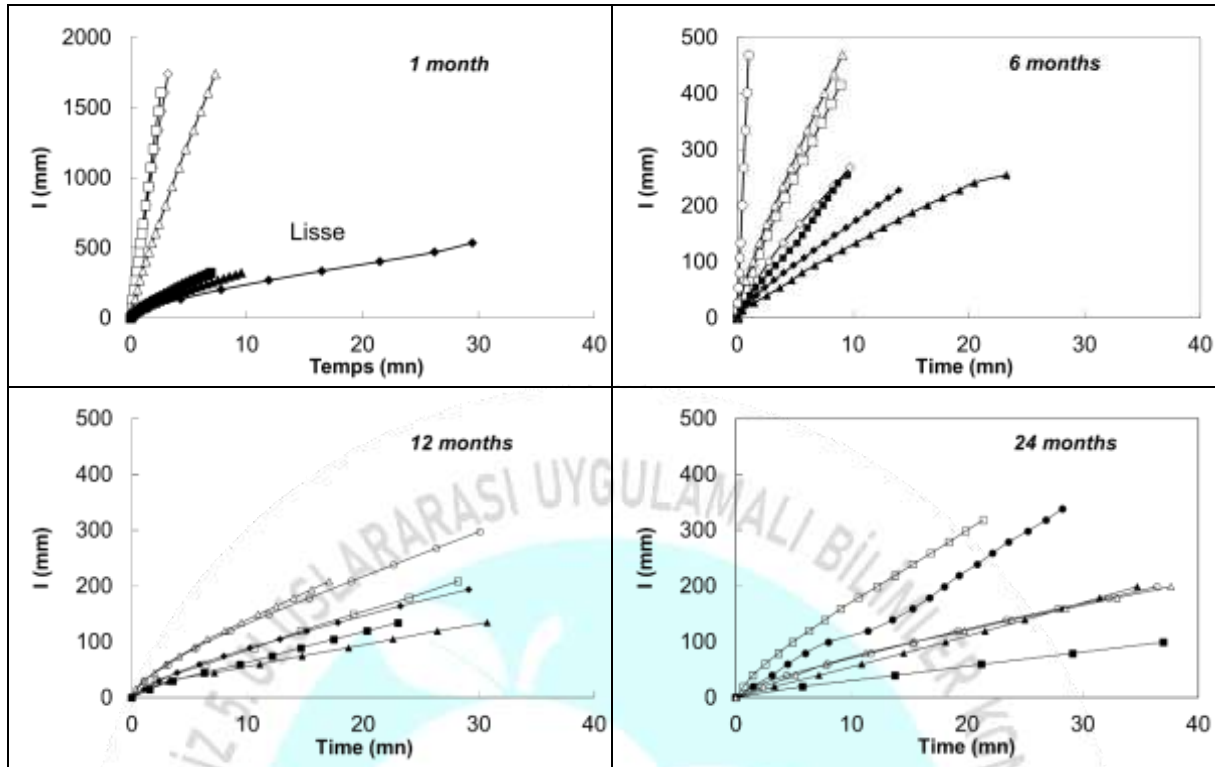


Figure 2. Beerkan Experiments

The parameter estimation for K_s and h_g using Hydrus 3D inverse approach with the results of BEST algorithm (Yilmaz et al., 2010) are illustrated as graphic plot (Figure 3). For K_s estimates similar estimations were observed between both methods. The R^2 correlation factor was observed to 0.91. Between the 24 experiments only two points diverged with extreme high K_s values. For scale parameter h_g , the results are less correlated, the points are more spread out between both methods. But similar trend was observed with a reduction of the absolute h_g value within time. On other term, h_g parameter is also identified as the capillarity length showing that both methods can be considered as indicator of the hydraulic parameter variation. The SEM observations showed that a crusted layer occurred at the top layer of the BOF slag. The material in contact with rainwater and oxygen precipitated as carbonation reaction that has the effect of reducing the pore matrix and therefore the permeability of the experimental road platform.

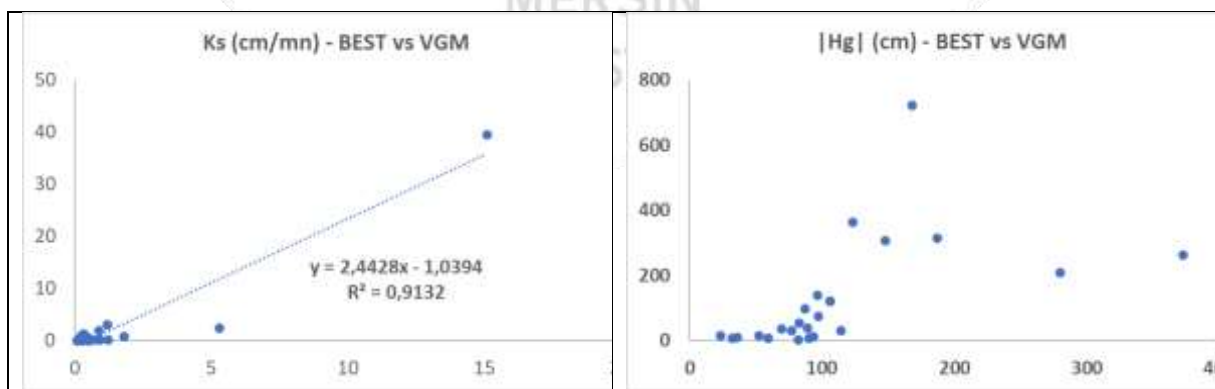


Figure 3. Plots of K_s and absolute h_g between Hydrus inverse approach and BEST method.

4. Conclusion

In this study, Beerkan infiltrations performed on an experimental road platform built with BOF slag were treated with Hydrus inverse procedure and estimated hydraulics parameters were compared with those of BEST algorithm. Similar results and trends were observed for the permeability and the capillarity length of the studied BOF slag material. These results give us confident about the reduction of both parameters confirmed by both methodologies. Previous study (Yilmaz et al., 2010) showed that reduction in time of the hydraulic parameters was linked to carbonation reaction at the surface layer of the material. After one year, the experimental road platform hydraulic parameters stabilized, and no more significant reduction of the permeability was observed. Also, spatial homogenization of the hydraulic response was observed. The result points that the maturation on deposit site at atmospheric condition before use of BOF slag may be an option to be considered to avoid any problems during life of the road pavement. Further research must be conducted to simulate the road platform with bituminous asphalt covering and real traffic load to investigate others potential effects not observed in our experimental configuration.

5. References

- Chaurand P., J. Rose, V. Briois, L. Olivi, J.-L. Hazemann, O. Proux, J. Domas, and Bottero J.Y. 2007. Environmental impacts of steel slag reused in road construction: A crystallographic and molecular (XANES) approach. *J. Hazard. Mater.*, 139(3) :537-542.
- Lassabatere, L., R. Angulo-Jaramillo, J.M Soria Ugalde, R. Cuenca, I. Braud, and Haverkamp, R. 2006. Beerkan estimation of soil transfer parameters through infiltration experiments. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 70:521-532.
- Marquardt, D. 1963. An Algorithm for Least-Squares Estimation of Nonlinear Parameters. *SIAM J. Appl. Math.*, 11:431-441.
- Ramos, T. B., Goncalves, M. C., Martins, J. C., Van Genuchten, M. T., & Pires, F. P. (2006). Estimation of soil hydraulic properties from numerical inversion of tension disk infiltrometer data. *Vadose Zone Journal*, 5(2), 684-696.
- Simunek, J., and M. Th. van Genuchten. 1996. Estimating unsaturated soil hydraulic properties from tension disc infiltrometer data by numerical inversion, *Water Resour. Res.*, 32(9), 2683-2696.
- Simunek, J., and M. Th. van Genuchten. 1997. Estimating unsaturated soil hydraulic properties from multiple tension disc infiltrometer data, *Soil Science*, 162(6), 383-398.
- Simunek, J., van Genuchten, M. T., & Sejna, M. (2008). Development and applications of the HYDRUS and STANMOD software packages and related codes. *Vadose Zone Journal*, 7(2), 587-600.
- Van Genuchten, M.Th. 1980. A closed-form equation for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated soils. *Soil Sci. Am. J.* 44, 892-898.
- Van Genuchten, M. T., & Nielsen, D. R. (1985). On describing and predicting the hydraulic properties. In *Annales Geophysicae* (Vol. 3, No. 5, pp. 615-628).

Yilmaz, D., L. Lassabatere, R. Angulo-Jaramillo, D. Deneele and Legret, M. 2010. Hydrodynamic characterization of basic oxygen furnace slag through an adapted BEST method. *Vadose Zone J.* 9, 107-116.

Yilmaz, D., Lassabatere, L., Deneele, D., Angulo-Jaramillo, R., and Legret, M. (2013). Influence of carbonation on the microstructure and hydraulic properties of a basic oxygen furnace slag. *Vadose Zone Journal*, 12(2), vzt2012-0121.



