

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**JEOLOJİK (MİNERALOGİK) KATALİZÖRLER YARDIMIYLA PLASTİK VE ORGANİK  
ATIKLARDAN MOTORLU ARAÇLARDA VE İŞ MAKİNELERİNDE KULLANILABİLİR YAKIT  
ÜRETME**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Jeoloji Müh. Mehmet Can SARIKAP**

**HAZİRAN 2019  
TRABZON**



**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**JEOLOJİ MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**JEOLOJİK (MİNERALOJİK) KATALİZÖRLER YARDIMIYLA PLASTİK VE ORGANİK  
ATIKLARDAN MOTORLU ARAÇLARDA VE İŞ MAKİNELERİNDE KULLANILABİLİR  
YAKIT ÜRETME**

**Mehmet Can SARIKAP**

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünce**  
**"JEOLOJİ YÜKSEK MÜHENDİSİ"**  
**Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.**

**Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 21 / 06 / 2019**

**Tezin Savunma Tarihi : 14 / 06 / 2019**

**Tez Danışmanı : Doç. Dr. Fatma HOŞ ÇEBİ**

**Trabzon 2019**

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**Jeoloji Mühendisliği Anabilim Dalında  
Mehmet Can SARIKAP Tarafından Hazırlanan**

**JEOLOJİK (MİNERALOGİK) KATALİZÖRLER YARDIMIYLA PLASTİK VE ORGANİK  
ATIKLARDANMOTORLU ARAÇLARDA VE İŞ MAKİNELERİNDE KULLANILABİLİR  
YAKIT ÜRETME**

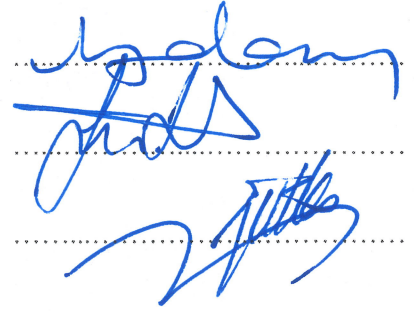
**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 14/ 05/ 2019 gün ve 1804 sayılı  
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda  
YÜKSEK LİSANS TEZİ  
olarak kabul edilmiştir.**

**Jüri Üyeleri**

**Başkan : Prof. Dr. Çiğdem SAYDAM EKER**

**Üye : Doç. Dr. Fatma HOŞ ÇEBİ**

**Üye : Doç. Dr. Gülten YAYLALI ABANUZ**



**Prof. Dr. Asim KADIOĞLU**

**Enstitü Müdürü**

## ÖNSÖZ

Karadeniz Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından FYL-2017-5760 kodlu “Jeolojik (Mineralojik) Katalizörler Yardımıyla Plastik ve Organik Atıklardan Motorlu Araçlarda ve İş Makinelerinde Kullanılabilir Yakıt Üretme” isimli proje ile desteklenen bu çalışmayı öneren, çalışmanın her aşamasında bilgi birikimi ve tecrübeleri ile bana yol gösteren, her zaman yardımlarıyla yanımda olan danışman hocam Sayın Doç. Dr. Fatma HOŞ ÇEBİ’ye minnet ve şükranlarımı sunmak isterim. Bu çalışmaya verdiği proje desteği ile değer katan Karadeniz Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi’ne teşekkür ederim.

Bilgi, tecrübe, görüş ve önerilerinden yararlandığım, her zaman yanımda olan ve beni destekleyen değerli hocam Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ ve Prof. Dr. Reyhan KARA GÜLBAY’a şükranlarımı sunarım.

Yalnızca yüksek lisans çalışmam sırasında değil eğitimimin ve hayatımın her aşamasında benden desteklerini esirgemeyen, bana yol gösteren ve ışık tutan canım aileme şükranlarımı sunarım. Tanrı Türk’ü korusun ve yüceltsin.

Mehmet Can SARIKAP  
Trabzon 2019

## TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Jeolojik (Mineralojik) Katalizörler Yardımıyla Plastik ve Organik Atıklardan Motorlu Araçlarda ve İş Makinelerinde Kullanılabilir Yakıt Üretme” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Doç. Dr. Fatma HOŞ ÇEBİ'nin sorumluluğunda tamamladığımı, örnekleri kendim ürettiğimi, analizleri ilgili lâboratuarlarda yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğimi, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul ettiğimi beyan ederim. 14/06/2019

Mehmet Can SARIKAP

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ .....	IV
İÇİNDEKİLER .....	V
ÖZET.....	VII
SUMMARY .....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IX
TABLolar DİZİNİ .....	XI
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XVI
1. GENEL BİLGİLER.....	17
1.1. Giriş ve Amaç.....	17
1.2. Önceki Çalışmalar .....	3
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	12
2.1. Materyal ve Yöntem .....	12
2.1.1. Materyal.....	12
2.1.1.1. Hammadde.....	12
2.1.1.2. Katkı Maddeleri.....	14
2.1.2. Yöntem .....	17
2.1.3. Analiz Çalışmaları .....	19
2.1.4. Büro Çalışmaları.....	23
3. BULGULAR .....	24
3.1. Üretilen Sıvı Ürünlerin Fiziksel Özelliklerinin İncelenmesi.....	24
3.2. Üretilen Sıvı Ürünlerin Kimyasal Özelliklerinin İncelenmesi .....	51
3.2.1. Yoğunluk 15 °C (TS EN ISO 12185: Ham petrol ve petrol ürünleri - Yoğunluk tayini-Salınım yapan u tüpü metodu): .....	70
3.2.2. Viskozite 40 °C (TS 1451 EN ISO 3104: Petrol ürünleri - Saydam ve opak sıvılar-Kinematik viskozitenin hesaplanması):.....	74
3.2.3. Parlama Noktası (TS EN ISO 2719: Petrol ürünleri ve yağlayıcılar- Parlama noktası tayini - Pensky Martens kapalı kap metodu): .....	76
3.2.4. Akma Noktası (TS 1233 ISO 3016: Petrol Ürünleri – Akma Noktası Tayini): .....	77

3.2.5.	Su İçeriği (TS 6147 EN ISO 12937: Petrol rnleri- Su tayini - Kulometrik Karl Fischer titrasyon metodu): .....	81
3.2.6.	Kl İçeriği (TS EN ISO 6245: Petrol rnleri - Kül tayini):.....	83
3.2.7.	Yanma Isısı (st Isıl Değer) (DIN 51900-2: Petrol rnleri- Yanma Isısı Tayini – Kalorimetre Yöntemi): .....	86
4.	TARTIŞMA.....	91
5.	SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	141
6.	KAYNAKLAR.....	145
ÖZGEÇMİŞ		



Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

JEOLOJİK (MİNERALOJİK) KATALİZÖRLER YARDIMIYLA PLASTİK VE ORGANİK ATIKLARDAN MOTORLU ARAÇLARDA VE İŞ MAKİNELERİNDE KULLANILABİLİR YAKIT ÜRETME

Mehmet Can SARIKAP

Karadeniz Teknik Üniversitesi  
Mühendislik Fakültesi  
Jeoloji Anabilim Dalı  
Danışman: Doç. Dr. Fatma HOŞ ÇEBİ  
2019, 147 Sayfa

Bu çalışma kapsamında polietilen tereftalat, polivinil klorür ve organik atıklarla birlikte kil, zeolit ve MCS23 kodlu malzemeler kapalı bir ortamda 300–400 °C sıcaklık aralığında ısıtılmış ve yeniden yoğunlaştırılmıştır. Çalışmada farklı tiplerde ve ağırlıklarda plastik ve organik malzemeler ile birlikte farklı oranlarda katalizörler kullanılarak 20 adet deney yapılmıştır. Elde edilen sıvı ürünlerin analizi ISO standartlarına uygun olarak KTÜ-YUAM’da yaptırılmıştır. Deneylerde, en yüksek sıvı yakıt verimi Deney 9’da gözlemlenmiştir (%93,33). Analizlerde en iyi yoğunluk değeri Deney 12’de gözlemlenmiştir (797,8 kg/m<sup>3</sup>). Analizlerde en iyi viskozite değeri Deney 2’de gözlemlenmiştir (2,794 mm<sup>2</sup>/s). Analizlerde bütün örneklerde parlama noktası değerleri 40 °C’nin altında belirlenmiştir. Analizlerde en iyi akma noktası değeri Deney 2’de gözlemlenmiştir (-6°C). Tüm örnekler karşılaştırıldığında kül içerik değerlerinin standart değer aralığında (0-0,01 %(m/m)), yanma ısısı değerlerinin standart değer aralığında olduğu bulunmuştur (35.000> J/g). Çalışmada MCS23 ve klinoptilolit katkı maddelerinin bir arada kullanılmasının, daha yüksek verimde ürünler elde edilmesine ve yakıt özellikleri açısından daha iyi değerler elde edilmesine doğrudan katkısı olduğu gözlemlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Jeolojik Katalizör, Klinoptilolit, Plastik Atık, Organik Atık, Zeolit



Master Thesis

SUMMARY

JEOLJİK (MİNERALJİK) KATALİZÖRLER YARDIMIYLA PLASTİK VE  
ORGANİK ATIKLARDAN MOTORLU ARAÇLARDA VE İŞ MAKİNELERİNDE  
KULLANILABİLİR YAKIT ÜRETME

Mehmet Can SARIKAP

Karadeniz Technical University  
Faculty of Engineering  
Department of Geology  
Consultant: Assoc. Prof. Fatma HOŞ ÇEBİ  
2019, 147 Pages

In this study, polyethylene terephthalate (PET), polyvinyl chloride (PVC) and organic wastes together with clay, zeolite and MCS23-code materials were heated in a closed medium to a temperature range of 300-400 °C and recondensed. Using different types and weight of plastic and organic materials, 20 experiments were made with various amounts of catalysts in this study. The analysis of the liquid products obtained was made in KTU-FARC according to ISO standards. In the experiments, the highest liquid fuel yield was observed in Experiment 9 (%93,33). In the analysis, the best density value was observed in Experiment 12 (797,8 kg/m<sup>3</sup>). In the analysis, the best viscosity value was observed in Experiment 2 (2,794 mm<sup>2</sup>/s). In the analysis, flash point values of all samples were determined below 40 °C. In the analysis, the best pour point value was observed in Experiment 2 (-6 °C). When all samples were compared, ash content values were found to be within the standard range (0-0,01 %(m/m)). When all samples were compared, combustion heat values were found to be within the standard range (35.000> J/g). It is observed that the combined use of MCS23 and clinoptilolite admixtures has a direct contribution to achieving higher efficiencies and obtaining better values in terms of fuel properties.

**Key Words:** Geological Catalyst, Clinoptilolit, Plastic Waste, Organic Waste, Zeolite.

## ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Polivinilklorür'ün temel element dizilimi .....	13
Şekil 2. Polietilen Tereftalat'ın temel element dizilimi .....	13
Şekil 3. Kaolin minerali ( $Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O + K_2CO_3 + 4SiO_2$ ).....	15
Şekil 4. Klinoptilolit minerali ( $(Na_2O) \cdot 70 (CaO) \cdot 10(K_2O) \cdot 15 (MgO)_{05} Al_2O_3 \cdot (8.5-10.5) SiO_2 \cdot (6-7) H_2O$ ) .....	16
Şekil 5. Çalışmada kullanılan piroliz reaktörü görünümü.....	17
Şekil 6. Deney 1 sonucunda elde edilen sıvı ürün örneği.....	25
Şekil 7. Deney 2 sonucunda elde edilen sıvı ürün örneği.....	26
Şekil 8. Deney 3 sonucunda elde edilen sıvı ürün örneği.....	27
Şekil 9. Deney 4 sonucunda elde edilen sıvı ürün örneği.....	28
Şekil 10. Deney 5 sonucunda elde edilen sıvı ürün örneği.....	29
Şekil 11. Deney 6 sonucunda elde edilen sıvı ürün örneği.....	30
Şekil 12. Deney 7 sonucunda elde edilen sıvı ürün örneği.....	31
Şekil 13. Deney 8 sonucunda elde edilen sıvı ürün örneği.....	32
Şekil 14. Deney 9 sonucunda elde edilen sıvı ürün örneği.....	33
Şekil 15. Deney 10 sonucunda elde edilen sıvı ürün örneği.....	34
Şekil 16. Deney 11 sonucunda elde edilen sıvı ürün örneği.....	35
Şekil 17. Deney 12 sonucunda elde edilen sıvı ürün örneği.....	36
Şekil 18. Deney 13 sonucunda elde edilen sıvı ürün örneği.....	37
Şekil 19. Deney 14 sonucunda elde edilen sıvı ürün örneği.....	38
Şekil 20. Deney 15 sonucunda elde edilen sıvı ürün örneği.....	39
Şekil 21. Deney 16 sonucunda elde edilen sıvı ürün örneği.....	40
Şekil 22. Deney 17 sonucunda elde edilen sıvı ürün örneği.....	41
Şekil 23. Deney 18 sonucunda elde edilen sıvı ürün örneği.....	42

Şekil 24. Deney 19 sonucunda elde edilen sıvı ürün örneği.....	43
Şekil 25. Deney 20 sonucunda elde edilen sıvı ürün örneği.....	44
Şekil 26. Deney 1, 2, 3, 4, 5 sonucunda elde edilen katı kalıntı, sıvı ve gaz ürünlerin yüzde olarak karşılaştırılması.....	46
Şekil 27. Deney 6, 7, 8, 9, 10 sonucunda elde edilen katı kalıntı, sıvı ve gaz ürünlerin yüzde olarak karşılaştırılması.....	47
Şekil 28. Deney 11, 12, 13, 14, 15 sonucunda elde edilen katı kalıntı, sıvı ve gaz ürünlerin yüzde olarak karşılaştırılması.....	48
Şekil 29. Deney 16, 17, 18, 19, 20 sonucunda elde edilen katı kalıntı, sıvı ve gaz ürünlerin yüzde olarak karşılaştırılması.....	49
Şekil 30. Yapılan deneylere göre katı ürün karşılaştırması.....	50
Şekil 31. Yapılan deneylere göre sıvı ürün karşılaştırması.....	51
Şekil 32. Numune yoğunluk değerlerinin karşılaştırması. TS, EN ve ISO yoğunluk standart alt değeri (820-845 kg/m <sup>3</sup> değer aralığı) grafikte ilk sütunda verilmiştir.....	73
Şekil 33. Numune viskozite değerlerinin karşılaştırılması. TS, EN ve ISO viskozite standart alt değeri (2 – 4,5 mm <sup>2</sup> /s değer aralığı) grafikte ilk sütunda verilmiştir..	76
Şekil 34. Numune akma noktası değerlerinin karşılaştırılması.....	81
Şekil 35. Numune kül içeriği karşılaştırması. TS, EN ve ISO kül içeriği standart üst değeri (0,01 üst değer aralığı) grafikte ilk sütunda verilmiştir.....	85
Şekil 36. Numune Yanma Isısı (Üst Isıl Değer) Karşılaştırması. TS, EN ve ISO yanma ısısı standart alt sınır değeri (35.000) grafikte ilk sütunda verilmiştir.....	89

## TABLolar DİZİNİ

	<b><u>Sayfa No</u></b>
Tablo 1. Yapılan deney çalışmalarında kullanılan hammadde, katkı maddesi ve sıvı çıkış ve bitiş değerleri tablosu .....	19
Tablo 2. Çalışmada elde edilen sıvı ürün ve katı kalıntı değerleri tablosu.....	45
Tablo 3. Deney 2'den elde edilen numunenin önemli yakıt özellikleri .....	52
Tablo 4. Deney 4'den elde edilen numunenin önemli yakıt özellikleri .....	53
Tablo 5. Deney 6'dan elde edilen numunenin önemli yakıt özellikleri .....	54
Tablo 6. Deney 7'den elde edilen numunenin önemli yakıt özellikleri .....	55
Tablo 7. Deney 8'den elde edilen numunenin önemli yakıt özellikleri .....	56
Tablo 8. Deney 9'dan elde edilen numunenin önemli yakıt özellikleri .....	57
Tablo 9. Deney 10'dan elde edilen numunenin önemli yakıt özellikleri .....	58
Tablo 10. Deney 11'den elde edilen numunenin önemli yakıt özellikleri .....	60
Tablo 11. Deney 12'den elde edilen numunenin önemli yakıt özellikleri .....	61
Tablo 12. Deney 13'den elde edilen numunenin önemli yakıt özellikleri .....	62
Tablo 13. Deney 14'den elde edilen numunenin önemli yakıt özellikleri .....	63
Tablo 14. Deney 15'den elde edilen numunenin önemli yakıt özellikleri .....	64
Tablo 15. Deney 16'dan elde edilen numunenin önemli yakıt özellikleri .....	65
Tablo 16. Deney 17'den elde edilen numunenin önemli yakıt özellikleri .....	66
Tablo 17. Deney 18'den elde edilen numunenin önemli yakıt özellikleri .....	67
Tablo 18. Deney 19'dan elde edilen numunenin önemli yakıt özellikleri .....	68
Tablo 19. Deney 20'den elde edilen numunenin önemli yakıt özellikleri .....	69
Tablo 20. Türk Standartları Enstitüsü Genel Yakıt Standartları Tablosu .....	70
Tablo 21. Yapılan deneylerde elde edilen numunelerin yoğunluk değer ölçümleri karşılaştırması .....	73
Tablo 22. Yapılan deneylerde elde edilen numunelerin viskozite değer ölçümleri karşılaştırması .....	75

Tablo 23. Yapılan deneylerde elde edilen numunelerin akma noktası değer ölçümleri karşılaştırması .....	80
Tablo 24. Yapılan deneylerde elde edilen numunelerin su içeriği değer ölçümleri karşılaştırması (Genel yakıt standartlarına göre su içeriği 0,2 %(m/m) küçük olmalıdır).....	83
Tablo 25. Yapılan deneylerde elde edilen numunelerin kül içeriği değer ölçümleri karşılaştırması (Genel yakıt standartlarına göre kül içeriği 0,01 %(m/m) küçük olmalıdır).....	85
Tablo 26. Yapılan deneylerde elde edilen numunelerin yanma ısısı (üst ısıl değer) değer ölçümleri karşılaştırması (Genel yakıt standartlarına göre yanma ısısı üst ısıl değeri 35.000 J/g değerinin üstünde olmalıdır) .....	89
Tablo 27. %100 oranında PET hammadde kullanılarak yapılan deneyler karşılaştırması..	91
Tablo 28. %100 oranında PVC hammadde kullanılarak yapılan deneyler.....	95
Tablo 29. %50 oranında PVC ve %50 oranında PET hammadde kullanılarak yapılan deneyler karşılaştırması .....	96
Tablo 30. %100 oranında organik evsel atık hammadde kullanılarak yapılan deneyler...	100
Tablo 31. Eşit oranlarda PVC, PET ve OEA hammadde kullanılarak yapılan deneyler ..	102
Tablo 32. %25 PVC, %25 PET ve %50 OEA hammadde oranları kullanılarak yapılan deneyler.....	103
Tablo 33. %50 PET ve %50 OEA hammadde oranları kullanılarak yapılan deneyler karşılaştırması .....	105
Tablo 34. %40 PET ve %60 OEA hammadde oranları kullanılarak yapılan deneyler .....	108
Tablo 35. %50 PVC ve %50 OEA hammadde oranları kullanılarak yapılan deneyler.....	109
Tablo 36. %40 PVC ve %60 OEA hammadde oranları kullanılarak yapılan deneyler.....	111
Tablo 37. %100 KEA hammadde oranları kullanılarak yapılan deneyler karşılaştırması	112
Tablo 38. PET hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin yoğunluk değerlerinin karşılaştırması.....	116
Tablo 39. PVC ve PET hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin yoğunluk değerlerinin karşılaştırması.....	117
Tablo 40. PVC, PET ve OEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin yoğunluk değerlerinin karşılaştırması.....	117
Tablo 41. PET ve OEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin yoğunluk değerlerinin karşılaştırması.....	118

Tablo 42. PVC ve OEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin yoğunluk değerlerinin karşılaştırması.....	118
Tablo 43. KEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin yoğunluk değerlerinin karşılaştırması.....	119
Tablo 44. PVC hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin yoğunluk değerleri .....	119
Tablo 45. OEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin yoğunluk değerleri .....	120
Tablo 46. PET hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin viskozite değerlerinin karşılaştırması .....	121
Tablo 47. PVC ve PET hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin viskozite değerlerinin karşılaştırması .....	121
Tablo 48. PVC, PET ve OEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin viskozite değerlerinin karşılaştırması .....	122
Tablo 49. PET ve OEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin viskozite değerlerinin karşılaştırması .....	122
Tablo 50. PVC ve OEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin viskozite değerlerinin karşılaştırması .....	123
Tablo 51. KEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin viskozite değerlerinin karşılaştırması .....	124
Tablo 52. PVC hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin viskozite değerleri.....	124
Tablo 53. OEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin viskozite değerleri.....	125
Tablo 54. PET hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin akma noktası değerlerinin karşılaştırması.....	126
Tablo 55. PVC ve PET hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin akma noktası değerlerinin karşılaştırması.....	126
Tablo 56. PVC, PET ve OEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin akma noktası değerlerinin karşılaştırması.....	127
Tablo 57. PET ve OEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin akma noktası değerlerinin karşılaştırması.....	128
Tablo 58. PVC ve OEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin akma noktası değerlerinin karşılaştırması.....	128

Tablo 59. KEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin akma noktası değerlerinin karşılaştırması.....	129
Tablo 60. PVC hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin akma noktası değerleri .....	130
Tablo 61. OEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin akma noktası değerleri .....	130
Tablo 62. PET hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin kül içeriği değerlerinin karşılaştırması.....	131
Tablo 63. PVC ve PET hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin kül içeriği değerlerinin karşılaştırması .....	132
Tablo 64. PVC, PET ve OEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin kül içeriği değerlerinin karşılaştırması .....	132
Tablo 65. PET ve OEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin kül içeriği değerlerinin karşılaştırması .....	133
Tablo 66. PVC ve OEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin kül içeriği değerlerinin karşılaştırması .....	133
Tablo 67. KEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin kül içeriği değerlerinin karşılaştırması.....	134
Tablo 68. PVC hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin kül içeriği değerleri .....	134
Tablo 69. OEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin kül içeriği değerleri .....	135
Tablo 70. PET hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin yanma ısısı (üst ısı değer) değerlerinin karşılaştırması.....	136
Tablo 71. PVC ve PET hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin yanma ısısı (üst ısı değer) değerlerinin karşılaştırması.....	136
Tablo 72. PVC, PET ve OEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin yanma ısısı (üst ısı değer) değerlerinin karşılaştırması.....	137
Tablo 73. PET ve OEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin yanma ısısı (üst ısı değer) değerlerinin karşılaştırması.....	137
Tablo 74. PVC ve OEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin yanma ısısı (üst ısı değer) değerlerinin karşılaştırması.....	138
Tablo 75. KEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin yanma ısısı (üst ısı değer) değerlerinin karşılaştırması.....	138

Tablo 76. PVC hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin yanma ısısı (üst ısıl değer) değerleri .....	139
Tablo 77. OEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin yanma ısısı (üst ısıl değer) değerleri .....	139





## SEMBOLLER DİZİNİ

DIN	: Alman Standartları Enstitüsü
DYPE	: Düşük Yoğunluklu Polietilen
EN	: Avrupa Standartları
EPDK	: Enerji Piyasası Denetleme Kurumu
ISO	: Uluslararası Sandart Organizasyonu
JLJ	: Yapılan deneylerde elde edilen örneklere verilen ön isim
ka	: Kaolin
KEA	: Karışık Evsel Atık
kl	: Klinoptilolit
KTÜ-BAP	: Karadeniz Teknik Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi
KTÜ-YUAM	: Karadeniz Teknik Üniversitesi Yakıt Uygulama ve Araştırma Merkezi
MCS23	: Önceki çalışmalarda tarafımızdan geliştirilen madde
OEA	: Organik Evsel Atık
PET	: Polietilen Tereftalat
PP	: Polipropilen
PS	: Polistren
PVC	: Polivinil Klorür
TS	: Türk Standartları
YYPE	: Yüksek Yoğunluklu Polietilen

## 1. GENEL BİLGİLER

### 1.1. Giriş ve Amaç

Modern yaşamın gelişmesi ile birlikte insanlar için çok kolay bir kullanım özelliği sağlayan plastikten yapılan malzemeler ve ambalaj atıkları insanların günlük yaşamlarında geride bıraktıkları şehir atıklarının büyük bir çoğunluğunu oluşturmaktadır. Kullanılan plastik ve ambalaj atıkları doğaya atıldıklarında, bozunma sıcaklıklarının yüksek olması, ultraviyole ışınlar ve doğadaki bakterilere karşı dayanıklı olmaları nedeniyle uzun süre bozunmadan kalırlar. Plastik ve ambalaj atıkları çevreyi uzun yıllar boyunca kirlettiklerinden bertaraf edilmeleri, çevre ve insan sağlığı açısından büyük önem arz etmektedir. Plastik ve ambalaj atıklarının yanı sıra organik atıklarında ayrı depolanması ve ortadan kaldırılması günlük yaşamda çevre kirliliğine yol açacak bir sorun olarak görülmektedir.

Günümüzde katı atıkların yok edilmesinde ülkemizde de kullanılan farklı yöntemler bulunmaktadır. Bu yöntemler:

-Derine enjeksiyon yöntemi (pompanabilir atıkların kuyulara, tuz kayalarına veya doğal olarak bulunan boşluklara enjeksiyonu vb.)

-Yüzey doldurma (sıvı ya da çamur atıkların kovuklara, havuzlara ve lagünlere doldurulması)

-Özel mühendislik gerektiren toprağın altına ve üstüne düzenli depolama

-Yakma ve sürekli depolama gibi yöntemlerdir.

Yukarıda bahsi geçen yöntemler çevreye zararlı olan, masraflı ve hiçbir şekilde geri dönüşüm için kazanç sağlanamayan yöntemlerdir.

Atık plastiklerin geri kazanımı için de çeşitli kazanım yolları bulunmaktadır. Bu geri kazanım yolları:

-Atıkları, orijinal plastiklere katıp orijinal polimere yakın yeni plastik elde etmek için yapılan geri kazanım.

-Orijinal plastik elde etme yerine ikinci kalite mal elde etmek için yapılan işlem.

-Kimyasal geri kazanım işlemi (atık plastiklerden ihtiyaç olan monomeri alıp, yeni kimyasal içerikli farklı özellikte polimerler elde etmek.)

-Atık plastikleri yakılarak kullanılmasıdır. Bu yöntem çıkan gazların insan sağlığına zararları yüzünden mahsurlu bir yöntemdir.

Bu çalışmada daha çok dönüşümü çok zor olan ve çevreye büyük oranda zarar veren PVC, PET türü plastik atıklar ve organik atıklar kullanılmıştır. Çalışma kapsamında kullanılan teknik, piroliz tekniğinin daha basitleştirilmiş şekli olup, basınç kullanmadan sıvı yakıt elde edilebilecek bu sistemle, hem organik hem de PVC ve PET atıklar kullanılmış ve bu atıkların yakıtla dönüştürülmesi ve ekonomiye kazandırılması amaçlanmıştır. Sistemden elde edilen ürünlerin, katkı maddeleri ve katalizörler yardımıyla donmasının önüne geçilebildiği için hemen enerjiye dönüştürülmesi zorunluluğu bulunmamakta olup, bu durum çıkan ürünlerin depolanmasına imkan sağlamıştır.

Çalışmada belirlenen amaçlar doğrultusunda, PVC, PET ve organik atıkların kapalı bir ortamda kil, zeolit ve MCS23 (daha önce tarafımızdan geliştirilmiş olan madde) kodlu malzemelerle birlikte 300-400 °C kadar ısıtılıp ardından tekrar yoğunlaştırılması ve çıkan sıvı ürünlerin kimyasal özellikleri tespit edilerek TS EN ve ISO yakıt standartları yönetmeliğine ve motorlu araçlarda ve iş makinelerinde kullanıma uygunluğu araştırılmıştır.

Bu tez çalışmasında elde edilen örneklerin, hem organik hem de plastik atıklar kullanılarak oluşturulması ve çevre kirliliğine sebep olan bu atıkların yakıtla dönüştürülerek ekonomiye kazandırılması önem arz etmektedir. Bunun yanı sıra çalışmada kullanılan katalizör ve katkı maddeleri, tamamen doğal olarak bulunabilen (kil, zeolit, vb.) ve doğal maddelerden üretilmiş (MCS23) katkılardır. Ülkemiz bu katkı maddeleri açısından zengin bir ülkedir ve bu da çalışmanın ekonomikliği ve yapılabilirliği açısından son derece önemlidir.

Literatürde bu zamana kadar yapılan çalışmalarda genellikle piroliz, vakum piroliz ve kaldırmalı katalitik kırma yöntemi kullanılarak atıklar tek tek ele alınmış olup, sonuçta sıcaklık ve basınç yardımıyla farklı oranlarda verimler elde edilmiştir. Ancak bütün bu çalışmalarda yalnızca belirli nitelikte plastik atıklardan (PE, PP, YYPE, DYPE vb.) yararlanılmıştır. Bu çalışmalarda kullanılan plastik atıkların çoğu geri dönüştürülebilir atıklardır ve tekrar hammadde olarak kullanılabilirler. Bu güne kadar yapılmakta olan çalışmaların çoğunda PVC ve PET harici plastik tipleri kullanılabilir (PVC ve PET piroliz yapıldıktan bir süre sonra tekrar jölemsi bir hal almaktadır). Bu çalışma öncesinde gerçekleştirilen bir takım denemelerle üretilen sıvı yakıtın sıvı olarak kalmasını sağlayacak MCS23 maddesi geliştirilmiştir. Bu madde sayesinde sistemden elde edilen ürünün, hemen donma olayının önüne geçileceği için, en kısa sürede enerjiye

dönüştürülmesi zorunluluğu bulunmaması depolanmasına olanak sağlamakta ve ayrıca sıvı olarak elde edilen ürünün araçlarda ve iş makinelerinde yakıt olarak kullanılabilirliğinin araştırılması tez çalışmasının özgün değerini arttırmaktadır. Ayrıca yukarıda belirtilen plastik türleri (PVC ve PET), yoğun miktarda doğaya zehirli gaz [CFC, C, dioksin: 2,3,7,8-tetraklorodibenzo-p-dioksin (TTCD)] salınımı yaptığından doğaya direk olarak atılması tercih edilmemektedir. Bu çalışmada kullanılan katkı maddeleri bu gazları absorbe etme yeteneğine sahiptir. Bu özellik çalışmada bütün plastik atık türlerinin kullanılabilmesine olanak sağlamaktadır.

Bu çalışma amaçları doğrultusunda yapılan uygulamalar aşağıdaki gibi üç ana bölüme ayrılabilir;

-PVC, PET ve organik atık malzemelerden, daha önce kurulmuş olan sistemde, katalizörler yardımı ile en yüksek verime ulaşılarak sıvı yakıt ürünlerinin elde edilmesi,

-Sıvı yakıt ürünlerinin özelliklerini belirlemek amacıyla kimyasal analizlerinin (viskozite, yoğunluk, parlama noktası, akma noktası vb.) yaptırılması, yorumlanması ve en uygun ürünlerin seçilmesi.

## 1.2. Önceki Çalışmalar

Williams ve Williams, (1999), çalışmalarında karışık plastik atıkların pirolizini petrokimyasal bir besleme stoğu üretmek için bir geri dönüşüm yöntemi olarak önermişlerdir. Çalışmada belediye katı atıklarında yoğun olarak bulunan 6 çeşit plastik (yüksek yoğunluklu polietilen, düşük yoğunluklu polietilen, polipropilen, polistren, polivinil klorid ve polietilen tereftalat) kullanılmıştır. Atık plastik çeşitlerin her biri dakikada 25 °C'lik bir sıcaklık artışı ile sabit yataklı bir reaktör içinde 700 °C'lik bir son sıcaklığa kadar ısıtılarak piroliz edilmiştir. Polistren daha sonra diğer beş plastikle 1'e 1 oranında karıştırılarak aynı koşullar altında piroliz edilmiştir. Bu deneylerden elde edilen piroliz yağı ve gazların verimi ile birlikte bileşimleri belirlenmiştir. Bireysel olarak pilastiklerden elde edilen ana gazlar hidrojen, metan, etan, eten, propan, propen, bütan ve bütan olarak belirlenmiş ve PET örnekten ayrıca karbondioksit ve karbon monoksit elde edilmiştir. PVC atıktan ayrı olarak hidrojen klorür gazı elde edilmiştir. Yapılan pirolitik yağ analizlerinden polialken plastiklerden (YYPE, DYPE ve PP) bir dizi alkan, alken ve alkadien'den oluşan alifatik bileşimli bir yağ olduğu belirlenmiş, PVC atıklar esas olarak aromatik bir yağ verimi vermiş, buna ek olarak yapılarında aromatik gruplara sahip PS ve

PET atıklar da daha aromatik bir bileşim göstermiştir. PS atıklardan elde edilen gaz oranı diğer plastik atıklara göre daha yüksek verimde çıkmıştır. Karışık plastik atıklardan çıkan pirolitik yağ oranı yapılan tek denemelere oranla daha az verimli olarak görülmüştür. Piroliz yağının bileşimsel analizi her bir plastik atıktan beklenenle kıyaslandığında, aromatik hidrokarbonlar ve polisiklik aromatik hidrokarbonların konsantrasyonundaki değişikliklerin karışımı ile üretildiğini göstermiştir.

Kaminsky ve Kim, (1999), laboratuvar ölçekli piroliz reaktöründe Almanya'da toplanan karma plastiklerden aromatik piroliz yağı ve gaz elde etmişlerdir. Dakikada 400 ile 900 gram besleme hızı ile 685-738 °C arasında farklı sıcaklıklar kullanılarak dört farklı deney gerçekleştirmişlerdir. Yapılan çalışmalardan elde edilen en önemli petrol ürünleri ağırlıkça % 30-40 arasında verimle benzen, tolüen ksilenler ve stiren olarak belirlenmiştir. Sonuçlar daha önceki uzun süreli sistemlerde yapılan çalışmalarla karşılaştırılmış ve yağdaki kloro-organik bileşiklerin konsantrasyonunun uzun süreli sistemlerde yapılan çalışmalarda azaldığı gözlenmiştir.

Pinto vd., (1999), plastik atık çeşitlerinin hepsinin teker teker pirolizini gerçekleştirerek bu piroliz yağının yakıt olarak veya petrokimya endüstrisinde katkı maddesi olarak kullanımı için etkili bir çalışma yapmışlardır. Yaptıkları çalışmada son ürün verimlerinin kullanılan hammadde plastik çeşidine göre değişiklik gösterdiğini belirlemişlerdir ve buna bağlı olarak polietilen (PE) son üründe alkan içeriğini artırırken, polistiren (PS) son üründe daha yüksek aromatik içeriğine yol açmıştır. Polipropilen (PP) varlığında daha avantajlı bir alken oluşumu görülmüştür. Bu nedenle PP ve PS ile yapılan çalışmalarda oktan sayısı daha yüksek çıkmıştır. Sonuç olarak, yakıt olarak kullanılabilir düzeyde istenen son ürünün ancak plastik atıkların belirli oranlarda harmanlanmasıyla ortaya çıkabileceği gözlemlenmiştir.

Pinto vd., (1999), plastik atıkların termolizinin tüm dünyada üretilen büyük miktarlardaki plastiğin çevreye olumsuz etkilerini azaltabileceğini savunmuştur. Bu atıkların hem yakıt hem de petrokimya endüstrisinde katkı maddesi olarak kullanılacak ekonomik hidrokarbonlara dönüştürülebileceğini öne sürmüşlerdir. Yapılan çalışmalarda plastik atıkların pirolizinden elde edilen son ürün verimleri atıkların yeterli şekilde harmanlanmasıyla elde edilebilmesine rağmen, gereken kaliteyi elde etmek teknik veya ekonomik olarak mümkün olmamıştır. Buna rağmen bir katalizör ilavesiyle elde edilen ürünlerin ürün kalitesini iyileştirmekle kalmayıp aynı zamanda elde edilecek belli bir

ürünün seçiciliğini de mümkün kılmaktadır. Yapılan çalışmada çeşitli katalizörlerin ürün dağılımı üzerindeki etkilerini incelemek için Portekiz belediye katı atıklarında bulunan ortalama plastik atık bileşimi (%68 polietilen (PE), %16 polipropilen (PP) ve %16 polistiren (PS)) kullanılmıştır. Ancak bu çalışmada elde edilen katalizörlü verim ve kalite değerleri, katalizör yokluğunda elde edilen değerlerle elde edilen sonuçlara benzer sonuçların elde edilmesine yol açmıştır.

Miranda vd., (2001), yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE), düşük yoğunluklu polietilen (DYPE), polipropilen (PP), ve polistiren (PS) içeren atıkları çeşitlerine göre tek tek 500 °C'lık bir son sıcaklık ve toplamda 2 kPa basınç altında piroliz işlemini gerçekleştirmiştir. Buna ek olarak YYPE/DYPE/PP/PS karışımına polivinil klorür (PVC) eklenmiş ve PVC'den çıkan HCl'i ayırmak için 360 ve 520 °C'de iki ardışık adımda pirolize tabi tutulmuştur. Klorlu hidrokarbonlar dahil olmak üzere ana gaz ve sıvı ürünler kromatografi ile tayin edilmiştir. Her bir polimerden elde edilen piroliz ürünü bileşimleri, karışık plastiklerden elde edilen verimlerle karşılaştırılmıştır. 520 °C'de yapılan çalışmada toplam klorinin % 99.55'i HCl olarak belirlenmiştir ve katı, sıvı ve gaz verimi olarak ağırlıkça % 62.0 oranında mum, % 31.1 oranında yağ, % 1.0 oranında gaz ve % 1,2 koklaşma elde edilmiştir. Piroliz yağında 12 ppm Cl bulunmuştur ve bu değer bireysel polimerler pirolize edildiğinde hesaplanan teorik değerlerden (153 ppm) daha az çıkmıştır. Karışık plastiklerin pirolizi sırasında elde edilen klorlanmış hidrokarbonlar, saf PVC'nin pirolizi sırasında elde edilenlerden daha farklı bir sonuç vermiştir. Bununla birlikte, petrol fraksiyonunda üretilen hidrokarbonların tekli plastiklerin pirolizi esnasında elde edilen hidrokarbonlarla benzer nitelikte olduğu gözlemlenmiştir.

Kaminsky vd., (2004), çalışmalarında dolaylı olarak ısıtılmış akışkan yatak kullanan ve Hamburg Süreci olarak adlandırılan piroliz sürecini kullanarak karışık plastik atıklardan ve her bir plastik çeşidini tek tek kullanarak, monomerler, alifatik hidrokarbonlar ve aromatik hidrokarbonlar üretmişlerdir. Sonuç olarak farklı ısı derecelerde farklı plastik türlerinden ve karışımlarından elde edilen piroliz yağı yüzde verim değerleri: Polietilen % 50,3, Polistren % 24,6, Polipropilen % 48,8, Karışık plastik (Polietilen, polipropilen, polistren) % 46,6 olarak belirlenmiştir.

Williams ve Slaney, (2007), Belediyelere ait gerçek karışık plastik atıkları ve laboratuvar ortamında karıştırılan belediyeye ait plastik atıkları iki ayrı örnek olarak sıcaklık ve basınç altında yığın reaktörde piroliz karşılaştırmalarını yapmışlardır. Buna ek olarak, Avrupa belediye atıklarında yoğun olarak görülen polietilen (PE), polipropilen (PP), polistiren (PS), polietilen tereftalat (PET) ve polivinil klorür (PVC) gibi beş ana polimeri de reaksiyona sokmuşlardır. Bu karışık plastikler azot ve hidrojen gazı basıncı altında pirolizleri ayrı ayrı iki farklı ortamda gerçekleştirilerek reaksiyona sokulmuş ve çıkan ürün verimleri ve bileşimleri raporlanmıştır. Üretilen hidrokarbon gazları esas olarak metan, etan, propan ve daha düşük alken gaz konsantrasyonlarını ihtiva etmektedir. Karışık plastiklerden elden edilen ağırlıklı yağ ürününün içeriği önemli konsantrasyonlarda tek halkalı aromatik bileşikler olarak gözlemlenmiştir. Sonuç olarak karışık plastiklerden elde edilen yağ ve gaz bileşiminin, tek plastik çeşidinden elde edilen yağ ve gaz bileşimine kıyasla daha yüksek verimli olduğu ve bileşik olarak daha iyi olduğu gözlemlenmiştir.

Paradela vd., (2009), çalışmalarında sıvı bileşiklerin üretiminde plastik, lastik ve çam atıklarının yavaş yataklı bir reaktörde pirolizini gerçekleştirmişlerdir. Oluşumu gerçekleşen başlıca bileşikler, C5 ila C10 arasında lineer alkanlar, toluen ve etilbenzendir. Piroliz süresi ve sıcaklığı bu türlerin üretimini iyileştirirken, daha ağır alkanların oluşumunu azalttığı gözlemlenmiştir. Atık karışımındaki plastik içeriğinin artması, daha hafif alkanların üretimini yükseltmiştir. Karışımındaki lastik içeriğinin azalmasıyla birlikte son üründeki stiren içeriği de azalmıştır. Bunlara kıyasla basıncın değişiminin ana bileşiklerin oluşumunu önemli ölçüde azaltmadığı gözlemlenmiştir.

Erşen ve Pehlivan, (2011), çalışmalarında evsel plastik atıklar arasından seçilen yüksek yoğunluklu polietilen (YYPE) ile biyokütle olarak seçilen çam odunu tozunun birlikte pirolizi araştırmışlardır. Bu materyallerin öğütülmüş örneklerinin belirli oranlarındaki karışımlarından hazırlanan pelletlerin sabit yataktaki pirolizi sonucu oluşan ürünlerin verimlerine farklı piroliz parametrelerinin (ısıtma hızı, son sıcaklık, süpürme hızı, karışım oranı) etkilerini ortaya koymuşlardır. Eşit oranda YYPE ve çam odunu bulunduran pelletler ile en yüksek katı ürün verimi 1 °C/dk ısıtma hızında, 10 ml/dk azot akışı altında ve 500 °C piroliz sıcaklığında elde etmişleridir. En yüksek sıvı ürün verimini ise 5 °C/dk'lık ısıtma hızında, azotsuz ortamda ve 700 °C piroliz sıcaklığında elde etmişlerdir.

Sharma ve Soni, (2013), çalışmalarında atık motor yağların pirolizi ile elde edilen pirolitik yağ, atık araç lastiklerinden elde edilen pirolitik yağ ve atık karışık plastiklerden elde edilen pirolitik yağ üretim süreçlerini ele almışlar. Üretilen bu üç tip pirolitik yağın ürün özelliklerinin incelemesini yapmışlar ve bu pirolitik yağların dizel standartları ile karşılaştırmasını yapmışlardır.

Li vd., (2014), ZSM-5 Zeolit'i ile birlikte bir takım biyokütle (selüloz, lignin ve çam odunu) ve belirli plastik atıkların karışımı (düşük yoğunluklu polietilen (DYPE), polipropilen (PP), polisitren (PS)) gibi atıkları kullanarak Katalitik Hızlı Piroliz (KHP) çalışması yapmışlardır. DYPE ile selülozun sırasıyla 4'e 1'lik karışım oranıyla yapılan çalışmada diğer karışımlara oranla daha yüksek oranda petrokimyasal (aromatik ve olefin) verimi (% 52,1) elde edilmiştir. Bu sonuç, selüloz ve DYPE'nin, değerli petrokimyasalların üretimini artıran ve KHP'deki istenmeyen kokuları azaltan bir karışım olduğunu göstermiştir. Buna benzer bir sonuç çam odunu ve DYPE'nin yarı yarıya karışımından yakalanmıştır ve % 49,5 oranında petrokimya ürünü ve % 19,5 oranında katı kalıntı olarak sonuç alınmıştır. Bununla birlikte bu oranlar bu çalışmada kullanılan diğer pilastik ve biyokütle karışımlarında (selüloz/PP, selüloz/PS ve lignin/DYPE) daha az oranlar yakalanmıştır. Sonuç olarak selüloz ve DYPE'nin birincil piroliz ürünleri arasındaki etkileşimlerin petrokimyasal üretiminde ve kok kalıntısı azalmasında önemli bir rol oynadığı görülmektedir.

Sharma vd., (2014), Yüksek yoğunluklu polietilenden üretilmiş poşetlerin pirolizi ve daha sonra yapılan damıtma işlemi ile yaptıkları çalışmada % 96,8 oranında parafinik hidrojenler, % 2,6 oranında alifatik olefinik hidrojenler ve % 0,6 oranında aromatik hidrojenler içeren ortalama bir yapıya sahip dizel yakıt özelliklerine yakın bir hidrokarbon karışımı elde etmişlerdir. Bu sıvı hidrokarbon karışımının karakterizasyonu, gaz kromatografi – Kütle spektroskopisi, kızılötesi ve nükleer manyetik rezonans spektroskopisi, boyut dışlama kromatografisi ve simüle edilmiş damıtma ile ayrı ayrı belirlenmiştir. Hidrokarbon bileşimi içeriğinde karboksilik asitler, aldehytler, eterler, ketonlar veya alkoller gibi hiçbir oksijenli bileşiğe rastlanmamıştır. Ürünün yakıt özelliklerinin, ASTM D975 ve EN 590 petrodizel yakıt standartları ile karşılaştırılması yapılmış ve yoğunluk  $802 \text{ kg/m}^3$ , türetilmiş setan sayısı 73,4, kinematik viskozite  $2,96 \text{ mm}^2/\text{s}$ , bulutlanma noktası  $4,7 \text{ }^\circ\text{C}$ , parlama noktası  $81,5 \text{ }^\circ\text{C}$  ve enerji içeriği  $46,16 \text{ MJ/kg}$  olarak belirlemiştir. Özet olarak uygun kaynama aralığında atık plastiklerin pirolizinden



elde edilen sıvı hidrokarbonların geleneksel petrodizel yakıtı için harman bileşen olarak uygun olduğunu ortaya koymuşlardır.

Dorado vd., (2014), çalışmalarında kullandıkları HZSM-5 zeoliti ile katalitik piroliz metodunun düşük verimli ve katalitik ömrünün düşük olmasına rağmen biyokütlenin aromatik hidrokarbonlara dönüşümü için oldukça etkili bir yöntem olduğunu savunmaktadırlar. Bu çalışmalarında özellikle plastik ve biyokütle atıklarının birlikte katalitik pirolizinin aromatik hidrokarbonlara dönüşümünü artırdığı ve aynı zamanda atık zirai plastiklerin bertarafı için iyi bir yöntem olduğunu ortaya koymuşlardır. Çalışmada polietilenteraftalat, polipropilen, yüksek yoğunluklu polietilen, düşük yoğunluklu polietilen, polistiren ve selüloz diğer çeşitli plastik karışımları ile birlikte HZSM-5 varlığında 650 °C’de katalitik hızlı pirolizi yapılmıştır. Biyojenik karbon ve plastik türevli karbonun dağılımını belirlemek için gaz kromatogram ve kütle spektrometresi ile birleştirilmiş bir mikro pirolizör kullanılmıştır. Sonuç olarak selüloz ve plastik karışımlarının katalitik hızlı pirolizinden oluşan hidrokarbon ürünlerinin karma kökenli karbon içeren moleküllerden oluştuğunun arttığı gözlemlenmiştir ve polistiren veya polietilen tereftalatın kullanımıyla naftalenlerin oluşumu artmıştır.

Syamsiro vd., (2014), belediyelere ait plastik atıklarından, piroliz ve katalitik reform süreçleri ile akaryakıt üretiminin değişimlerini incelemiştir. Çalışmada son atık alanı ve Endonezya’nın Yogyakarta kentindeki küçük geri dönüşüm şirketlerinden alınan üç çeşit belediye plastik atığı kullanılmıştır. Ticari Y-zeolit ve doğal zeolit olmak üzere iki farklı katalizör kullanılmış ve bunların pirolize etkileri incelenmiştir. Sonuç olarak hammadde tiplerinin pirolizle elde edilen sıvı ve katı ürünlerin verimlerini ve ürün kalitesini önemli ölçüde etkilediği gözlemlenmiştir. Yüksek yoğunluklu polietilen en yüksek sıvı fraksiyonunu üretmiştir. Katalizör etkisi sıvı oluşumunu azaltmış ve gaz oluşumunu artırmıştır.

Pratama ve Saptoadi, (2014), çalışmalarında atık plastik piroliz yağı özelliklerini ve uygulamalarını tamamen incelemek için iki farklı deney yöntemi uygulamışlardır. Birinci deneyde iki aşamalı yığın reaktörlerde piroliz işleminden türetilen petrol karakteristikleri araştırılmıştır. Hammadde olarak atık polietilen, polipropilen, polistiren, polietilen tereftalat ve diğer plastik atıklar kullanılmıştır. Reaktörde yağ ağırlık yüzdesini artırmak için 0,8 l/dakika’lık azot akış oranı kullanılmıştır. Katalizör olarak Endonezya doğal zeolitini kullanmışlardır. İkinci deney daha sonra Dizel Motor Test Yatağı üzerinde atık plastik

piroliz yağı ile biodizel yakıtı 1'e 9 oranında harmanlanarak gerçekleştirilmiştir. Bu deney özellikle atık plastik piroliz yağı ile biodizel yakıtının ne kadar güç harcadığının incelenmesi için yapılmıştır. İlk deney sonucunda PE(% 50), PP(% 40) ve PS (% 10) karışımından elde edilen atık plastik piroliz yağının en yüksek ağırlık yüzdesinin % 45,13 olduğu gözlenmiştir. Atık plastik piroliz yağının yoğunluk, parlama noktası, akma noktası, kinematik viskozitesi ve kalorifik değer gibi özellikleri belirlenmiş ve bu özelliklerden yola çıkılarak dizel yakıt harmanında alternatif yakıt olarak kullanılabilceği sonucuna varılmıştır. İkinci deneyde elde edilen verilere göre biyodizel ve atık plastik piroliz yağı harmanı özellikle sabit dizel motorlarda çok değerli bir alternatif sıvı yakıt olma potansiyeline sahip olabileceği öngörülmektedir.

Zhang vd., (2014), çalışmalarında aromatik ve olefin verimini artırmak için çam talaşı ve plastikleri (polietilen, polipropilen ve polistren) birlikte kullanılarak akışkan yataklı bir reaktörde hızlı katalitik piroliz işlemini gerçekleştirmişlerdir. Çalışmada farklı sıcaklıkları, polietilen/çam talaş oranlarının, farklı katalizör ve plastiklerin ürün dağılımları üzerindeki etkileri incelenmiştir. En yüksek petrokimyasal ürün verimi polietilen ve çam talaşının 4'e 1'lik karışımından 600 °C'de yapılan hızlı katalitik pirolizden elde edilmiştir.

Kumar ve Godara, (2014), çalışmalarında temel olarak atık plastikleri ve özellikle polivinilklorür (PVC)'ü yakıt haline dönüştürmek için daha iyi bir yöntem keşfetmeyi amaçlamışlardır. Çalışmada farklı plastik grupları bir araya getirilmiş ve farklı sıcaklık aralıklarında farklı katalizörler ( $Fe_2O_3$ ,  $CaCO_3$ ,  $SiO_2$  ve HZSM-5) kullanılarak bu katalizörlerin ve sıcaklıkların etkileri gözlemlenmiştir. Diğer plastiklerin aksine PVC biyobozunur bir madde olmamakla birlikte çok yüksek bir klor içeriğine sahiptir ve bu özellik piroliz yağının değerlerini etkileyebilir durumdadır. Bu çalışmada piroliz işlemi yapılırken kalsiyum karbonat gibi katkı maddelerinin kullanılmasının PVC içerisindeki klorun piroliz işlemi sırasında nötralize edilebileceği gösterilmiştir. Sonuç olarak PVC ile birlikte piroliz işlemi sırasında kullanılan HZSM-5 zeoliti ve  $CaCO_3$  PVC'den elde edilen pirolitik yağ ürününün oranını % 100 oranında artırmış ve kloru hapsederek temiz bir ürün alınmasını sağlamıştır.

Çepelioğullar ve Pütün, (2014), çalışmalarında kurak toprak bitkisi, pamuk sapı, fındık kabuğu ve ayçiçeği artığı gibi tarımsal atıklarla birlikte polivinil klorür (PVC) ve polietilen tereftalat (PET) atık plastik çeşitlerini kullanarak piroliz çalışması yapmışlardır. Çalışmada termogravimetrik analizatör ile hammaddelerin termel davranışlarının

araştırılması yapılmıştır. Piroliz deneyleri, dakikada 100 cm<sup>3</sup> azot akışı ortamında 800 °C'ye kadar çıkılarak gerçekleştirilmiştir. Uygulanan deney sonuçları ışığında biyokütle, PET ve PVC plastik atıkları için belirlenen uygun piroliz sıcaklığı 500 °C'dir. Çalışmada biyokütle ürünlerini PET ve PVC gibi plastik atık malzemelerle birlikte pirolizinin elde edilen sıvı ve gaz verim miktarını yükselttiği gözlemlenmiştir.

Daniel vd., (2017), yaptıkları bu çalışmada dizel motorlarda herhangi bir motor modifikasyonu olmaksızın, atık plastik piroliz yağının kullanılmasının performans ve emisyon özelliklerini incelemişlerdir. Çalışmalarında dört zamanlı, tek silindirli ve doğal emişli bir dizel motor kullanmışlardır. Dizel motorda kullanılan dizel yakıt ile atık plastik piroliz yağını sırasıyla % 90:% 10, % 80:% 20, % 70:% 30, % 60:% 40 ve % 50:% 50 oranlarında karışımları yapılarak incelenmiş ve bu oranlara göre deneysel olarak verimliliklerini ve emisyon ölçümlerini yapmışlardır. Çıkan sonuçları dizel yakıt performans analizleri ile karşılaştırmışlardır.

Kalargaris vd., (2017), çalışmalarında kimyasal geri dönüşümün plastik atıkların büyümesini engellemek için en etkili yol olarak önermişlerdir. Kimyasal geri dönüşümlerden bir tanesi olan pirolizin, plastikleri yüksek kaliteli yağa dönüştürebilen, daha sonra güç ve ısı üretimi için içten yanmalı motorlarda kullanılabilen en etkili yöntem olarak göstermişlerdir. Yaptıkları bu çalışmada ise, plastiklerin farklı sıcaklıklarda pirolizinden elde edilen yağların, dizel motorlarda kullanım potansiyelini incelemişlerdir. Çalışmada üretilen pirolitik yağlar analiz edilip incelenerek dizel yakıt özellikleri ile karşılaştırması yapılmış ve benzer özelliklere sahip oldukları ortaya çıkarılmıştır. Çalışmada üretilen pirolitik yağlar daha sonra dört silindirli ve direkt enjeksiyonlu dizel motorda test edilmiş bu analizlere bağlı olarak yanma, performans ve emisyon özellikleri analiz edilmiştir ve bu analizler daha sonra dizel yakıt performansları ile karşılaştırılmıştır. Bu çalışmalara bağlı olarak daha yüksek yüklerde pirolitik yağ performansının daha iyi olduğu görülmüştür. Düşük sıcaklıkta üretilen pirolitik yağların tüm yüklerde daha yüksek ısıl verimlilik ve daha kısa ateşleme gecikme süresi sunduğundan piroliz sıcaklığının motor performansı açısından önemli bir etkiye sahip olduğu gözlemlenmiştir. Düşük sıcaklıkta üretilen piroliz yağın NO<sub>x</sub>, CO ve CO<sub>2</sub> emisyonlarının dizel yakıtına göre daha yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

Vasukmar vd., (2017), çalışmalarında modern dünyada plastik tüketiminin her geçen gün yoğun bir şekilde artmasını çok büyük bir problem olarak görmüşlerdir ve buna bağlı

olarak belediye atıklarının arazi alanlarına depolanmasının çok büyük kirlilik problemi yarattığını öne sürmüşlerdir. Çalışmalarında belediye atıklarını kaliteli yakıt haline dönüştürüp enerji elde etmenin depolama sisteminden daha kolay bir yöntem olduğunu savunmuşlardır. Bu çalışmada dizel yakıtı alternatif yakıt olarak atık plastik piroliz yağının tek silindirli dört zamanlı dizel motorda testlerini gerçekleştirmişlerdir. Atık plastik piroliz yağını dizel yakıt ile birlikte % 15, % 20, % 30, % 40, % 50 oranlarında karıştırarak performans parametrelerini incelemişler ve dizel yakıt ile karşılaştırmalarını yapmışlardır. % 20 oranında atık plastik piroliz yağı kullanılarak yapılan yakıt karışımı dizel yakıtı oranla daha iyi performans sonuçları vermiş. Sonuç olarak yapılan tüm karışımlar için tam yükte özgül yakıt tüketimi saf dizele oranla azalmıştır, fakat egzoz gazı sıcaklığı artmıştır ve % 20 oranında atık plastik piroliz yağı kullanılarak yapılan yakıt karışımı dizel yakıtı oranla fren ısı verimliliği daha fazladır.

## **2. YAPILAN ÇALIŞMALAR**

### **2.1. Materyal ve Yöntem**

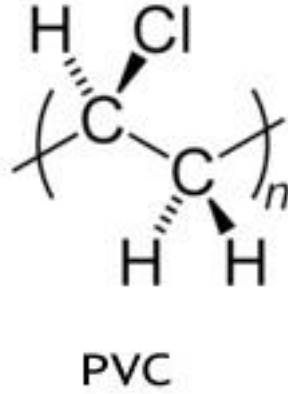
Bu çalışmada PVC, PET ve organik atıkların kapalı bir ortamda kil, zeolit ve MCS23 (daha önce tarafımızdan geliştirilmiş olan madde) kodlu malzemelerle birlikte 300-400 °C kadar ısıtılıp ardından tekrar yoğunlaştırılması işlemi ile sıvı yakıt ürün örnekleri elde edilmiştir. Elde edilen sıvı ürün örneklerinin kimyasal özellikleri tespit edilerek yakıt standartları yönetmeliğine ve motorlu araçlarda ve iş makinelerinde kullanıma uygunluğu araştırılmıştır. Yapılan bu çalışmada kullanılan ürün ve katkı maddeleri aşağıdaki şekilde özetlenebilir.

#### **2.1.1. Materyal**

##### **2.1.1.1. Hammadde**

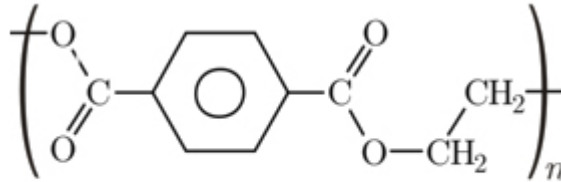
Yapılan deney çalışmalarında sıvı yakıt örneklerini üretmek için atık hammadde olarak PVC, PET ve organik evsel atıklar kullanılmaktadır.

Polivinilklorür (PVC), polietilenden sonra en çok kullanılan plastik türü olup oldukça ucuzdur. Mukavemeti yüksek kimyasal etkilere ve aşınmaya karşı dayanıklıdır. Sert ve yumuşak olmak üzere iki türü vardır. Sert olanlardan basınçlı su boruları, pis su boruları, çatı yağmur dereleri ve iniş boruları sulama ve yağmurlama boruları, plastik doğrama çatı kaplama levhaları üretilmektedir. Yumuşak olanları ise yapılarda yer karosu olarak kullanılır. Alevle yanmaya karşı dirençli olup beraberinde zehirli gaz yayarlar. Son yıllarda kapı ve pencere yapımında da sıkça kullanılmaktadır. 80 °C'de yumuşadığı için PVC borular sıcak su tesisatında kullanılmazlar (Yaşar, 2001).



Şekil 1. Polivinilchlorür'ün temel element dizilimi

Polietilen Tereftalat (PET), en çok kullanılan ve en ucuz plastik türüdür. Normal ve düşük sıcaklıkta çarpma mukavemeti yüksektir. Asitler, alkaliler ve organik çözücülerden etkilenmezler. Arı halde saydamdır ve sudan hafiftir. Genellikle ince film halinde paketlenme, ambalaj ve örtü işlerinde, sulama ve yağmurlama borularında ve çeşitli ucuz mutfak eşyası üretiminde kullanılır. Kolay alev alır, alevin dışında da kendiliğinden yanmaya devam eder. Elektrik yalıtkanlığı iyidir, Tuz ve bakterilerden etkilenmediğinden yer altında kullanılabilir. Yüksek elektrik direncine sahiptir. Bundan dolayı önemli bir izolasyon malzemesidir. Isıl genişleme katsayısı yüksek olduğundan (160\*10-6) güneş ışınlarından etkilenir (Yaşar, 2001).



Şekil 2. Polietilen Tereftalat'ın temel element dizilimi

Organik Evsel Atık (OEA), genellikle evde tüketimi yüksek olan sebze kabukları, kalıntı etler, kullanılmış kızartma yağları, bozulmuş süt, bozulmuş peynir kalıntısı ve karışık yemek kalıntılarında oluşmaktadır.

### 2.1.1.2. Katkı Maddeleri

Yapılan deney çalışmalarında üretilen sıvı yakıt ürün örneklerinin daha iyi hale getirilebilmesi ve üretildikten sonra sıvı halini koruyabilmesi için farklı katkı malzemeleri kullanılmıştır. Kullanılan bu katkı malzemelerinin en belirgin özellikleri aşağıda verilmektedir.

Kaolin (ka), literatürde çoğunlukla, kaolin ve kil aynı anlamı verecek şekilde kullanılmaktadır. Kaolin, beyaz, plastik, yumuşak kil türü olup 2 mikron tane boyutu ile temsil edilmektedir. 150-200 °C’de su kaybederler (Erkan, 2002).

Kaolin kil mineralleri içinde bir grup kil mineraline verilen isimdir. En önemli minerali kaolinit ( $Al_2Si_2O_5(OH)_4$ ) olan grubun diğer mineralleri dikit, nakrit ve halloisiddir. Kaolin hammaddesini oluşturan en önemli mineral Kaolinit olup alüminyum hidro (sulu) silikat bileşimli bir kil mineralidir. Kaolinin sertliği 1,5-2, özgül ağırlığı 2,2-2,63’dür.

Fiziki olarak toprağımsı yapıda; beyazımsı-yeşilimsi veya sarımsı renktedir. Erime derecesi 1760 °C dir. Saf oldukları zaman beyaz renkli olup mat görünüştedirler (Erkan, 2002).

Kaolinin karakteristik özelliği, plastik olmasıdır. Oluşum itibariyle, granitik veya volkanik kayaların içerdiği feldspatların altere olarak kaolinit mineraline dönüşmesi sonucu kaolinler meydana gelir. Ana kayaç içindeki alkali ve toprak alkali iyonların, çözünür tuzlar şeklinde ortamdan uzaklaşması sonucu  $Al_2O_3$  içerikli sulu silikatça zenginleşen kayaç kaoliniti (Şekil 3) oluşturur. Bu olaya Kaolinizasyon (Kaolinleşme) denir.



Şekil 3. Kaolin minerali ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{K}_2\text{CO}_3 + 4\text{SiO}_2$ )

Klinoptilolit (kl), Klinoptilolitle ilgili ilk çalışmalar, Schaller (1923) tarafından klinoptilolit olarak isimlendirilmesiyle başlamıştır.

Hey ve Bannister (1934), X-ışını kırınımlarının benzemesi nedeniyle klinoptilolite silikaca zengin hölandit minerali demişlerdir. 1958 yılında Sand ve Goldich, bu minerali ilk ismi gibi klinoplolit olarak tanımlamıştır. Hölandit mi klinoplolit mi olacağı tartışması yıllarca sürmüştür (Yağız, 1988).

Klinoptilolit ve hölandit minerallerinde yaptığı termal stabilite çalışmalarında hölanditin termal stabilitesinin daha düşük olduğunu bulmuştur. Yaptığı kimyasal analizlerde; klinoplolitinin Si / Al oranını 9-10 civarında hölanditinkini ise 6,0 civarında hesaplamıştır. Bu sonuçlardan sonra mineral; kimyasal bileşimi olarak hölandite yakın fakat X – ışını termal ve kimyasal sonuçları ile farklı olması nedeniyle klinoplolit olarak;  $((\text{Na}_2\text{O})_{.70} (\text{CaO})_{.10} (\text{K}_2\text{O})_{.15} (\text{MgO})_{.05} \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot (8.5-10.5) \text{SiO}_2 \cdot (6-7) \text{H}_2\text{O}$ ) kimyasal formülü ile yeniden tanımlamıştır (Yağız, 1988) (Şekil 4).





Şekil 4. Klinoptilolit minerali ((Na<sub>2</sub>O).70 (CaO).10(K<sub>2</sub>O).15 (MgO)<sub>05</sub> Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. (8.5-10.5) SiO<sub>2</sub>. (6-7) H<sub>2</sub>O)

MCS23, bu çalışma öncesinde gerçekleştirilen bir takım denemelerle üretilen ve yakıtın sıvı olarak kalmasını sağlamak amacıyla geliştirilen bir bileşimdir. Bu madde sayesinde sistemden elde edilen ürünü jelleşme olayının önüne geçebilmek ve hemen enerjiye dönüştürülmesi zorunluluğu olmadığı için depolanmasına olanak sağlamaktadır.

Ayrıca çalışmada kullanılacak olan plastik türleri (PVC ve PET), yoğun miktarda doğaya zehirli gaz [CFC, C, dioksin: 2, 3, 7, 8-tetraklorodibenzo-p-dioksin (TTCD)] salınımı yaptığından genellikle piroliz sistemlerinde geri dönüşüm materyali olarak sınıflandırılması tercih edilmemektedir. Bu çalışmada kullanılan katkı maddeleri çıkan gazları da absorbe etmek için kullanılmaktadır.

Bu çalışmada kullanılan sıvı ürün örneklerinin üretiminin yapılabilmesi için Karadeniz Teknik Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği Bölümüne laboratuvar ölçekli bir reaktör kurulmuştur. Kurulan laboratuvar ölçekli reaktör çapı 30 cm, yüksekliği 60 cm ve et kalınlığı 1 cm olan krom bir kazan ve bu kazana bağlı bulunan üç adet soğutucudan oluşmaktadır. Kurulan reaktör sisteminin istenilen sıcaklıklara ulaşabilmesi için bir dizel yakıt brülörü ve sistemin sıcaklık ölçümlerinin yapılabilmesi için elektronik termometre kullanılmaktadır (Şekil 5).



Şekil 5. Çalışmada kullanılan piroliz reaktörü görünümü

### 2.1.2. Yöntem

Plastik atıkların yanında organik atıklardan da yararlanılan ve yapılan önceki çalışmalara göre daha yüksek ve kullanılabilir yakıt elde edilmesi amaçlanan bu çalışmada sıvı yakıt üretim yöntemi iki ana kısımdan oluşmaktadır. Bu kısımlar; PVC, PET ve organik atıkların yukarıda özetlenen katkı maddeleri ile birlikte basınçsız ısıl işleme gazlaştırma evresi, gazlaştırılan atıkların sıvılaştırılmasıdır.

Kullanılan atık ürünler tamamen krom malzemedeki yapılmış bir reaktör (Şekil 5) içerisine kaolin, klinoptilolit ve MCS23 kodlu katkı maddeleri ile birlikte yerleştirilmiştir. Reaktör, mazot brülörü yardımı ile 20-60 dakika arasında 400 °C'ye kadar ısıtılabilir. Bu sıcaklık değerine ulaşıldığında kazan içerisine atılan bütün atık malzemeler gaz fazına geçmektedir. Bu işlemden sonra gazlaşan atık maddelerin sıvılaştırma işlemine geçilebilir (Şekil 5).

Sıvılaştırma işlemi için yine kromdan yapılmış üç ayrı soğutma ünitesi kullanılmaktadır. Bunların her biri yavaş soğuma için hesaplanmış yükseklik ve açılarla birbirine bağlanmaktadır. Son soğutma ünitesinin alt kısmında sıvı yakıt çıkışı bulunmaktadır. Üst kısmında ise yüksek basınca dayanıklı bir gaz çıkış ünitesi bulunmaktadır. Gaz fazına geçmiş maddeler bu üç adet soğutucu ünitelerden geçirilip buradaki yavaş soğuma sonucunda en son soğutucu üniteye sentetik bir sıvı yakıt elde edilmektedir.

Bu çalışmada yukarıda belirtilen materyal ve yöntem kullanılarak farklı hammadde çeşitliliği ve farklı oranlarda katkı maddesi parametreleri kullanılarak 20 adet deney gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu deneylerde sıvı ürün çıkış ve bitiş sıcaklıkları, elde edilen sıvı ürün miktarları ve elde edilen kalıntı katı ürün miktarları ayrıntılı olarak gözlemlenmiştir. Yapılan bu deney çalışmalarının içerikleri tablo ve açıklamalarıyla aşağıda verilmektedir.

Tablo 1. Yapılan deney çalışmalarında kullanılan hammadde, katkı maddesi ve sıvı çıkış ve bitiş değerleri

Deney No	Kullanılan Hammadde (gr)				Kullanılan Katkı Maddeleri (gr)			Sıcaklık Değerleri (°C)	
	PVC	PET	OEA	KEA	ka	kl	MCS23	Sıvı Çıkış	Sıvı Bitiş
1	-	2000	-	-	250	250	500	325	378
2	2510	-	-	-	-	50	150	273	338
3	-	2480	-	-	-	50	150	301	348
4	-	2210	-	-	-	50	350	310	373
5	-	2080	-	-	-	50	600	270	327
6	-	1080	-	-	-	50	800	235	304
7	1050	1050	-	-	-	50	800	199	273
8	400	400	-	-	-	50	400	201	278
9	750	750	-	-	-	75	500	225	353
10	-	-	800	-	-	75	250	287	354
11	400	400	400	-	-	75	400	177	248
12	250	250	500	-	-	75	250	212	277
13	-	400	400	-	-	75	250	237	303
14	400	-	400	-	-	75	250	244	314
15	-	400	400	-	-	75	500	278	347
16	-	500	750	-	-	75	250	201	277
17	500	-	750	-	-	75	250	244	343
18	-	-	-	800	-	75	200	201	277
19	-	-	-	750	-	75	250	173	302
20	-	-	-	750	-	75	250	207	316

PVC: Polivinilklorür, PET: Polietilen Tereftalat, OEA: Organik Evsel Atık, KEA: Karışık Evsel Atık, ka: Kaolin, kl:Klinoptilolit

### 2.1.3. Analiz Çalışmaları

Yapılan deneylerde elde edilen sıvı yakıt ürünlerinin kimyasal analizleri Karadeniz Teknik Üniversitesi Prof. Dr. Saadettin Güner Yakıt Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde (KTÜ-YUAM) , Türk Standartları (TS), Avrupa Standartları (EN) ve Uluslararası Standart Organizasyonu'nun (ISO) belirlemiş olduğu deney yöntemlerine uygun olarak yaptırılmıştır.

Çalışmada yaptırılan kimyasal analizler önceliklerine göre yaptırılmış olup yapılan analizlerin açıklamaları ve analiz metodları aşağıda verilmektedir.

Yoğunluk ( $\text{kg/m}^3$ );

Bir maddenin yoğunluğu, kütesinin hacmine oranıdır. Mililitre başına gram olarak ölçülür. Pratik ölçüm  $1 \text{ ml} = 1 \text{ cm}^3$  kullanılarak yapılır. Yoğunluk sıcaklıkla değişir. Madeni yakıtlar için belirtilen yoğunluk,  $15 \text{ }^\circ\text{C}$  olan referans sıcaklığa göre verilir. Yoğunluk sıcaklık ile değişir ve maddenin genişleme katsayısına bağlıdır. Yoğunluğun birimi petrol endüstrilerin  $\text{kg/m}^3$ ,  $\text{kg/lt}$ ,  $\text{g/ml}$  veya  $\text{gr/lt}$  olarak kullanılabilir. Gemi dizel

yakıtlarının yoğunlukları 800 ile 1010 kg/m<sup>3</sup> değerleri arasında değişmektedir. (Türk Standartları Enstitüsü, 2007).

Akaryakıtlarda ve diğer sıvı petrol destilasyonu ürünlerinde, birim hacmin ağırlığı olan özgül ağırlığın tespiti için çeşitli yöntemler vardır. Analizde kullanılan ve gövde kısmı içinde termometre bulunan tiplerine "*termo-hidrometre*" adı verilir. Özgül ağırlığı belirlenecek numune, çapı hidrometre çapından en az 2,5 cm daha geniş ve yüksekliğinde hidrometre yüzer vaziyette iken dipten 2,5 cm yukarı olacak şekilde cam bir kabın içine konulur. Yakıtın kendi sıcaklığında ölçülen özgül ağırlık değerleri 15,5°C (60°F) standart sıcaklığı çevrilerek yapılır. Bu standard, yoğunluğu 600 kg/m<sup>3</sup> ilâ 1100 kg/m<sup>3</sup> olan ve deney sıcaklığı ve basıncında tek bir sıvı faz olarak elde edilebilen ham petrol ve petrol ürünlerinin yoğunluğunun salınım yapan U-tüpü yöntemiyle tayinini kapsamaktadır (Türk Standartları Enstitüsü, 2007).

Viskozite 40 °C (mm<sup>2</sup>/s):

Vizkozite bir akıcılık ölçüsüdür. Yakıtın vizkozitesi düşük çalışma sıcaklıklarında dahi serbestçe akacak kadar düşük, sızıntıya engel olacak ve pompa sistemini yağlayabilecek kadar da yüksek olmalıdır. Aynı zamanda yanma hücrelerine kolayca atomize edebilecek uygun vizkozite de olmalıdır. Vizkozite akış halinde olan bir sıvının akmaya karşı gösterdiği direnç olarak da tanımlanabilmekte ve mutlak vizkozite ve bağıl vizkozite olmak üzere iki grupta verilmektedir. Mutlak Vizkozite, 1 cm<sup>2</sup>'lik düzlem yüzey elemanını 1 cm uzakta, yine 1 cm<sup>2</sup>'lik diğer bir yüze nazaran 1 cm/sn'lik bir hızla hareket ettirmek için 1 dyn'lik bir kuvvet gerekiyorsa söz konusu sıvının vizkozitesine mutlak vizkozite veya mutlak içsel sürtünme adı verilir. CGS sisteminin vizkozite birimi poise (g/s cm) dir. Bu standard saydam ve opak petrol ürünlerinin kinematik ve dinamik viskozite tayininin hesaplanmasını kapsamaktadır. Vizkozite ölçülmesinde en çok şu birimler kullanılmaktadır (Türk Standartları Enstitüsü, 1999).

-Engler derecesi (°E) -Redwood saniye (RI) -Saybolt saniye (SSU)

Parlama Noktası:

Bir yakıtın parlama noktası, bir kaptan ısıtılan yakıtın üzerine yaklaştırılan alev ile gecici olarak tutuşma halinde yakıt buharı oluşumunun gerçekleştiği en düşük sıcaklık olarak tarif edilmektedir (Borat, 1992).

Parlama noktası yakıtın tutuşma özelliğine bağlı olduğu kadar, yakıtın buhar basıncına da bağlıdır. Parlama noktası kapalı bir kap içerisinde karıştırılan yakıtın

yüzeyinde belirli sıcaklık aralıklarında alev gezdirilerek tespit edilir. Gecici bir alevlenmenin görüldüğü sıcaklık parlama noktasıdır. Parlama noktası daha çok, yakıtın emniyetli olarak kullanımı ve depolama özelliğini belirlemek için ölçülür (Kinast, 2003).

#### Akma Noktası:

Akma noktası sıcaklığı yakıtın akıcı olma özelliğini yitirdiği sıcaklıktır. Modern rafineri işlemleri ile artık yakıtta parafin miktarı yüksek seviyeye çıkartılmıştır. Bu aynı zamanda akma noktası sıcaklığının da artması anlamına gelmektedir. Bu sıcaklık 30 °C civarına yükselebilir. Yakıtın referans viskozite sıcaklığı, akma noktası sıcaklığının altına düşerse yakıt donar. Yakıtlar, akma noktası sıcaklığının en az 10 °C yukarısında tutulmalıdır. Eğer yakıt depolama tanklarında akma noktasının altında tutulursa yakıt mumlaşmaya başlar ve çökelme meydana gelir. Bu mumlaşma filtrelerin tıkanmasına ve heaterlerde artıklara neden olur. Bir çok durumda mumlaşma yakıt tanklarının dibinde oluşur ve bunlar ısıtıcı kangalları kaplayarak ısı transferini bozar. (Türk Standartları Enstitüsü, 1997).

#### Su İçeriği:

Dizel makinelerinin yakıtlarında bulunan su, yakıt püskürtme donanımı ve makine parçalarının aşınmasına neden olur. ISO standartlarına göre su miktarı artık yakıtlarda maksimum %1 (V/V) , distile yakıtlarda ise maksimum %1 (V/V)'e kadar müsaade edilir (Türk Standartları Enstitüsü, 2002).

Su içeriğinin saptanması için değişik yöntemler kullanılmaktadır. Petrokimya endüstrisinde önemli kalite kontrol kriterlerinden biri de yağlarda su içeriği tespitleridir. Yüksek su içeriği yağın kalitesi üzerinde olumsuz etkiye sahiptir. Laboratuvarda olduğu gibi, yağ ürünlerinin su içeriğinin online tespiti için de tercih edilen metod Karl Fischer titrasyonudur (kulometri) (Türk Standartları Enstitüsü, 2002).

Karl Fischer titrasyonları volumetrik ve kulometrik olarak iki şekilde gerçekleştirilebilir. 100 ppm'den düşük konsantrasyonlardaki su içeriği analizlerinde ve özellikle sebzelerdeki su miktarı tayininde kulometrik yöntem tavsiye edilmektedir. Her iki yöntem de elektrokimyasal bir reaksiyon sonucunda oluşmaktadır. Bir elektrokimyasal hücrede bulunan elektroaktif madde ya da maddelerin tamamının elektroliz edilerek harcandığı yöntemlere kulometrik yöntemler denir (Türk Standartları Enstitüsü, 2002).

### Kül İÇeriği:

Yakıt standartları incelendiğinde, distile yakıtlarda çok küçük miktarlarda kle müsaade edildiği grlmetedir. Distile yakıtlarda maksimum %0.01 oranında kl bulunmaktadır. Fuel oillerde ise kül miktarının maksimum değeri %0.1 - %0.2 arasında değişmektedir. Fuel oillerin küllerinde küçük miktarlarda metal tuzları bulunmaktadır. Bunlar silika, demir oksit (FeO-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>), aliminyum oksit (AlO), magnezyum oksit (MgO), kükürt (S), nikel oksit (NiO), vanadyum (V), ve alkaliler bakır (Cu), kalay (Sn) ve kurşun oksitleri (PbO) Şeklinde görülürler (Türk Standartları Enstitüsü, 2006).

Bu standard ktlice % 0,001 (m/m) ile % 0,180 (m/m) aralığında kl ihtiva eden, içinde kl bırakan safsızlıklar veya katkı maddeleri olmayan distile ve artık fuel oil, ham petrol, yağlama, vakslar diğer petrol ürünlerindeki külün tayinine dairdir. Bu metot içinde kl bırakan katkı maddeleri olmayan petrol ürünleri ile sınırlıdır. (Türk Standartları Enstitüsü, 2006).

Yanma Isısı (st Isıl Değer) (DIN 51900-2: Petrol rnleri- Yanma Isısı Tayini – Kalorimetre Yöntemi):

Hammaddenin içerdiği enerjiyi ölçmek için farklı tiplerde kalorimetreler (sabit basınç kalorimetresi, buz kalorimetresi, buhar kalorimetresi vb.) kullanılmakta olup çalışma prensipleri bu deney aşamasında kullanılan modelden farklıdır. Mühendislerin reaksiyondaki yanma ısısını ölçmek için en çok kullandıkları model ise “Bomba Kalorimetresi” olup literatürde “Kap Kalorimetresi” olarakda adlandırılmaktadır. “Bomba Kalorimetresi” aynı zamanda gıda maddelerinin ne kadar enerji sağladığını, yakıtların (sıvı ya da katı) yandığında ne kadar enerji verdiğini göstermek için de kullanılmaktadır. Bu deney kapsamında hammadde olarak, katı/sıvı yakıtlar kullanılmaktadır. Bir yakıtın yanması sırasında oluşan su, buhar haline geçmiş ise verdiği ısı alt ısıl değer, oluşan su, sıvı halde kalmış ise verdiği ısı st ısıl değer olarak tanımlanır. Bu iki değer arasında, yoğunlaşma entalpisi kadar fark vardır. Kalorimetrede yakma işleminin oda sıcaklığında yapılması nedeniyle oluşan su yoĐuŐur. Bu durumda, kalorimetrede hesaplanan ısıl değer suyun yoğunlaşma ısısını da içereceği için belirlenen ısıl değer aslında yakıtın “st ısıl değeri”ne karşılık gelmektedir (Alman Standartlar Enstitüsü, 2003).

#### **2.1.4. Büro Çalışmaları**

Gerek deney çalışmalarından önce yapılan çalışmanın tam olarak anlaşılabilmesi gerekse analiz çalışmalarından elde edilen verilerin bir araya getirilip değerlendirilmesi için büro çalışmaları yapılmıştır. Deney ve analiz çalışmalarından sonra hazırlanan grafikler ve tablolar dijital ortama Freehand ve Microsoft Office programları kullanılarak aktarılmıştır. Ayrıca kimyasal analizler sonucu elde edilen sayısal veriler kullanılarak Golden Software Grapher grafik çizim programı yardımıyla çeşitli grafikler hazırlanmıştır. Yapılan bu çalışmalar sonucunda bütün veriler bir araya getirilip bu tez kapsamında değerlendirilmiştir.





### **3. BULGULAR**

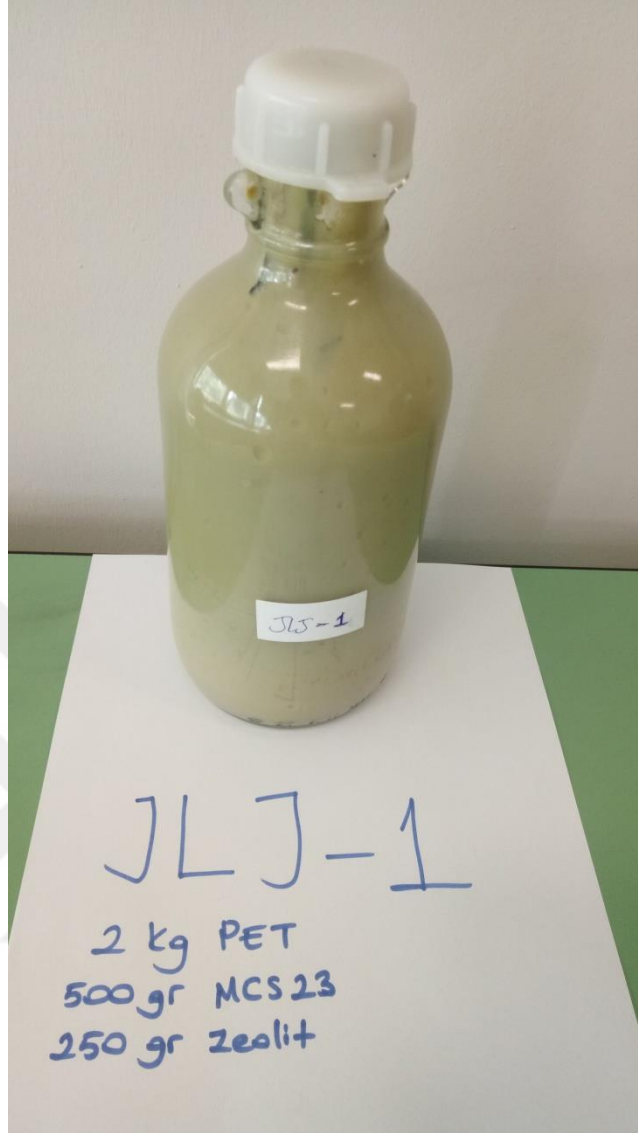
Çalışmada farklı hammadde ve katkı maddesi parametreleri kullanılarak 20 adet deney yapılmıştır (Tablo 1). Yapılan bu deneylerden yola çıkılarak elde edilen sıvı ürünlerin fiziksel ve kimyasal incelemeleri yapılmıştır.

#### **3.1. Üretilen Sıvı Ürünlerin Fiziksel Özelliklerinin İncelenmesi**

Bu çalışmada atık hammaddeler tamamen krom malzemedan yapılmış bir reaktör (Şekil 5) içerisine kaolin, klinoptilolit ve MCS23 kodlu katkı maddeleri ile birlikte, farklı hammadde ve katkı maddesi parametreleri kullanılarak 20 adet deney yapılmış ve yapılan bu deneylerden

*Deney 1:* İçeriğinde atık ürün olarak 2000 gr PET ürün kullanılmıştır. Katkı maddesi olarak 500 gr MCS23, 250gr kaolin ve 250 gr klinoptilolit kullanılmıştır (Tablo 1).

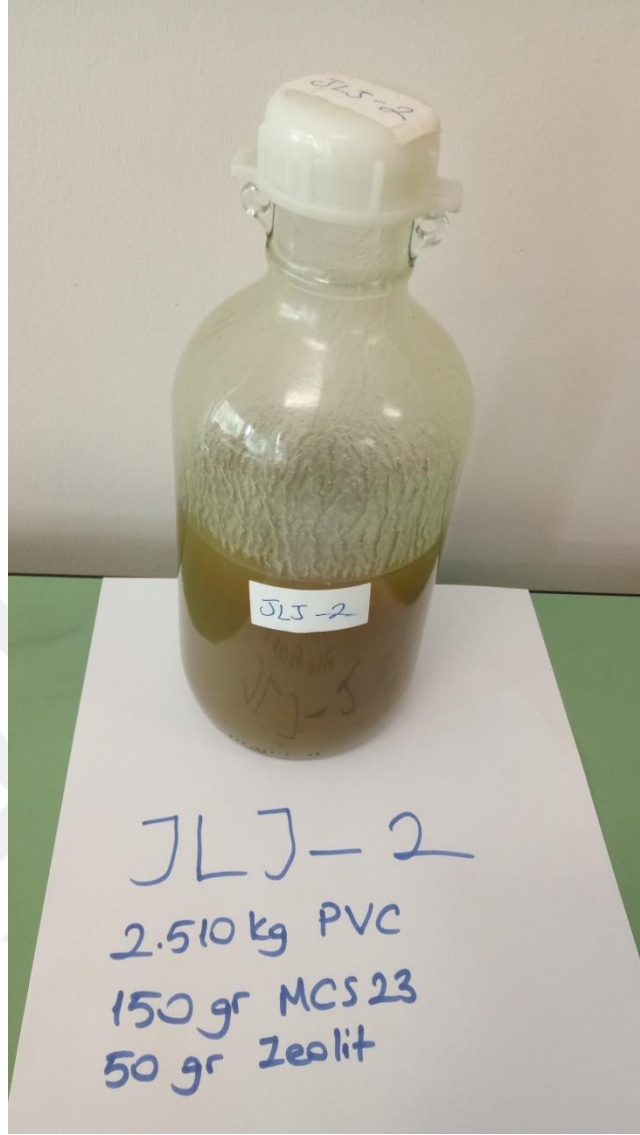
Yapılan deneyde gaz çıkışının 280 °C'de başladığı ve deney boyunca devam ettiği gözlemlenmektedir. Sıvı ürün çıkışı 325 °C de başlamış olup, 378 °C'de sonuçlanmıştır. Deney sonucunda 1280 gr sıvı ürün ve 258 gr kalıntı elde edilebilmiş fakat deneyden kısa bir süre sonra bu sıvı ürünün jelleştiği gözlemlenmiştir. Yapılan deneyde alınan sıvı ürün örneği JLJ-1 olarak isimlendirilmiştir (Şekil 6).



Şekil 6. Deney 1 sonucunda elde edilen sıvı ürün örneği

*Deney 2:* İçeriğinde atık ürün olarak 2510 gr PVC ürün kullanılmıştır. Katkı maddesi olarak 150 gr MCS23 ve 50 gr klinoptilolit kullanılmıştır (Tablo 1).

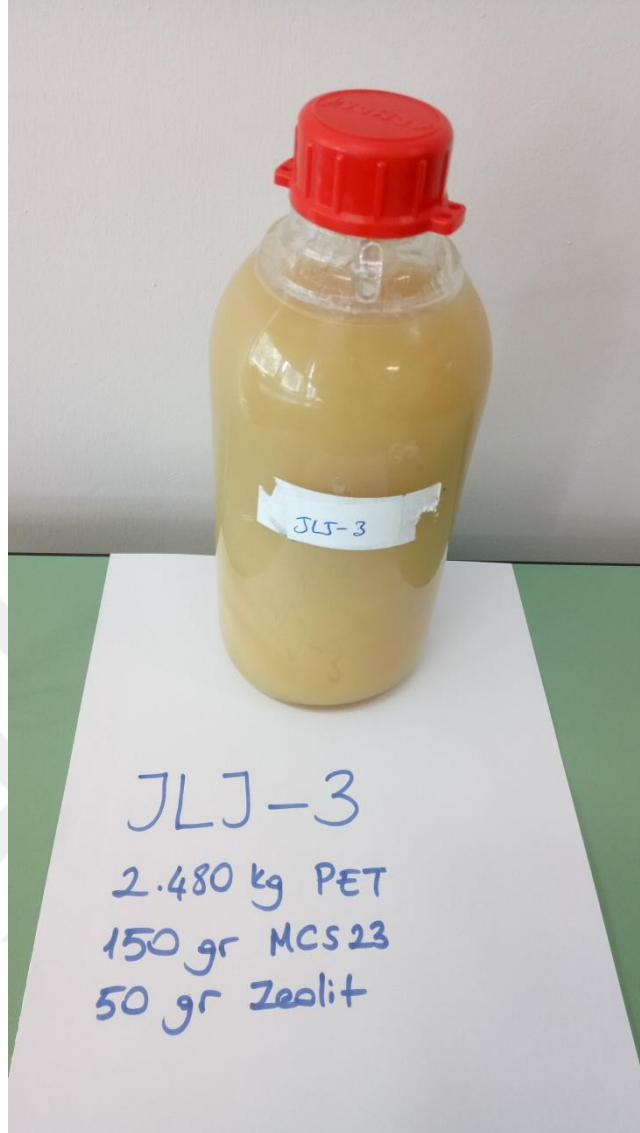
Yapılan deneyde gaz çıkışının 183 °C'de başlamış olup deney boyunca devam ettiği gözlemlenmiştir. Sıvı ürün çıkışı 273 °C de başlamış olup 338 °C'de sonuçlanmıştır. Deney sonucunda 1580 gr sıvı ürün ve 151 gr kalıntının elde edildiği gözlemlenmektedir. Yapılan deneyde alınan sıvı ürün örneği JLJ-2 olarak isimlendirilmiştir (Şekil 7).



Şekil 7. Deney 2 sonucunda elde edilen sıvı ürün örneği

*Deney 3:* İçeriğinde atık ürün olarak 2480 gr PET ürün kullanılmıştır. Katkı maddesi olarak 150 gr MCS23 ve 50 gr klinoptilolit kullanılmıştır (Tablo 1).

Yapılan deneyde gaz çıkışı 137 °C'de başlamış olup deney boyunca devam etmiştir. Sıvı ürün çıkışının 301 °C de başladığı ve 348 °C'de sonuçlandığı gözlenmiştir. Deney sonucunda 1400 gr sıvı ürün ve 810 gr kalıntı elde edilebilmiş fakat deneyden kısa bir süre sonra bu sıvı ürün jelleşmiştir. Yapılan deneyde alınan sıvı ürün örneği JLJ-3 olarak isimlendirilmektedir (Şekil 8).



Şekil 8. Deney 3 sonucunda elde edilen sıvı ürün örneği

*Deney 4:* İçeriğinde atık ürün olarak 2210 gr PET ürün, katkı maddesi olarak 350 gr MCS23 ve 50 gr klinoptilolit kullanılmıştır (Tablo 1).

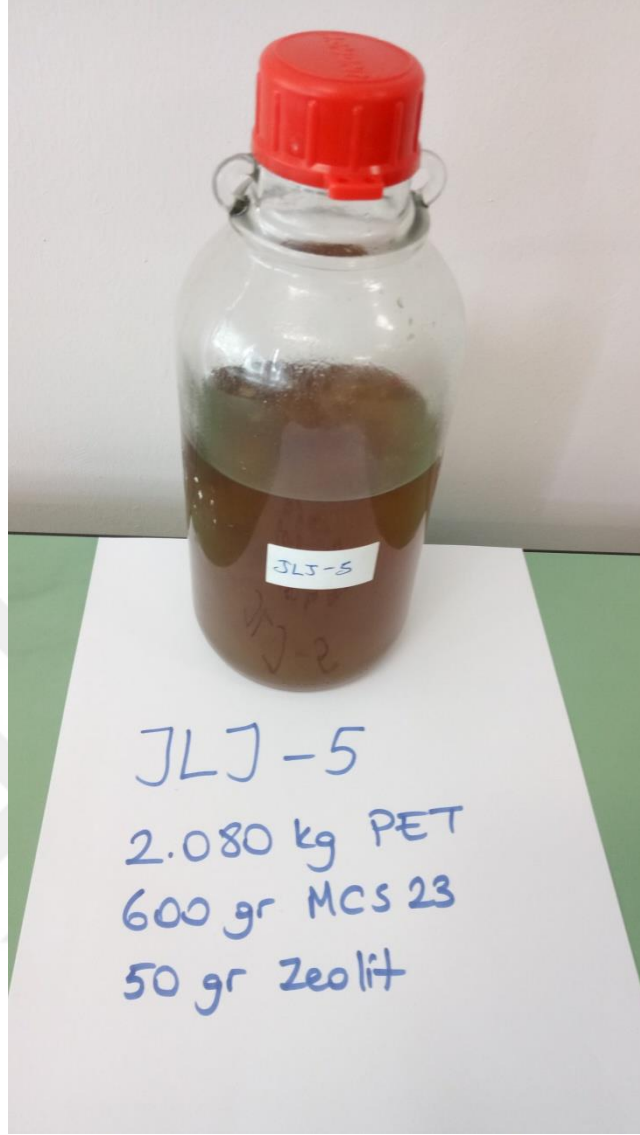
Yapılan deneyde gaz çıkışının 121 °C'de başladığı ve deney boyunca devam ettiği gözlemlenmektedir. Sıvı ürün çıkışı 310 °C de başlamış ve 373 °C'de sonuçlanmıştır. Deney sonucunda 1200 gr sıvı ürün ve 115 gr kalıntı elde edildiği gözlemlenmektedir. Yapılan deneyde alınan sıvı ürün örneği JLJ-4 olarak isimlendirilmektedir (Şekil 9).



Şekil 9. Deney 4 sonucunda elde edilen sıvı ürün örneği

*Deney 5:* İçeriğinde atık ürün olarak 2080 gr PET ürün kullanılmıştır. Katkı maddesi olarak 600 gr MCS23 ve 50 gr klinoptilolit kullanılmıştır (Tablo 1).

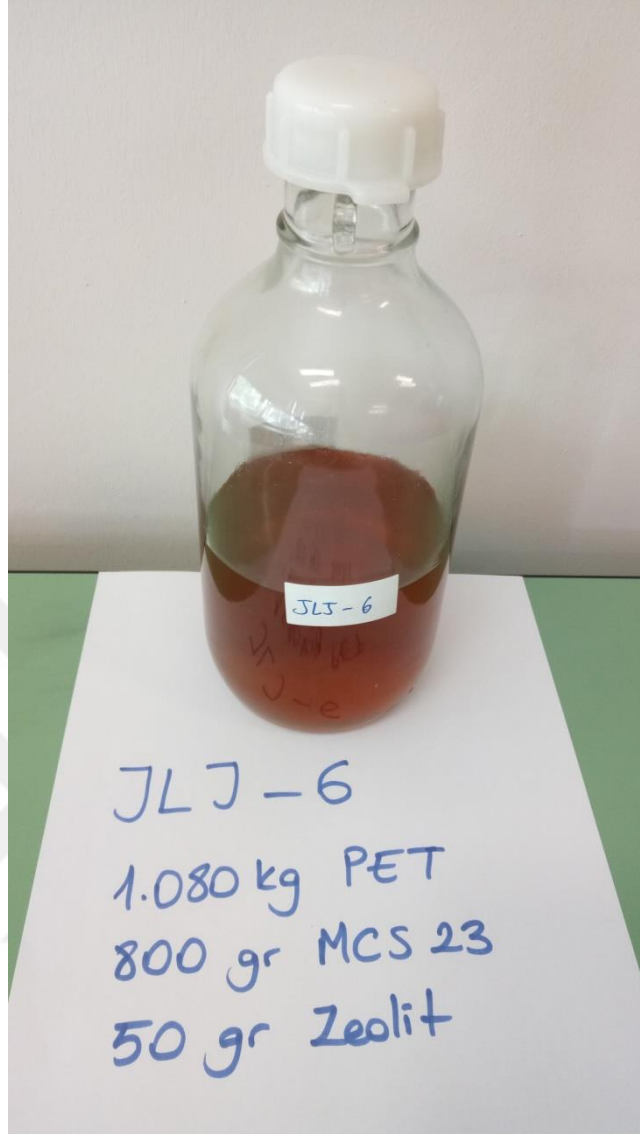
Yapılan deneyde gaz çıkışı 245 °C’de başladığı ve deney boyunca devam ettiği gözlemlenmektedir. Sıvı ürün çıkışı 270 °C de başlamış olup 327 °C’de sonuçlanmıştır. Deney sonucunda 800 gr sıvı ürün ve 900 gr kalıntı elde edilebilmiş fakat deneyden kısa bir süre sonra bu sıvı ürünün jelleştiği gözlenmiştir. Yapılan deneyde alınan sıvı ürün örneği JLJ-5 olarak isimlendirilmektedir (Şekil 10).



Şekil 10. Deney 5 sonucunda elde edilen sıvı ürün örneği.

*Deney 6:* İçeriğinde atık ürün olarak 1080 gr PET ürün kullanılmıştır. Katkı maddesi olarak 800 gr MCS23 ve 50 gr klinoptilolit kullanılmıştır (Tablo 1).

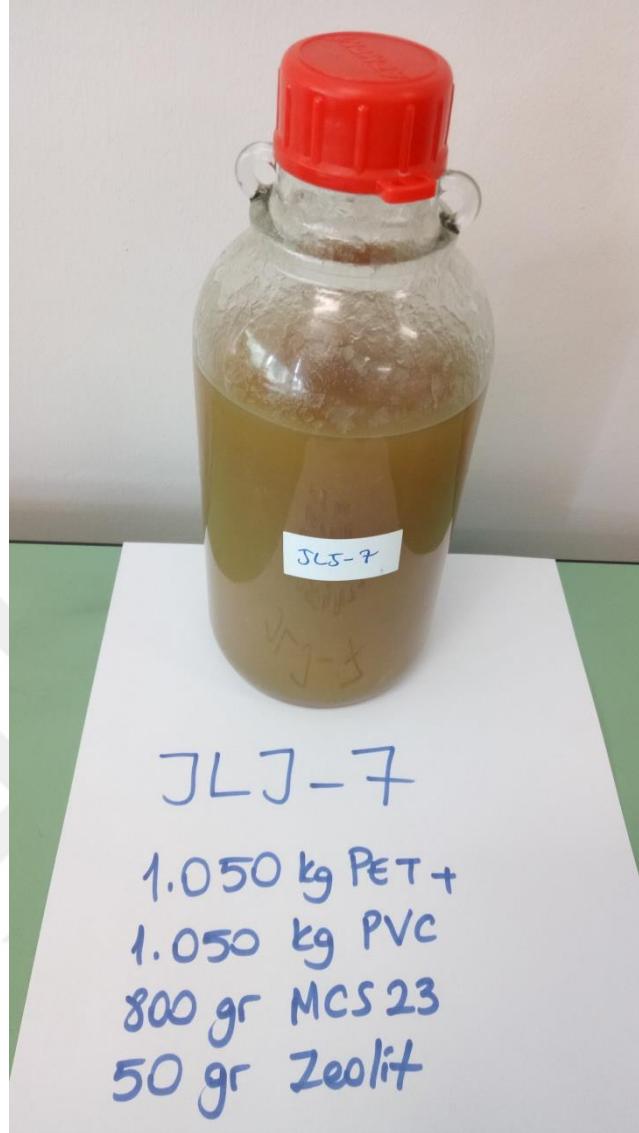
Yapılan deneyde gaz çıkışı 201 °C'de başladığı ve deney boyunca devam ettiği gözlemlenmiştir. Sıvı ürün çıkışı 235 °C de başlamış ve 304 °C'de sonuçlanmıştır. Deney sonucunda 700 gr sıvı ürünün elde edildiği ve hiç kalıntı olmadığı gözlemlenmiştir. Yapılan deneyde alınan sıvı ürün örneği JLJ-6 olarak isimlendirilmektedir (Şekil 11).



Şekil 11. Deney 6 sonucunda elde edilen sıvı ürün örneği

*Deney 7:* İçeriğinde atık ürün olarak 1050 gr PET ve 1050 gr PVC ürün kullanılmıştır. Katkı maddesi olarak 800 gr MCS23 ve 50 gr klinoptilolit kullanılmıştır (Tablo 1).

Yapılan deneyde gaz çıkışının 173 °C'de başladığı ve deney boyunca devam ettiği gözlemlenmektedir. Sıvı ürün çıkışı 199 °C de başlamış, 273 °C'de sonuçlanmıştır. Deney sonucunda 1500 gr sıvı ürün ve 505 gr kalıntının elde edildiği gözlemlenmektedir. Yapılan deneyde alınan sıvı ürün örneği JLJ-7 olarak isimlendirilmektedir (Şekil 12).

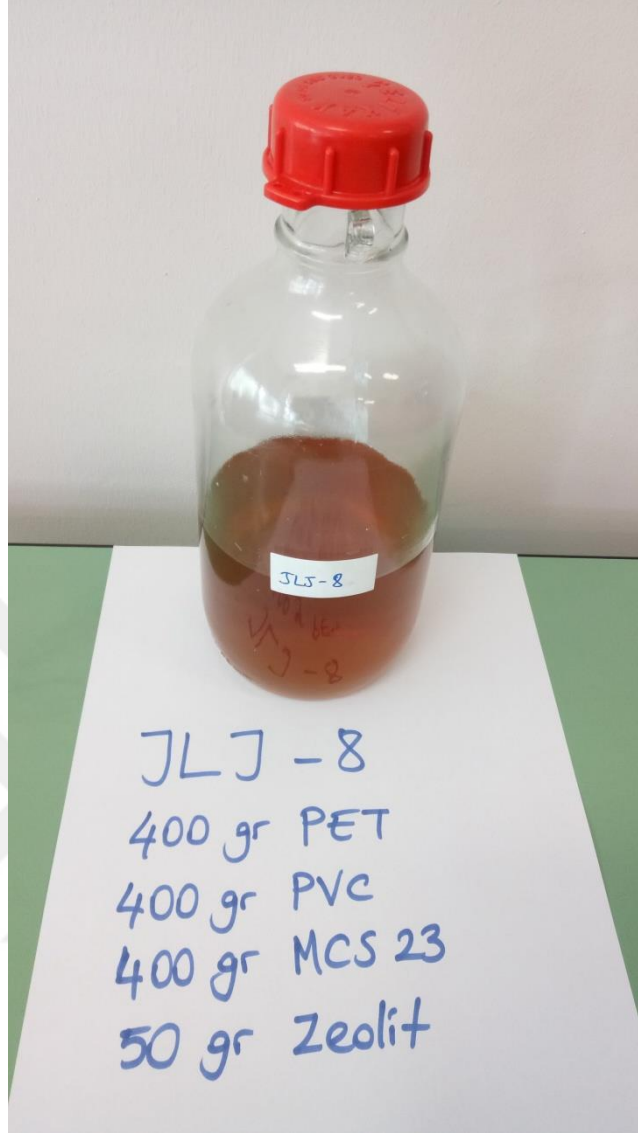


Şekil 12. Deney 7 sonucunda elde edilen sıvı ürün örneği

*Deney 8:* İçeriğinde atık ürün olarak 400 gr PET ve 400 gr PVC ürün kullanılmıştır. Katkı maddesi olarak 400 gr MCS23 ve 50 gr klinoptilolit kullanılmıştır (Tablo 1).

Yapılan deneyde gaz çıkışının 165 °C'de başladığı ve deney boyunca devam ettiği gözlemlenmektedir. Sıvı ürün çıkışı 201 °C de başlamış olup, 278 °C'de sonuçlanmıştır. Deney sonucunda 500 gr sıvı ürün ve 103 gr kalıntı elde edilmiştir. Yapılan deneyde alınan sıvı ürün örneği JLJ-8 olarak isimlendirilmektedir (Şekil 13).

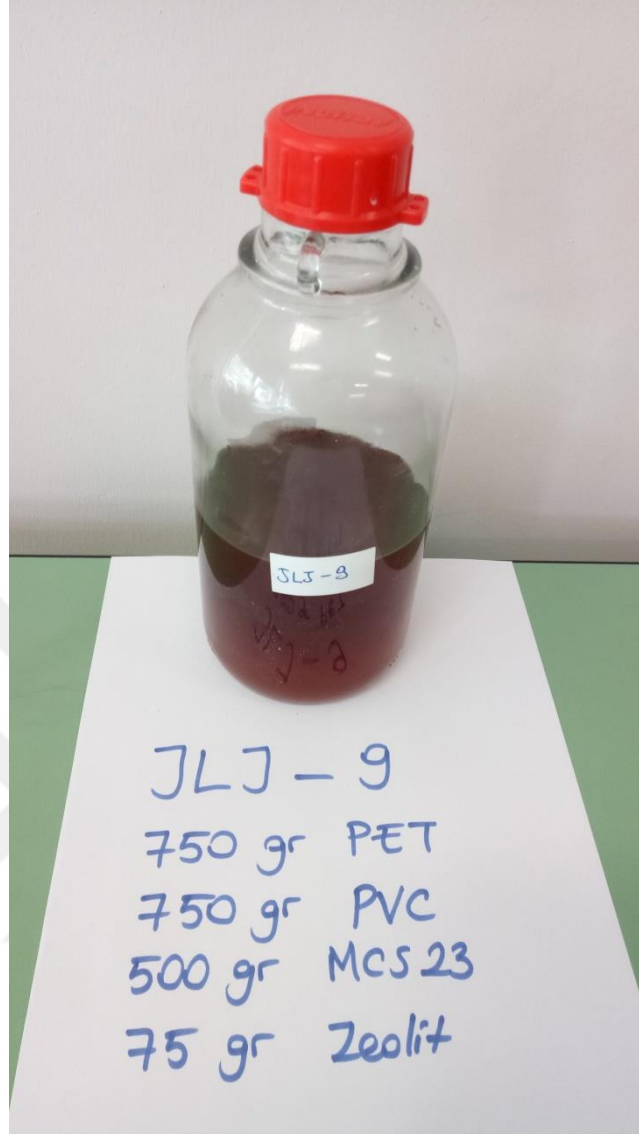




Şekil 13. Deney 8 sonucunda elde edilen sıvı ürün örneği

*Deney 9:* İçeriğinde atık ürün olarak 750 gr PET ve 750 gr PVC ürün kullanılmıştır. Katkı maddesi olarak 500 gr MCS23 ve 75 gr klinoptilolit kullanılmıştır (Tablo 1).

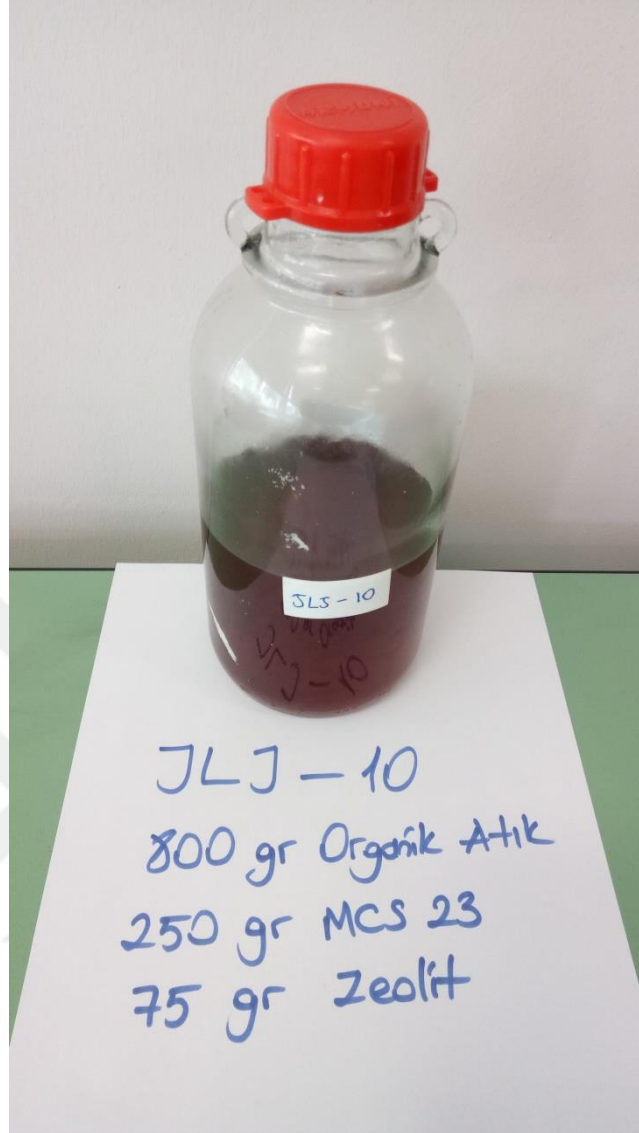
Yapılan deneyde gaz çıkışının 101 °C'de başladığı, deney boyunca devam ettiği gözlemlenmektedir. Sıvı ürün çıkışı 225 °C de başlamış olup 353 °C'de sonuçlanmıştır. Deney sonucunda 1400 gr sıvı ürün elde edilmiş ve hiç kalıntı olmamıştır. Yapılan deneyde alınan sıvı ürün örneği JLJ-9 olarak isimlendirilmektedir (Şekil 14).



Şekil 14. Deney 9 sonucunda elde edilen sıvı ürün örneği

*Deney 10:* İçeriğinde atık ürün olarak 800 gr organik evsel atık ürün kullanılmıştır. Katkı maddesi olarak 250 gr MCS23 ve 75 gr klinoptilolit kullanılmıştır (Tablo 1).

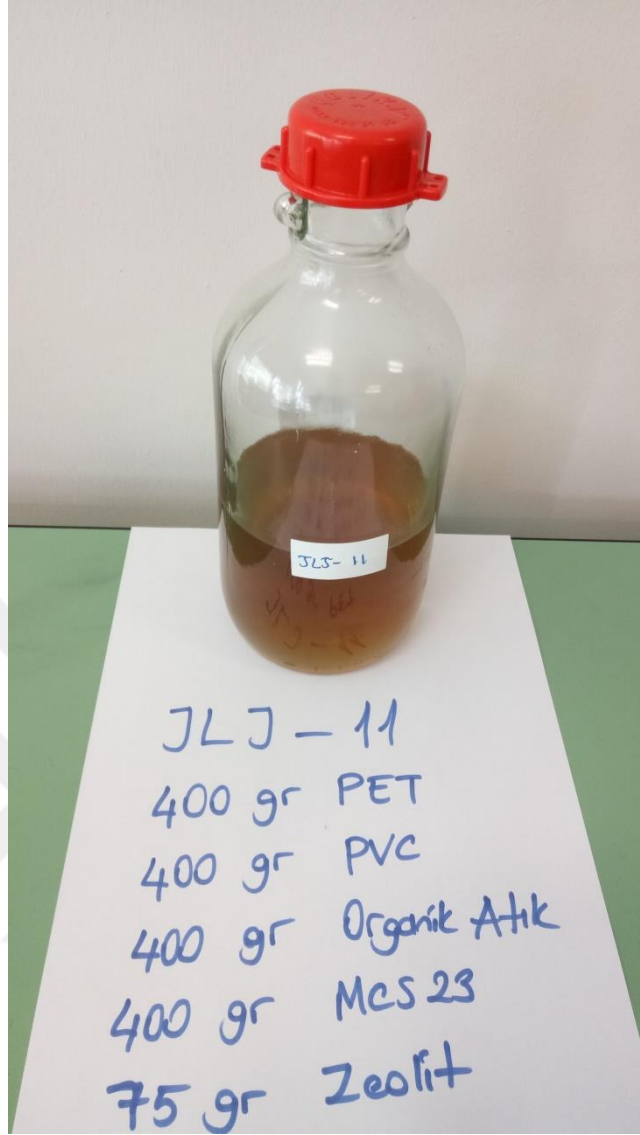
Yapılan deneyde gaz çıkışının 152 °C'de başladığı ve deney boyunca devam ettiği gözlemlenmiştir. Sıvı ürün çıkışı 287 °C de başladığı, 354 °C'de sonuçlandığı gözlemlenmiştir. Deney sonucunda 600 gr sıvı ürün ve 140 gr kalıntı elde edilmiştir. Yapılan deneyde alınan sıvı ürün örneği JLJ-10 olarak isimlendirilmektedir (Şekil 15).



Şekil 15. Deney 10 sonucunda elde edilen sıvı ürün örneği

*Deney 11:* İçeriğinde atık ürün olarak 400 gr PET, 400 gr PVC ve 400 gr organik evsel atık (biber, domates, soğan, salatalık, et, kızartma yağı, fasulye yemeği kalıntısı) ürün kullanılmıştır. Katkı maddesi olarak 400 gr MCS23 ve 75 gr klinoptilolit kullanılmıştır (Tablo 1).

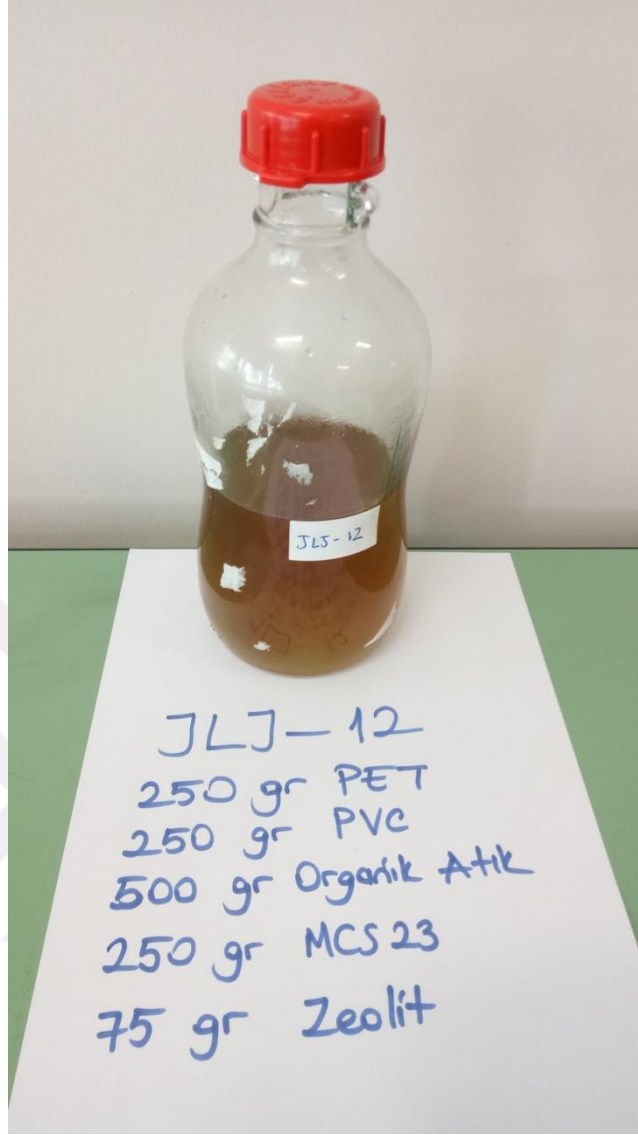
Yapılan deneyde gaz çıkışı 102 °C'de başlamış ve deney boyunca devam etmiştir. Sıvı ürün çıkışı 177 °C'de başlamış olup 248 °C'de sonuçlanmıştır. Deney sonucunda 830 gr sıvı ürün ve 125 gr kalıntının elde edildiği gözlemlenmektedir. Yapılan deneyde alınan sıvı ürün örneği JLJ-11 olarak isimlendirilmektedir (Şekil 16).



Şekil 16. Deney 11 sonucunda elde edilen sıvı ürün örneği

*Deney 12:* İçeriğinde atık ürün olarak 250 gr PET, 250 gr PVC ve 500 gr organik evsel atık (patlıcan, kabak, salatalık, et, bozulmuş süt, kola kalıntısı) ürün kullanılmıştır. Katkı maddesi olarak 250 gr MCS23 ve 75 gr klinoptilolit kullanılmıştır (Tablo 1).

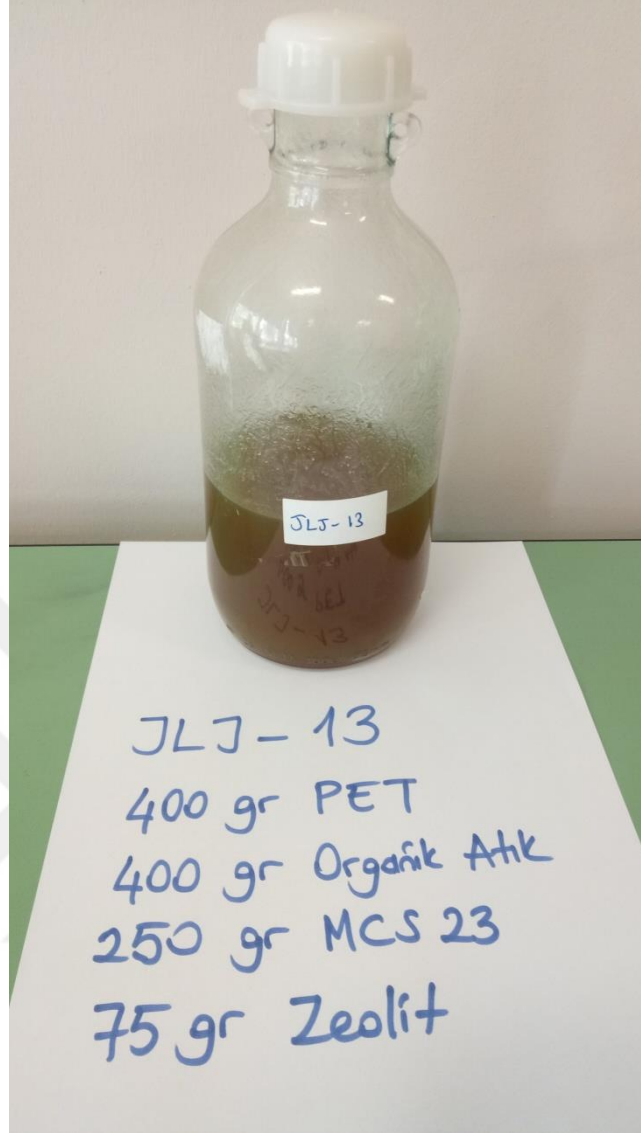
Yapılan deneyde gaz çıkışı 144 °C'de başlamış ve deney boyunca devam ettiği gözlemlenmiştir. Sıvı ürün çıkışı 212 °C'de başlamış olup 277 °C'de sonuçlanmıştır. Deney sonucunda 610 gr sıvı ürün ve 235 gr kalıntının elde edildiği gözlemlenmiştir. Yapılan deneyde alınan sıvı ürün örneği JLJ-12 olarak isimlendirilmektedir (Şekil 17).



Şekil 17. Deney 12 sonucunda elde edilen sıvı ürün örneği

*Deney 13:* İçeriğinde atık ürün olarak 400 gr PET ve 400 gr organik evsel atık ürün (domates, peynir, et, süt, kızartma yağı kalıntısı) kullanılmıştır. Katkı maddesi olarak 250 gr MCS23 ve 75 gr klinoptilolit kullanılmıştır (Tablo 1).

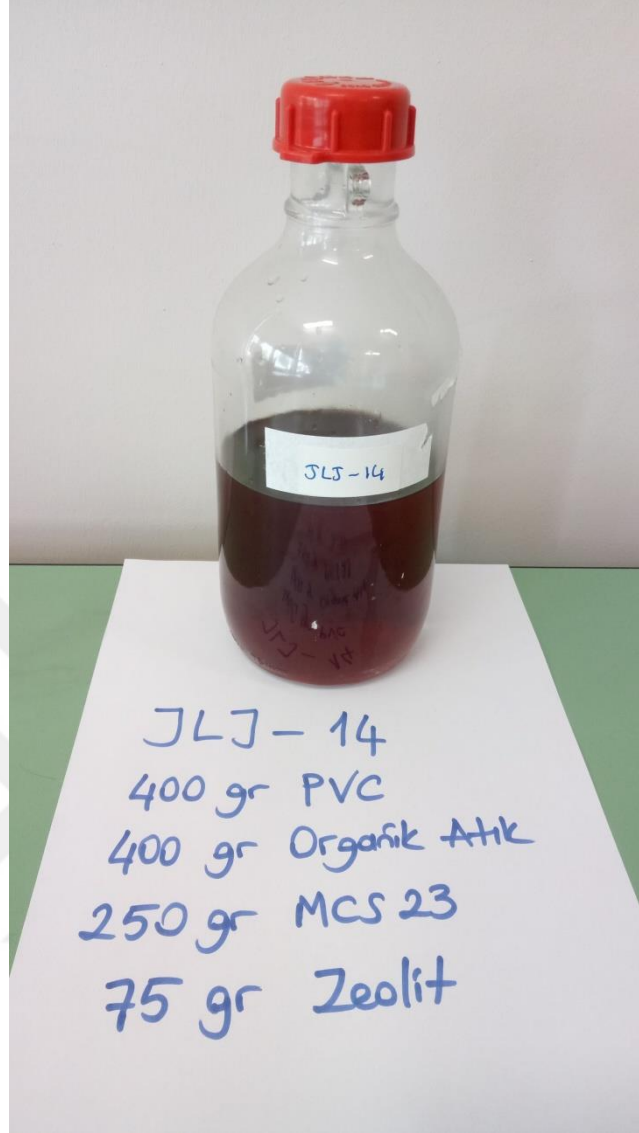
Yapılan deneyde gaz çıkışı 101 °C'de başlamış ve deney boyunca devam ettiği gözlemlenmiştir. Sıvı ürün çıkışının 237 °C'de başlamış olup, 303 °C'de sonuçlanmıştır. Deney sonucunda 600 gr sıvı ürün ve 50 gr kalıntının elde edildiği gözlemlenmiştir. Yapılan deneyde alınan sıvı ürün örneği JLJ-13 olarak isimlendirilmektedir (Şekil 18).



Şekil 18. Deney 13 sonucunda elde edilen sıvı ürün örneği

*Deney 14:* İçeriğinde atık ürün olarak 400 gr PVC ve 400 gr organik evsel atık (domates, peynir, et, süt, kızartma yağı kalıntısı) ürün kullanılmıştır. Katkı maddesi olarak 250 gr MCS23 ve 75 gr klinoptilolit kullanılmıştır (Tablo 1).

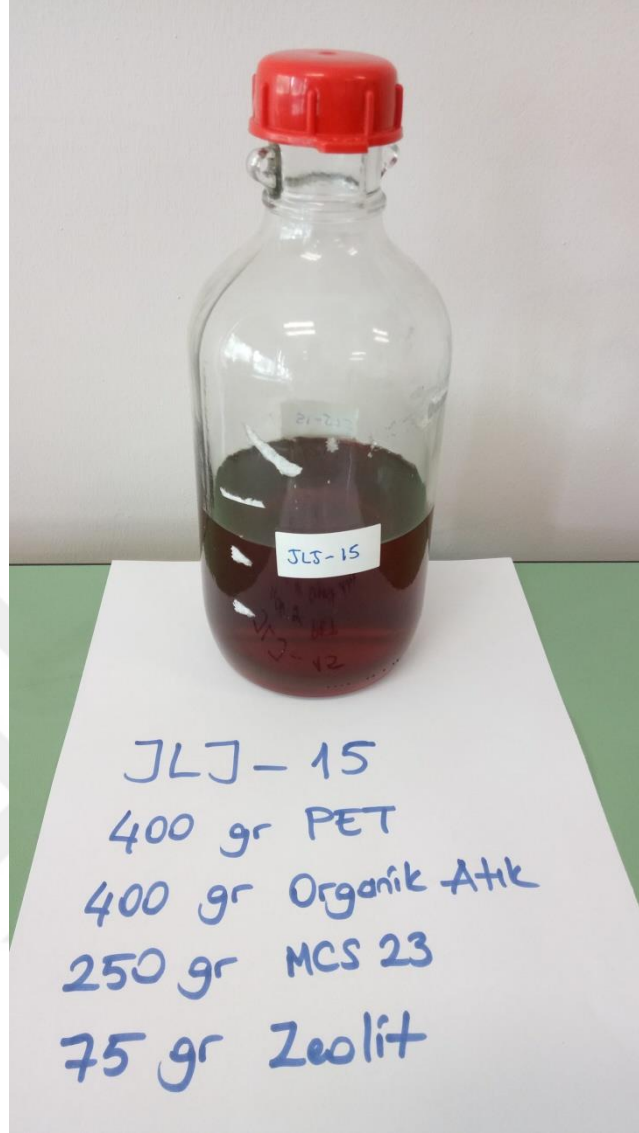
Yapılan deneyde gaz çıkışı 171 °C'de başlamış ve deney boyunca devam ettiği gözlemlenmiştir. Sıvı ürün çıkışının 244 °C'de başlamış olup, 314 °C'de sonuçlanmıştır. Deney sonucunda 550 gr sıvı ürün ve 83 gr kalıntının elde edildiği gözlemlenmiştir. Yapılan deneyde alınan sıvı ürün örneği JLJ-14 olarak isimlendirilmektedir (Şekil 19).



Şekil 19. Deney 14 sonucunda elde edilen sıvı ürün örneği

*Deney 15:* İçeriğinde atık ürün olarak 400 gr PET ve 400 gr organik evsel atık (domates, peynir, et, süt, kızartma yağı kalıntısı) ürün kullanılmıştır. Katkı maddesi olarak 500 gr MCS23 ve 75 gr klinoptilolit kullanılmıştır (Tablo 1).

Yapılan deneyde gaz çıkışı 103 °C'de başlamış ve deney boyunca devam ettiği gözlemlenmiştir. Sıvı ürün çıkışı 278 °C'de başlamış olup, 347 °C'de sonuçlanmıştır. Deney sonucunda 675 gr sıvı ürün ve 40 gr kalıntının elde edildiği gözlemlenmiştir. Yapılan deneyde alınan sıvı ürün örneği JLJ-15 olarak isimlendirilmektedir (Şekil 20).

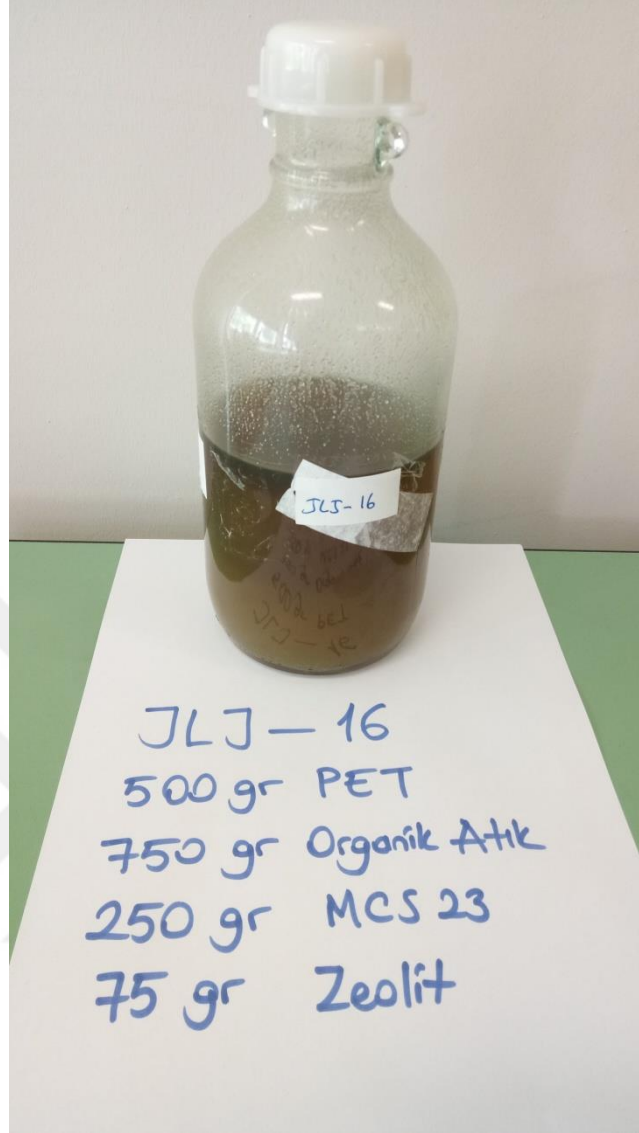


Şekil 20. Deney 15 sonucunda elde edilen sıvı ürün örneği

*Deney 16:* İçeriğinde atık ürün olarak 500 gr PET ve 750 gr organik evsel atık (domates, salatalık, pirinç, kızartma yağı, et, süt, patlıcan, bezelye yemeği kalıntısı) ürün kullanılmıştır. Katkı maddesi olarak 250 gr MCS23 ve 75 gr klinoptilolit kullanılmıştır (Tablo 1).

Yapılan deneyde gaz çıkışı 107 °C'de başlamış ve deney boyunca devam ettiği gözlemlenmiştir. Sıvı ürün çıkışı 201 °C'de başlamış olup, 277 °C'de sonuçlanmıştır. Deney sonucunda 730 gr sıvı ürün ve 154 gr kalıntının elde edildiği gözlemlenmiştir. Yapılan deneyde alınan sıvı ürün örneği JLJ-16 olarak isimlendirilmektedir (Şekil 21).

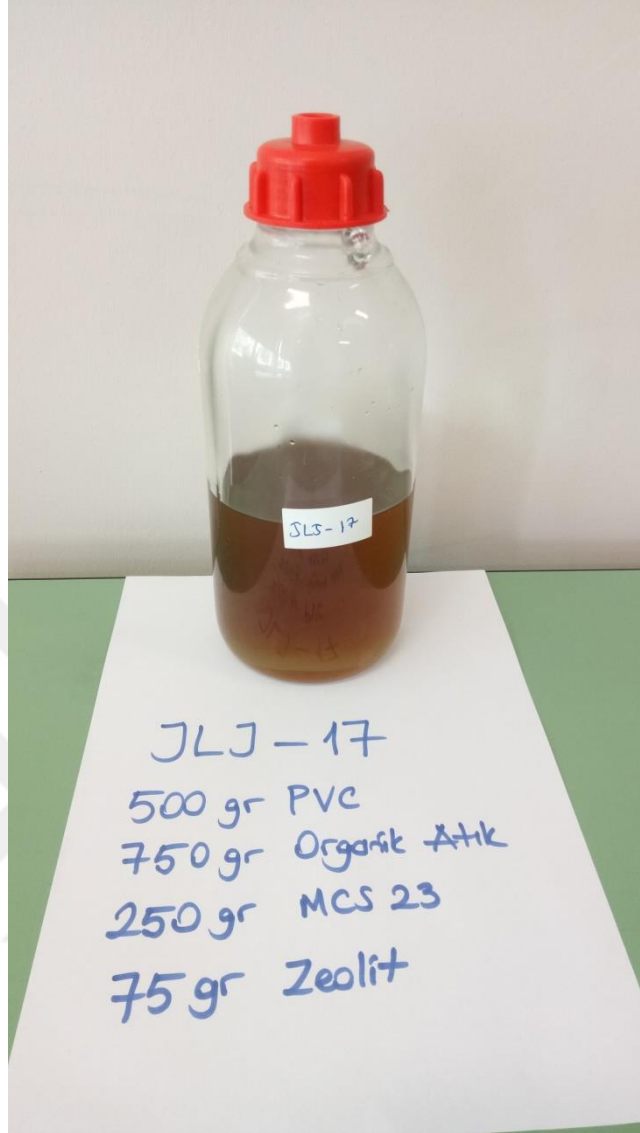




Şekil 21. Deney 16 sonucunda elde edilen sıvı ürün örneği

*Deney 17:* İçeriğinde atık ürün olarak 500 gr PVC ve 750 gr organik evsel atık (domates, salatalık, pirinç, kızartma yağı, et, süt, patlıcan, bezelye yemeği kalıntısı) ürün kullanılmıştır. Katkı maddesi olarak 250 gr MCS23 ve 75 gr klinoptilolit kullanılmıştır (Tablo 1).

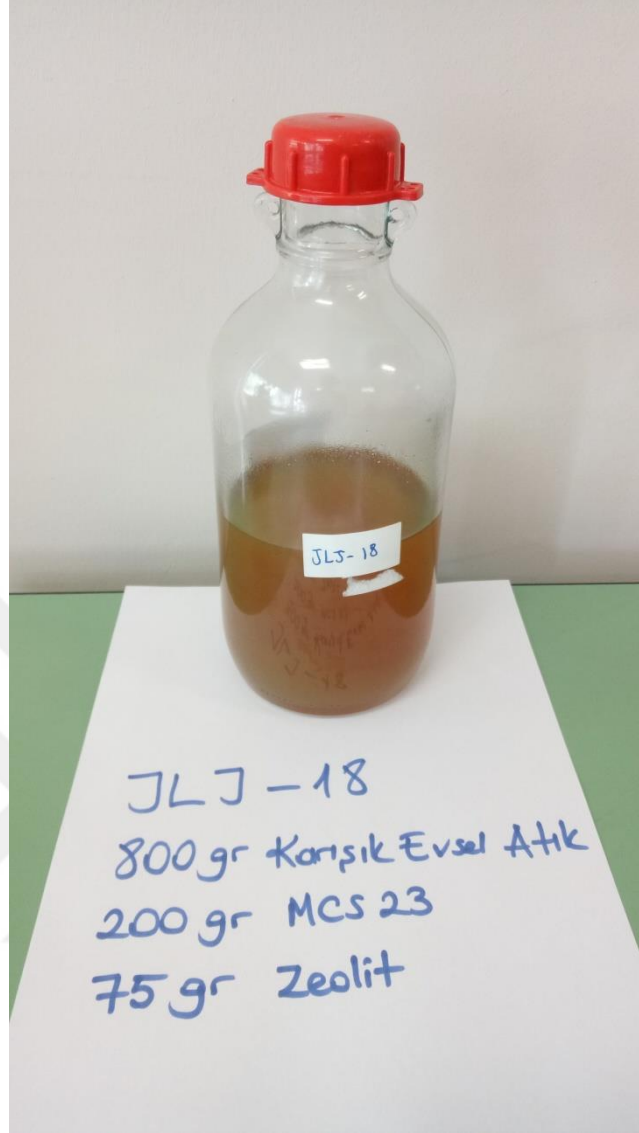
Yapılan deneyde gaz çıkışı 157 °C'de başlamış ve deney boyunca devam ettiği gözlemlenmiştir. Sıvı ürün çıkışı 244 °C'de başlamış olup, 343 °C'de sonuçlanmıştır. Deney sonucunda 790 gr sıvı ürün ve 101 gr kalıntının elde edildiği gözlemlenmiştir. Yapılan deneyde alınan sıvı ürün örneği JLJ-17 olarak isimlendirilmektedir (Şekil 22).



Şekil 22. Deney 17 sonucunda elde edilen sıvı ürün örneği

*Deney 18:* İçeriğinde atık ürün olarak 800 gr karışık evsel atık (domates, salatalık, pirinç, kızartma yağı, et, süt, patlıcan, bezelye yemeği kalıntısı, ambalaj kağıtları, farklı oranlarda plastik türleri) ürün kullanılmıştır. Katkı maddesi olarak 200 gr MCS23 ve 75 gr klinoptilolit kullanılmıştır (Tablo 1).

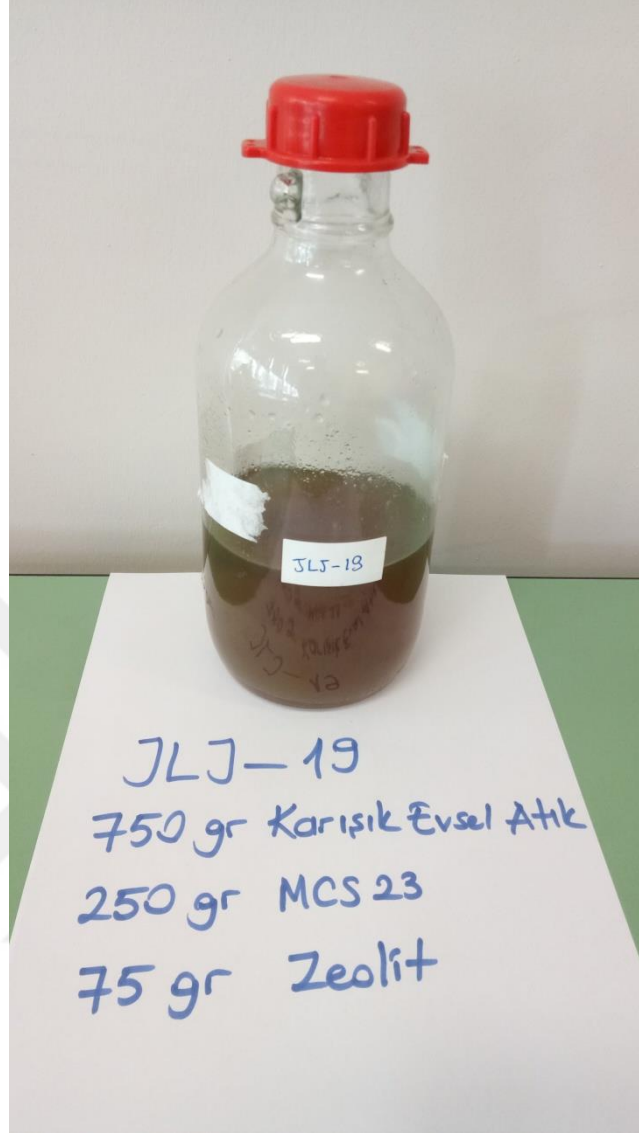
Yapılan deneyde gaz çıkışı 102 °C'de başlamış ve deney boyunca devam ettiği gözlemlenmiştir. Sıvı ürün çıkışı 201 °C'de başlamış olup, 277 °C'de sonuçlanmıştır. Deney sonucunda 660 gr sıvı ürün ve 30 gr kalıntının elde edildiği gözlemlenmiştir. Yapılan deneyde alınan sıvı ürün örneği JLJ-18 olarak isimlendirilmektedir (Şekil 23).



Şekil 23. Deney 18 sonucunda elde edilen sıvı ürün örneği

*Deney 19:* İçeriğinde atık ürün olarak 750 gr karışık evsel atık (domates, salatalık, pirinç, kızartma yağı, et, süt, peynir, ambalaj kağıtları, farklı oranlarda plastik türleri) ürün kullanılmıştır. Katkı maddesi olarak 250 gr MCS23 ve 75 gr klinoptilolit kullanılmıştır (Tablo 1).

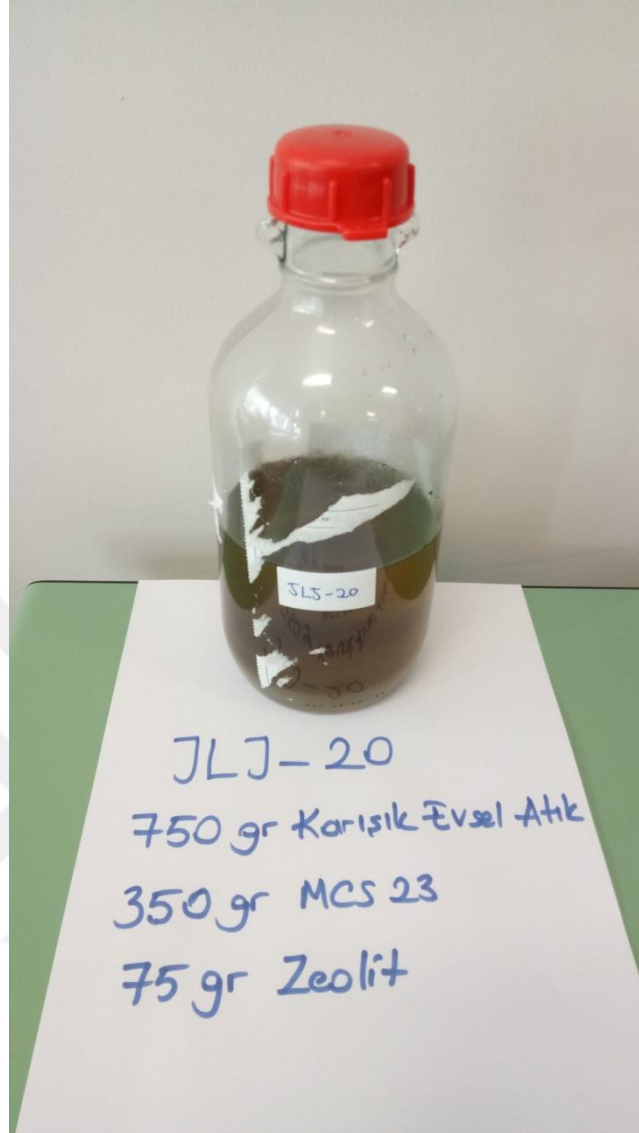
Yapılan deneyde gaz çıkışı 109 °C’de başlamış ve deney boyunca devam ettiği gözlemlenmiştir. Sıvı ürün çıkışı 173 °C’de başlamış olup, 302 °C’de sonuçlanmıştır. Deney sonucunda 540 gr sıvı ürün ve 90 gr kalıntının elde edildiği gözlemlenmiştir. Yapılan deneyde alınan sıvı ürün örneği JLJ-19 olarak isimlendirilmektedir (Şekil 24).



Şekil 24. Deney 19 sonucunda elde edilen sıvı ürün örneği

*Deney 20:* İçeriğinde atık ürün olarak 750 gr karışık evsel atık (domates, salatalık, pirinç, kızartma yağı, et, süt, peynir, ambalaj kağıtları fazla oranda, farklı oranlarda plastik türleri) ürün kullanılmıştır. Katkı maddesi olarak 350 gr MCS23 ve 75 gr klinoptilolit kullanılmıştır (Tablo 1).

Yapılan deneyde gaz çıkışı 142 °C'de başlamış ve deney boyunca devam ettiği gözlemlenmiştir. Sıvı ürün çıkışı 207 °C'de başlamış olup, 316 °C'de sonuçlanmıştır. Deney sonucunda 640 gr sıvı ürün ve 43 gr kalıntının elde edildiği gözlemlenmiştir. Yapılan deneyde alınan sıvı ürün örneği JLJ-20 olarak isimlendirilmektedir (Şekil 25).



Şekil 25. Deney 20 sonucunda elde edilen sıvı ürün örneği

Çalışmada yapılan deneylerde elde edilen sıvı ürün ve katı kalıntı yüzdeleri hesaplanmıştır.

Hesaplanan yüzde değerlere göre en yüksek verim hammadde olarak PVC ve PET atıkların yarı yarıya eklenmesi ve 75 gr klinoptilolit ve 500 gr MCS23 katkıları eklenerek yapılan Deney 9'da % 93,33 olarak elde edilmiştir, ayrıca yapılan deneyde herhangi bir katı kalıntısı gözlemlenmemiştir. Deney 9'a kadar yapılan deneylerde klinoptilolit ve MCS23 katkıları farklı oranlarda kullanılmış fakat MCS23 katkısının 500 gr'dan fazla veya yüksek katılması ile birlikte yine verim düşüşleri yaşanmıştır. Bu çalışmada en yüksek verim doğruluğu organik atık haricinde % 50 PVC ve % 50 pet içerisine % 15 klinoptilolit ve % 85 MCS23 katkısı katılarak yapılan deney olmuştur (Tablo 2).

Organik evsel atıklar, PVC ve PET kullanılarak yapılan çalışmalarda en yüksek verim % 69,16 olarak Deney 11’de elde edilmiştir. Bu çalışmada bütün atıklar eşit miktarda katılarak % 4,48 klinoptilolit ve % 23,88 MCS23 katkısı kullanılarak en yüksek verime ulaşılmıştır. Tamamen karışık evsel atıklar kullanılarak yapılan çalışmalarda verim yüzdeleri genellikle % 80 üstü olarak gözlemlenmiştir. Bu çalışmalarda yapılan gözlemlerde sonuç olarak tamamen karışık atıklarla yapılan deneylerin daha yüksek verimler verdiği belirlenmiştir (Tablo 2).

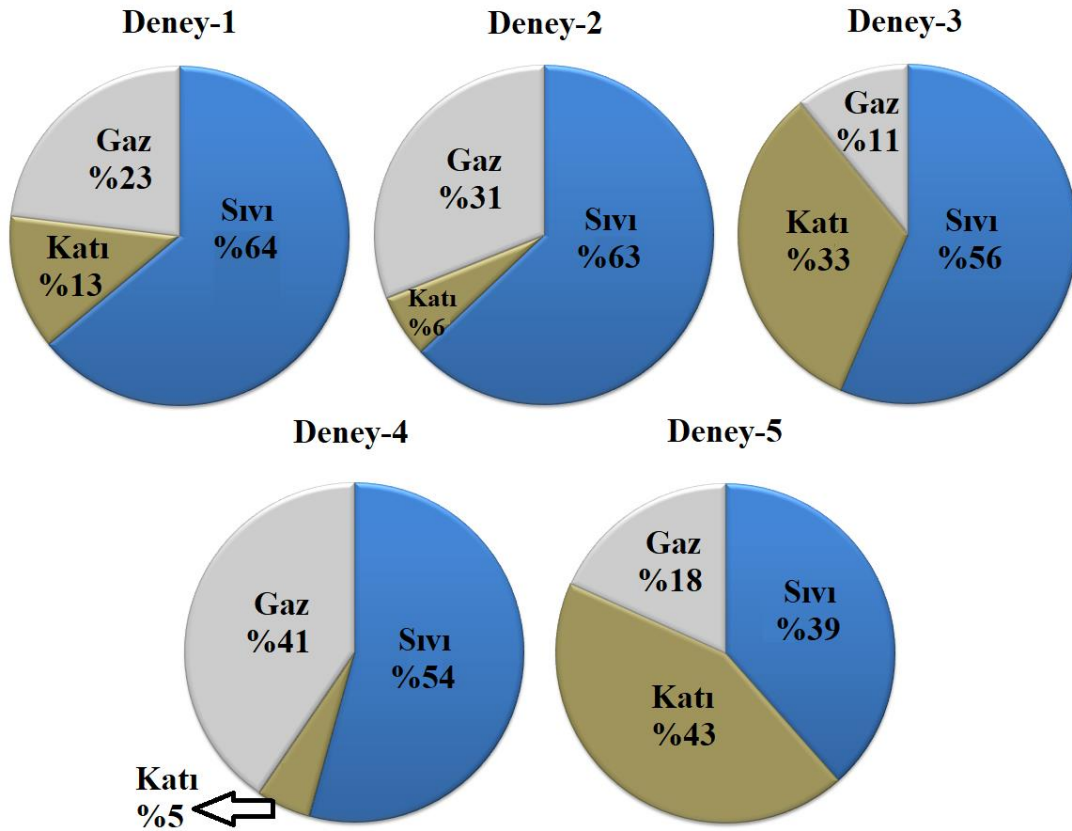
Tablo 2. Çalışmada elde edilen sıvı ürün ve katı kalıntı değerleri tablosu

Deney No	Kullanılan Katkı Maddeleri (%)			Elde Edilen Ürün (gr)		Elde Edilen Ürün Yüzdesi (%)	
	ka	kl	MCS23	Sıvı Yakıt	Katı Kalıntı	Sıvı Yakıt	Katı Kalıntı
1	8,33	8,33	16,66	1280	258	64,00	12,90
2	-	1,85	5,54	1580	151	62,94	6,02
3	-	1,87	5,60	1400	810	56,45	32,66
4	-	1,92	13,41	1200	115	54,29	5,20
5	-	1,83	21,98	800	900	38,46	43,27
6	-	2,59	41,45	700	-	64,81	0,00
7	-	1,69	27,12	1500	505	71,43	24,05
8	-	4,00	32,00	500	103	62,50	12,88
9	-	3,61	24,10	1400	-	93,33	0,00
10	-	6,67	22,22	600	140	75,00	17,50
11	-	4,48	23,88	830	125	69,16	10,42
12	-	5,66	18,87	610	235	61,00	23,50
13	-	6,67	22,22	600	50	75,00	6,25
14	-	6,67	22,22	550	83	68,75	10,38
15	-	4,45	36,36	675	40	84,38	5,00
16	-	4,76	15,87	730	154	58,40	12,32
17	-	4,76	15,87	790	101	63,20	8,08
18	-	6,98	18,60	660	30	82,50	3,75
19	-	6,98	23,26	540	90	72,00	12,00
20	-	6,98	23,26	640	43	85,33	5,73

Yapılan çalışma sonucunda elde edilen sıvı ürün ve katı kalıntı hesaplamaları yapılmış ve çıkan sonuçlar ile katı ve sıvı ürün oranları hesaplanmıştır. Buna bağlı olarak;

Deney 1 sonucunda sıvı ürün oranı % 64 olarak belirlenirken kalıntı katı ürün oranı % 13 olarak belirlenmiştir, fakat bu deney sonucunda elde edilen sıvı ürün bir süre sonra yeniden katı halini almış ve sıvı yapısını kaybetmiştir. Deney 2 sonucunda sıvı ürün oranı % 63 olarak belirlenirken kalıntı katı ürün oranı % 6 olarak belirlenmiştir. Deney 3 sonucunda sıvı ürün oranı % 56 olarak belirlenirken kalıntı katı ürün oranı % 33 olarak belirlenmiştir, fakat bu deney sonucunda elde edilen sıvı ürün bir süre sonra jel halini almış

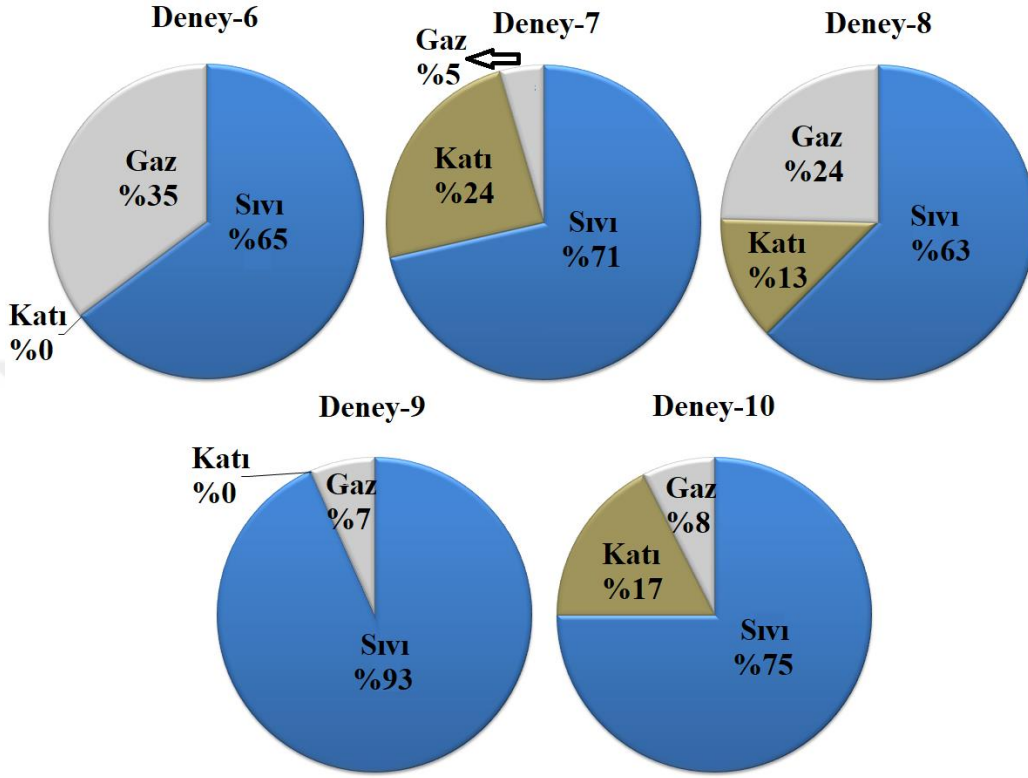
ve sıvı yapısını kaybetmiştir. Deney 4 sonucunda sıvı ürün oranı % 54 olarak belirlenirken kalıntı katı ürün oranı % 5 olarak belirlenmiştir. Deney 5 sonucunda sıvı ürün oranı % 39 olarak belirlenirken kalıntı katı ürün oranı % 43 olarak belirlenmiştir, fakat bu deney sonucunda sıvı ürün oda sıcaklığında sıvı yapısını koruyamayarak mumsu bir yapı almıştır. Elde edilen ürün 40 °C'ye ısıtıldığında sıvı yapısını koruduğu gözlemlenmiştir (Tablo 2) (Şekil 26).



Şekil 26. Deney 1, 2, 3, 4, 5 sonucunda elde edilen katı kalıntı, sıvı ve gaz ürünlerin yüzde olarak karşılaştırılması

Deney 6 sonucunda sıvı ürün oranı % 65 olarak belirlenirken yapılan bu deney sonucunda kalıntı katı ürün olmadığı gözlemlenmiştir. Deney 7 sonucunda sıvı ürün oranı % 71 olarak belirlenirken kalıntı katı ürün oranı % 24 olarak belirlenmiştir. Deney 8 sonucunda sıvı ürün oranı % 63 olarak belirlenirken kalıntı katı ürün oranı % 13 olarak belirlenmiştir. Deney 9 sonucunda sıvı ürün oranı % 93 olarak belirlenirken yapılan bu deney sonucunda kalıntı katı ürün olmadığı gözlemlenmiştir. Deney 10 sonucunda sıvı

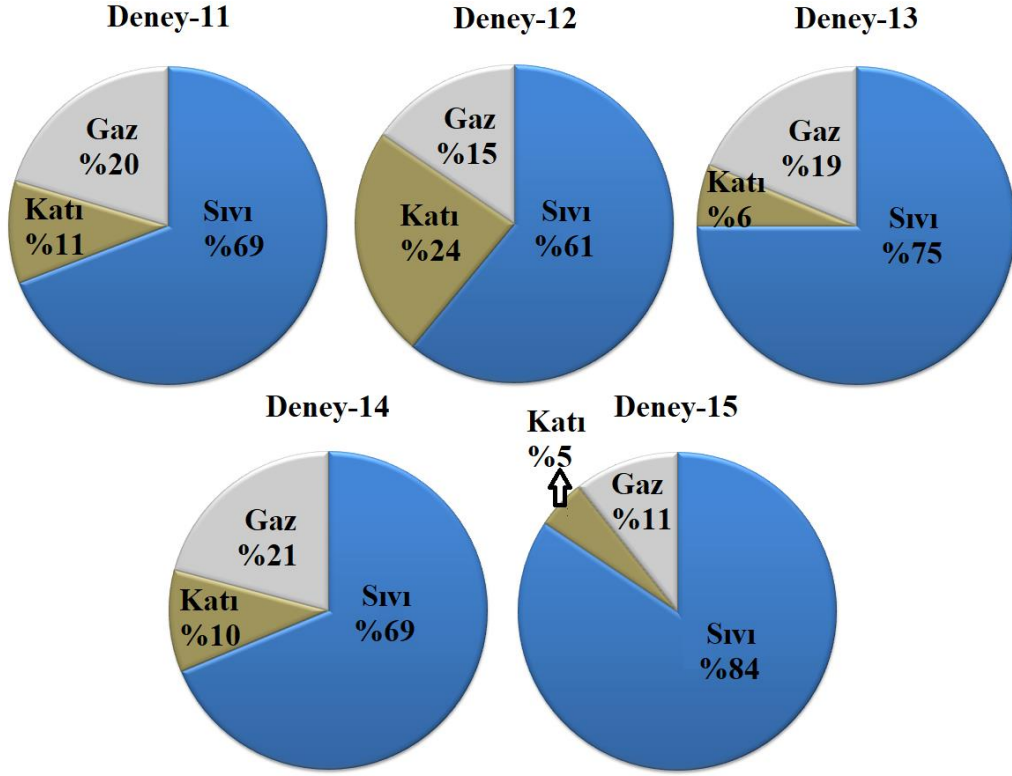
ürün oranı % 75 olarak belirlenirken, kalıntı katı ürün oranı % 17 olarak belirlenmiştir (Şekil 27).



Şekil 27. Deney 6, 7, 8, 9, 10 sonucunda elde edilen katı kalıntı, sıvı ve gaz ürünlerin yüzde olarak karşılaştırılması

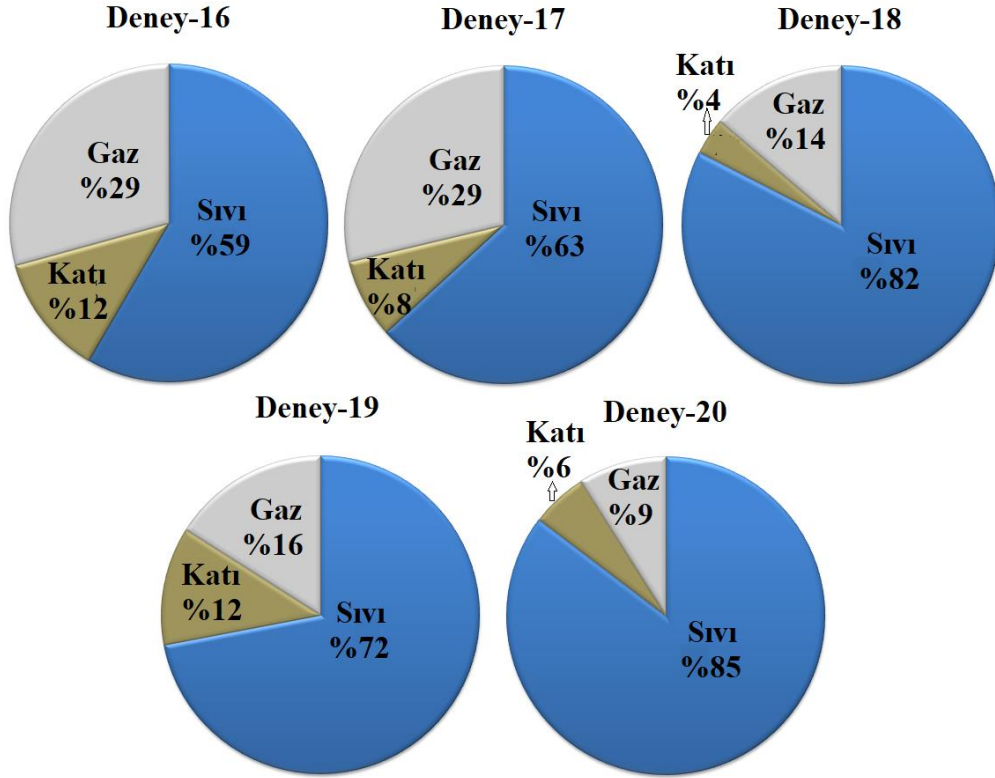
Deney 11 sonucunda sıvı ürün oranı % 69 olarak belirlenirken kalıntı katı ürün oranı % 11 olarak belirlenmiştir. Deney 12 sonucunda sıvı ürün oranı % 61 olarak belirlenirken kalıntı katı ürün oranı % 24 olarak belirlenmiştir. Deney 13 sonucunda sıvı ürün oranı % 75 olarak belirlenirken kalıntı katı ürün oranı % 6 olarak belirlenmiştir. Deney 14 sonucunda sıvı ürün oranı % 69 olarak belirlenirken kalıntı katı ürün oranı % 10 olarak belirlenmiştir. Deney 15 sonucunda sıvı ürün oranı % 84 olarak belirlenirken kalıntı katı ürün oranı % 5 olarak belirlenmiştir (Şekil 28).





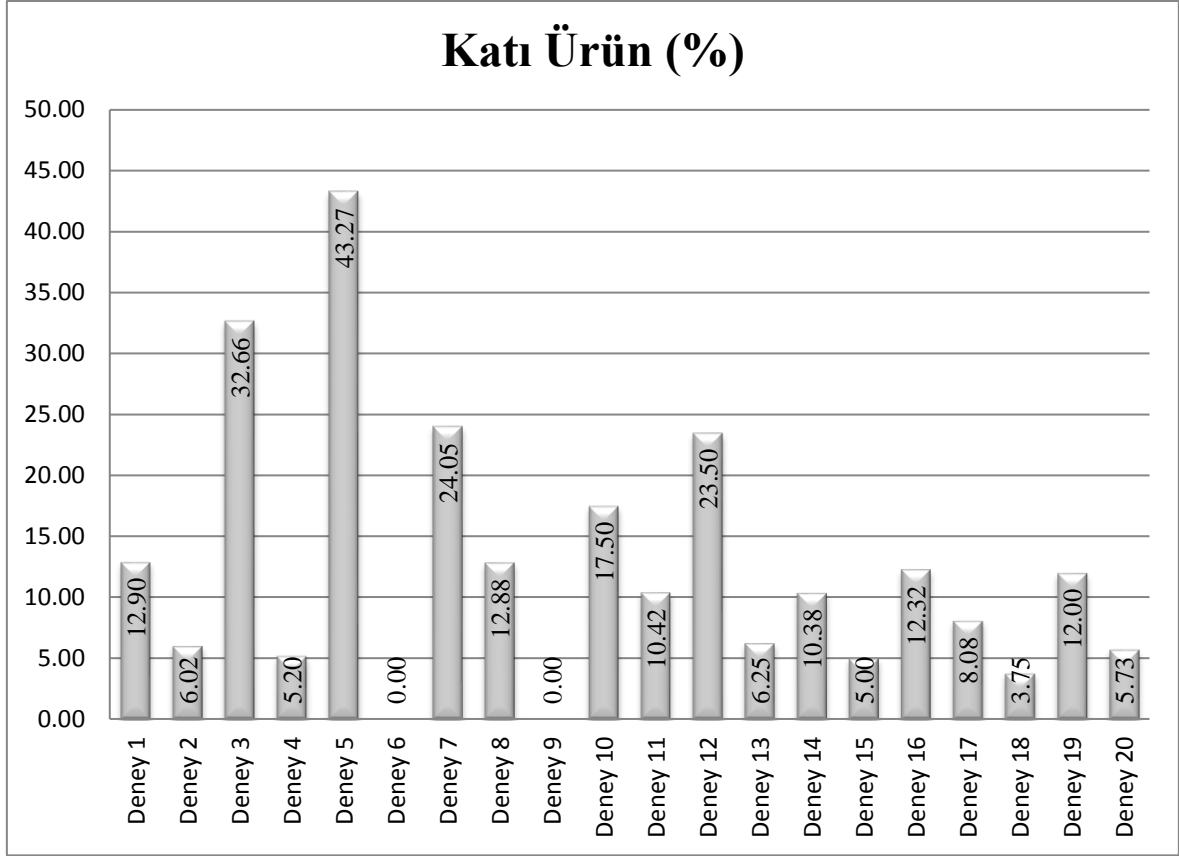
Şekil 28. Deney 11, 12, 13, 14, 15 sonucunda elde edilen katı kalıntı, sıvı ve gaz ürünlerin yüzde olarak karşılaştırılması

Deney 16 sonucunda sıvı ürün oranı % 59 olarak belirlenirken kalıntı katı ürün oranı % 12 olarak belirlenmiştir. Deney 17 sonucunda sıvı ürün oranı % 63 olarak belirlenirken kalıntı katı ürün oranı % 8 olarak belirlenmiştir. Deney 18 sonucunda sıvı ürün oranı % 82 olarak belirlenirken kalıntı katı ürün oranı % 4 olarak belirlenmiştir. Deney 19 sonucunda sıvı ürün oranı % 72 olarak belirlenirken kalıntı katı ürün oranı % 12 olarak belirlenmiştir. Deney 20 sonucunda sıvı ürün oranı % 85 olarak belirlenirken kalıntı katı ürün oranı % 6 olarak belirlenmiştir (Şekil 29).



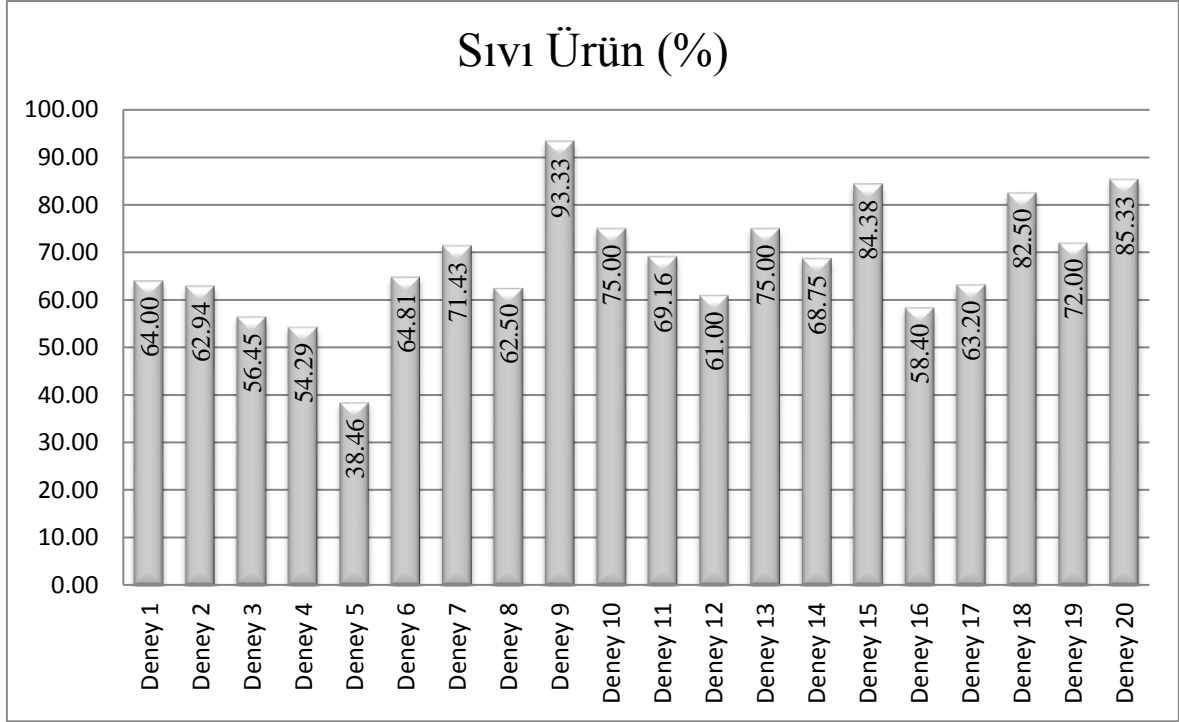
Şekil 29. Deney 16, 17, 18, 19, 20 sonucunda elde edilen katı kalıntı, sıvı ve gaz ürünlerin yüzde olarak karşılaştırılması

Çalışmada yapılan deneylerde elde edilen kalıntı katı ürünlerin kendi aralarında değer karşılaştırmaları yapılmış ve bu karşılaştırma grafiklerine göre en yüksek katı oranı Deney 5’de ve en düşük katı oranı Deney 6 ve Deney 9’da gözlemlenmiştir. Deney 6 ve 9’da sistemde katı kalıntı kalmamıştır. Deney 3 ve Deney 5’de daha yüksek oranlarda katı kalıntı gözlemlenmesinin nedeni katılan katkı maddelerinin görevlerini yerine getirmemesi olarak gözlemlenmiştir. Daha sonra yapılan deneylerde MCS23 katkı maddesi oranı artırılarak Deney 6 ve sonrasında yapılan denemelerde daha iyi ve doğru sonuçlara ulaşılmıştır. Katı kalıntı oranları gözle görülebilir bir şekilde düşmüş ve daha yüksek sıvı ürün yüzdelerine ulaşılmıştır. Gözlemlenen katı oranları reaktöre konulan katkı maddeleri ağırlıkları çıkarılarak hesaplanmıştır (Şekil 30).



Şekil 30. Yapılan deneylere göre katı ürün karşılaştırması

Çalışmada yapılan deneylerde en önemli parametre olarak görünen sıvı ürün eldesi için bütün deneyler kendi aralarında karşılaştırılmış buna bağlı olarak en yüksek sıvı ürün oranı Deney 9’da ve en düşük sıvı ürün oranı Deney 5’de gözlemlenmektedir (Şekil 31). Yapılan deneyler sonucunda Deney 1, Deney 3 ve Deney 5’de gözlemlenen sıvı ürünler elde edildikten bir süre sonra sıcaklık değerlerinin düşmesi ile birlikte jelleşmeye başlamışlardır.



Şekil 31. Yapılan deneylere göre sıvı ürün karşılaştırması

### 3.2. Üretilen Sıvı Ürünlerin Kimyasal Özelliklerinin İncelenmesi

Yapılan deneylerde elde edilen sıvı yakıt ürünlerinin kimyasal analizleri Karadeniz Teknik Üniversitesi Prof. Dr. Saadettin Güner Yakıt Uygulama ve Araştırma Merkezi'nde (KTÜ-YUAM) , Türk Standartları (TS), Avrupa Standartları (EN) ve Uluslararası Standart Organizasyonu'nun (ISO) belirlemiş olduğu deney yöntemlerine uygun olarak yaptırılmıştır.

Yapılan çalışmada Deney 1, 3 ve 5'te üretilen örneklerden alınan sıvı numuneler bir süre sonra jelleştikleri için kimyasal analizleri yaptırılmamıştır. Elde edilen diğer örneklerin kimyasal analiz sonuçları aşağıda sırasıyla verilmektedir.

Deney 2'den elde edilen JLJ-2 kodlu örneğin TS, EN ve ISO standartlarına göre yaptırılan sıvı yakıt kimyasal analizleri sonucunda sıvı yakıtın yoğunluğu  $783,70 \text{ kg/m}^3$ , viskozitesi  $2,794 \text{ mm}^2/\text{s}$ , parlama noktası  $40,0 \text{ }^\circ\text{C}$ 'den küçük, akma noktası  $-6 \text{ }^\circ\text{C}$ , su içeriği  $0,1 \text{ } \%(m/m)$ 'den küçük, kül içeriği  $0,002 \text{ } \%(m/m)$ , ve yanma ısısı üst ısıl değeri  $46.500 \text{ J/g}$  olarak belirlenmiştir (Tablo 3).

Tablo 3. Deney 2'den elde edilen numunenin önemli yakıt özellikleri

<b>Numune No: JLJ-2</b>					
<b>Özellik</b>	<b>Özellik Kodu</b>	<b>Birim</b>	<b>Ölçüm Değeri</b>	<b>Standartlara Göre Olması Gereken Ölçüm Değerleri</b>	<b>Deney Yöntemi</b>
Yoğunluk 15 °C	100	kg/m <sup>3</sup>	783,7	>820	TS EN ISO 12185
Viskozite 40 °C	110	mm <sup>2</sup> /s	2,794	2 - 4,5	TS 1451 EN ISO 3104
Parlama Noktası	200	°C	<40,0*	>55	TS EN ISO 2719
Akma Noktası	220	°C	-6	-	TS 1233 ISO 3016
Su	500	%(m/m)	<0,1	<0,2	TS 6147 EN ISO 12937
Kül	510	%(m/m)	0,002	<0,01	TS EN ISO 6245
Yanma Isısı (Üst Isıl Değer)	920	J/g	46500	>35000	DIN 51900-2

Çalışmada Deney 2'den elde edilen JLJ-2 kodlu örneğin yakıt analizleri incelendiğinde; Yoğunluk, 783,7 kg/m<sup>3</sup> olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 820-845 kg/m<sup>3</sup> değer aralığının altında kalmıştır. Viskozite, 2,794 mm<sup>2</sup>/s olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 2-4,5 mm<sup>2</sup>/s değer aralığının içinde olarak belirlenmiştir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından kullanılabilir bir oran olarak gözlemlenmektedir. Parlama noktası, <40 °C olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 55> °C değer aralığının altında kalmıştır. Akma noktası, -6 °C olarak belirlenmiş bu değere bağlı olarak TS EN ISO standartları gereğinde bu örnek numunenin akıcılığını kaybettiği en düşük sıcaklık -6 °C olarak görülmektedir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından kış ve yaz aylarında kullanılabilir bir oran olarak gözlemlenmektedir. Su içeriği, 0,1 %(m/m)'den daha küçük olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan <0,2 %(m/m) değer aralığının altında kalmıştır. Bu yüzden örnek numunenin su içeriği oldukça az olarak belirlenmiştir. Bu değer yakıt özellikleri açısından kullanılabilir bir değer olarak gözlemlenmektedir. Kül içeriği, 0,002 %(m/m) olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan <0,01 %(m/m) değer aralığının altında kalmıştır. Bu yüzden örnek numunenin kül içeriği oldukça az olarak belirlenmiştir. Bu değer yakıt özellikleri açısından kullanılabilir bir değer olarak gözlemlenmektedir. Yanma ısı (üst ısıl değer), 46.500 J/g olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 35.000> J/g değer aralığının çok üstünde kalmıştır. Bu yüzden örnek numunenin yanma ısı oldukça iyi olarak

belirlenmiştir. Çalışma kimyasal özellikleri açısından irdelendiğinde JLJ-2 no'lu örneğin yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde özellikle parlama noktasının ve yoğunluğunun düşük olması nedeniyle iyileştirme yapılmadan kullanılma ihtimalinin olmadığı belirlenmiştir (Tablo 3).

Deney 4'den elde edilen JLJ-4 kodlu örneğin TS, EN ve ISO standartlarına göre yaptırılan sıvı yakıt kimyasal analizleri sonucunda sıvı yakıtın yoğunluğu 782,0 kg/m<sup>3</sup>, viskozitesi 1,864 mm<sup>2</sup>/s, parlama noktası 40,0 °C'den küçük, akma noktası +15 °C, kül içeriği 0,005 %(m/m), ve yanma ısısı üst ısıl değeri 45.710 J/g olarak belirlenmiştir (Tablo 4).

Tablo 4. Deney 4'den elde edilen numunenin önemli yakıt özellikleri

<b>Numune No: JLJ-4</b>					
<b>Özellik</b>	<b>Özellik Kodu</b>	<b>Birim</b>	<b>Ölçüm Değeri</b>	<b>Standartlara Göre Olması Gereken Ölçüm Değerleri</b>	<b>Deney Yöntemi</b>
Yoğunluk 15 °C	100	kg/m <sup>3</sup>	782,0	>820	TS EN ISO 12185
Viskozite 40 °C	110	mm <sup>2</sup> /s	1,864	2 - 4,5	TS 1451 EN ISO 3104
Parlama Noktası	200	°C	<40,0*	>55	TS EN ISO 2719
Akma Noktası	220	°C	+15	-	TS 1233 ISO 3016
Kül	510	%(m/m)	0,005	<0,01	TS EN ISO 6245
Yanma Isısı (Üst Isıl Değer)	920	J/g	45710	>35000	DIN 51900-2

Yapılan bu çalışmada Deney 4'den elde edilen JLJ-4 kodlu örneğin yakıt analizleri incelendiğinde; Yoğunluk, 782,0 kg/m<sup>3</sup> olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 820-845 kg/m<sup>3</sup> değer aralığının altında kalmıştır. Viskozite, 1,864 mm<sup>2</sup>/s olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 2-4,5 mm<sup>2</sup>/s değer aralığının altında olarak belirlenmiştir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından kullanılabilir bir oran olarak gözlemlenmemektedir. Parlama noktası, <40 °C olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 55> °C değer aralığının altında kalmıştır. Akma noktası, +15 °C olarak belirlenmiş bu değere bağlı olarak TS EN ISO standartları gereğinde bu numunenin akıcılığını kaybettiği en düşük sıcaklık +15 °C olarak görülmektedir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından kullanılabilir bir oran olarak gözlemlenmemektedir. Kül içeriği, 0,005 %(m/m) olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan <0,01 %(m/m) değer aralığının altında

kalmıştır. Bu yüzden örnek numunenin kül içeriği oldukça az olarak belirlenmiştir. Bu değer yakıt özellikleri açısından kullanılabilir bir değer olarak gözlemlenmektedir. Yanma ısısı (üst ısıl değer), 45.710 J/g olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 35.000> J/g değer aralığının çok üstünde kalmıştır. Bu yüzden numunenin yanma ısısı oldukça iyi olarak belirlenmiştir (Tablo 4).

Deney 6'dan elde edilen JLJ-6 kodlu örneğin TS, EN ve ISO standartlarına göre yaptırılan sıvı yakıt kimyasal analizleri sonucunda sıvı yakıtın yoğunluğu 769,4 kg/m<sup>3</sup>, viskozitesi 1,292 mm<sup>2</sup>/s, parlama noktası 40,0 °C'den küçük, akma noktası 0 °C, su içeriği 0,1 %(m/m)'den küçük, kül içeriği 0,002 %(m/m), ve yanma ısısı üst ısıl değeri 44.900 J/g olarak belirlenmiştir (Tablo 5).

Tablo 5. Deney 6'dan elde edilen numunenin önemli yakıt özellikleri

<b>Numune No: JLJ-6</b>					
<b>Özellik</b>	<b>Özellik Kodu</b>	<b>Birim</b>	<b>Ölçüm Değeri</b>	<b>Standartlara Göre Olması Gereken Ölçüm Değerleri</b>	<b>Deney Yöntemi</b>
Yoğunluk 15 °C	100	kg/m <sup>3</sup>	769,4	>820	TS EN ISO 12185
Viskozite 40 °C	110	mm <sup>2</sup> /s	1,292	2 - 4,5	TS 1451 EN ISO 3104
Parlama Noktası	200	°C	<40,0*	>55	TS EN ISO 2719
Akma Noktası	220	°C	0	-	TS 1233 ISO 3016
Su	500	%(m/m)	0,1	<0,2	TS 6147 EN ISO 12937
Kül	510	%(m/m)	0,002	<0,01	TS EN ISO 6245
Yanma Isısı (Üst Isıl Değer)	920	J/g	44900	>35000	DIN 51900-2

Yapılan bu çalışmada Deney 6'dan elde edilen JLJ-6 kodlu örneğin yakıt analizleri incelendiğinde; Yoğunluk, 769,4 kg/m<sup>3</sup> olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 820-8450 kg/m<sup>3</sup> değer aralığının altında kalmıştır. Viskozite, 1,292 mm<sup>2</sup>/s olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 2-4,5 mm<sup>2</sup>/s değer aralığının altında olarak belirlenmiştir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından kullanılabilir bir oran olarak gözlemlenmemektedir. Parlama noktası, <40 °C olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 55> °C değer aralığının altında kalmıştır. Akma noktası, 0 °C olarak belirlenmiş bu değere bağlı olarak TS EN ISO standartları gereğinde bu örnek numunenin akıcılığını kaybettiği en düşük sıcaklık 0 °C olarak görülmektedir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından yaz aylarında kullanılabilir bir

oran olarak gözlemlenmektedir. Su içeriği, 0,1 %(m/m) olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan <0,2 %(m/m) değer aralığının altında kalmıştır. Bu yüzden örnek numunenin su içeriği oldukça az olarak belirlenmiştir. Bu değer yakıt özellikleri açısından kullanılabilir bir değer olarak gözlemlenmektedir. Kül içeriği, 0,002 %(m/m) olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan <0,01 %(m/m) değer aralığının altında kalmıştır. Bu yüzden örnek numunenin kül içeriği oldukça az olarak belirlenmiştir. Bu değer yakıt özellikleri açısından kullanılabilir bir değer olarak gözlemlenmektedir. Yanma ısı (üst ısıl değer), 44.900 J/g olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 35.000> J/g değer aralığının çok üstünde kalmıştır. Bu yüzden numunenin yanma ısı oldukça iyi olarak belirlenmiştir (Tablo 5).

Deney 7'den elde edilen JLJ-7 kodlu örneğin TS, EN ve ISO standartlarına göre yaptırılan sıvı yakıt kimyasal analizleri sonucunda sıvı yakıtın yoğunluğu 787,4 kg/m<sup>3</sup>, viskozitesi 2,159 mm<sup>2</sup>/s, parlama noktası 40,0 °C'den küçük, akma noktası +6 °C, su içeriği 0,15 %(m/m), kül içeriği 0,001 %(m/m), ve yanma ısı üst ısıl değeri 45.890 J/g olarak belirlenmiştir (Tablo 6).

Tablo 6. Deney 7'den elde edilen numunenin önemli yakıt özellikleri

<b>Numune No: JLJ-7</b>					
<b>Özellik</b>	<b>Özellik Kodu</b>	<b>Birim</b>	<b>Ölçüm Değeri</b>	<b>Standartlara Göre Olması Gereken Ölçüm Değerleri</b>	<b>Deney Yöntemi</b>
Yoğunluk 15 °C	100	kg/m <sup>3</sup>	787,4	>820	TS EN ISO 12185
Viskozite 40 °C	110	mm <sup>2</sup> /s	2,159	2 - 4,5	TS 1451 EN ISO 3104
Parlama Noktası	200	°C	<40,0*	>55	TS EN ISO 2719
Akma Noktası	220	°C	+6	-	TS 1233 ISO 3016
Su	500	%(m/m)	0,15	<0,2	TS 6147 EN ISO 12937
Kül	510	%(m/m)	0,001	<0,01	TS EN ISO 6245
Yanma Isısı (Üst Isıl Değer)	920	J/g	45890	>35000	DIN 51900-2

Deney 7'den elde edilen JLJ-7 kodlu örneğin yakıt analizleri incelendiğinde; Yoğunluk, 787,4 kg/m<sup>3</sup> olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 820-845 kg/m<sup>3</sup> değer aralığının altında kalmıştır. Viskozite, 2,159 mm<sup>2</sup>/s olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 2-4,5 mm<sup>2</sup>/s değer aralığının içerisinde belirlenmiştir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından kullanılabilir bir oran olarak gözlemlenmektedir. Parlama



noktası, <40 °C olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 55> °C değer aralığının altında kalmıştır. Akma noktası, +6 °C olarak belirlenmiş bu değere bağlı olarak TS EN ISO standartları gereğinde bu numunenin akıcılığını kaybettiği en düşük sıcaklık +6 °C olarak görülmektedir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından yaz aylarında kullanılabilir bir oran olarak gözlemlenmektedir. Su içeriği, 0,15 %(m/m) olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan <0,2 %(m/m) değer aralığının altında kalmıştır. Bu yüzden numunenin su içeriği oldukça az olarak belirlenmiştir. Bu değer yakıt özellikleri açısından kullanılabilir bir değer olarak gözlemlenmektedir. Kül içeriği, 0,001 %(m/m) olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan <0,01 %(m/m) değer aralığının altında kalmıştır. Bu yüzden örnek numunenin kül içeriği oldukça az olarak belirlenmiştir. Bu değer yakıt özellikleri açısından kullanılabilir bir değer olarak gözlemlenmektedir. Yanma ısı (üst ısıl değer), 45.890 J/g olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 35.000> J/g değer aralığının çok üstünde kalmıştır. Bu yüzden örnek numunenin yanma ısı oldukça iyi olarak belirlenmiştir (Tablo 6).

Deney 8'den elde edilen JLJ-8 kodlu örneğin TS, EN ve ISO standartlarına göre yaptırılan sıvı yakıt kimyasal analizleri sonucunda sıvı yakıtın yoğunluğu 769,9 kg/m<sup>3</sup>, viskozitesi 1,199 mm<sup>2</sup>/s, parlama noktası 40,0 °C'den küçük, akma noktası 0 °C, kül içeriği 0,001 %(m/m), ve yanma ısı üst ısıl değeri 44.940 J/g olarak belirlenmiştir (Tablo 7).

Tablo 7. Deney 8'den elde edilen numunenin önemli yakıt özellikleri

<b>Numune No: JLJ-8</b>					
<b>Özellik</b>	<b>Özellik Kodu</b>	<b>Birim</b>	<b>Ölçüm Değeri</b>	<b>Standartlara Göre Olması Gereken Ölçüm Değerleri</b>	<b>Deney Yöntemi</b>
Yoğunluk 15 °C	100	kg/m <sup>3</sup>	769,9	>820	TS EN ISO 12185
Viskozite 40 °C	110	mm <sup>2</sup> /s	1,199	2 - 4,5	TS 1451 EN ISO 3104
Parlama Noktası	200	°C	<40,0*	>55	TS EN ISO 2719
Akma Noktası	220	°C	0	-	TS 1233 ISO 3016
Kül	510	%(m/m)	0,001	<0,01	TS EN ISO 6245
Yanma Isısı (Üst Isıl Değer)	920	J/g	44940	>35000	DIN 51900-2

Deney 8'den elde edilen JLJ-8 kodlu numunenin yakıt analizleri incelendiğinde; Yoğunluk, 769,9 kg/m<sup>3</sup> olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 820-845 kg/m<sup>3</sup> değer aralığının altında kalmıştır. Viskozite, 1,199 mm<sup>2</sup>/s olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 2-4,5 mm<sup>2</sup>/s değer aralığının altında olarak belirlenmiştir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından kullanılabilir bir oran olarak gözlemlenmemektedir. Parlama noktası, <40 °C olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 55> °C değer aralığının altında kalmıştır. Akma noktası, 0 °C olarak belirlenmiş bu değere bağlı olarak TS EN ISO standartları gereğinde bu numunenin akıcılığını kaybettiği en düşük sıcaklık 0 °C olarak görülmektedir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından kullanılabilir bir oran olarak gözlemlenmektedir. Kül içeriği, 0,001 %(m/m) olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan <0,01 %(m/m) değer aralığının altında kalmıştır. Bu yüzden numunenin kül içeriği oldukça az olarak belirlenmiştir. Bu değer yakıt özellikleri açısından kullanılabilir bir değer olarak gözlemlenmektedir. Yanma ısısı (üst ısıl değer), 44.940 J/g olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 35.000> J/g değer aralığının çok üstünde kalmıştır. Bu yüzden numunenin yanma ısısı oldukça iyi olarak belirlenmiştir (Tablo 7).

Deney 9'dan elde edilen JLJ-9 kodlu örneğin TS, EN ve ISO standartlarına göre yaptırılan sıvı yakıt kimyasal analizleri sonucunda sıvı yakıtın yoğunluğu 771,1 kg/m<sup>3</sup>, viskozitesi 1,223 mm<sup>2</sup>/s, parlama noktası 40,0 °C'den küçük, akma noktası -3 °C, kül içeriği 0,001 %(m/m), ve yanma ısısı üst ısıl değeri 45.370 J/g olarak belirlenmiştir (Tablo 8).

Tablo 8. Deney 9'dan elde edilen numunenin önemli yakıt özellikleri

<b>Numune No: JLJ-9</b>					
<b>Özellik</b>	<b>Özellik Kodu</b>	<b>Birim</b>	<b>Ölçüm Değeri</b>	<b>Standartlara Göre Olması Gereken Ölçüm Değerleri</b>	<b>Deney Yöntemi</b>
Yoğunluk 15 °C	100	kg/m <sup>3</sup>	771,1	>820	TS EN ISO 12185
Viskozite 40 °C	110	mm <sup>2</sup> /s	1,223	2 - 4,5	TS 1451 EN ISO 3104
Parlama Noktası	200	°C	<40,0*	>55	TS EN ISO 2719
Akma Noktası	220	°C	-3	-	TS 1233 ISO 3016
Kül	510	%(m/m)	0,001	<0,01	TS EN ISO 6245
Yanma Isısı (Üst Isıl Değer)	920	J/g	45370	>35000	DIN 51900-2

Deney 9'dan elde edilen JLJ-9 kodlu numunenin yakıt analizleri incelendiğinde; Yoğunluk, 771,1 kg/m<sup>3</sup> olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 820-845 kg/m<sup>3</sup> değer aralığının altında kalmıştır. Viskozite, 1,223 mm<sup>2</sup>/s olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 2-4,5 mm<sup>2</sup>/s değer aralığının altında olarak belirlenmiştir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından kullanılabilir bir oran olarak gözlemlenmemektedir. Parlama noktası, <40 °C olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 55> °C değer aralığının altında kalmıştır. Akma noktası, -3 °C olarak belirlenmiş bu değere bağlı olarak TS EN ISO standartları gereğinde bu örnek numunenin akıcılığını kaybettiği en düşük sıcaklık -3 °C olarak görülmektedir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından yaz ve kış aylarında kullanılabilir bir oran olarak gözlemlenmektedir. Kül içeriği, 0,001 %(m/m) olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan <0,01 %(m/m) değer aralığının altında kalmıştır. Bu yüzden numunenin kül içeriği oldukça az olarak belirlenmiştir. Bu değer yakıt özellikleri açısından kullanılabilir bir değer olarak gözlemlenmektedir. Yanma ısı (üst ısıl değer), 45.370 J/g olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 35.000> J/g değer aralığının çok üstünde kalmıştır. Bu yüzden örnek numunenin yanma ısı oldukça iyi olarak belirlenmiştir (Tablo 8).

Deney 10'dan elde edilen JLJ-10 kodlu örneğin TS, EN ve ISO standartlarına göre yaptırılan sıvı yakıt kimyasal analizleri sonucunda sıvı yakıtın yoğunluğu 793,1 kg/m<sup>3</sup>, viskozitesi 2,075 mm<sup>2</sup>/s, parlama noktası 40,0 °C'den küçük, akma noktası +12 °C, kül içeriği 0,001 %(m/m), ve yanma ısı üst ısıl değeri 45.690 J/g olarak belirlenmiştir (Tablo 9).

Tablo 9. Deney 10'dan elde edilen numunenin önemli yakıt özellikleri

<b>Numune No: JLJ-10</b>					
<b>Özellik</b>	<b>Özellik Kodu</b>	<b>Birim</b>	<b>Ölçüm Değeri</b>	<b>Standartlara Göre Olması Gereken Ölçüm Değerleri</b>	<b>Deney Yöntemi</b>
Yoğunluk 15 °C	100	kg/m <sup>3</sup>	793,1	>820	TS EN ISO 12185
Viskozite 40 °C	110	mm <sup>2</sup> /s	2,075	2 - 4,5	TS 1451 EN ISO 3104
Parlama Noktası	200	°C	<40,0*	>55	TS EN ISO 2719
Akma Noktası	220	°C	+12	-	TS 1233 ISO 3016
Kül	510	%(m/m)	0,001	<0,01	TS EN ISO 6245
Yanma Isısı (Üst Isıl Değer)	920	J/g	45690	>35000	DIN 51900-2

Deney 10'dan elde edilen JLJ-10 kodlu numunenin yakıt analizleri incelendiğinde; Yoğunluk,  $793,1 \text{ kg/m}^3$  olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan  $820-845 \text{ kg/m}^3$  değer aralığının altında kalmıştır. Viskozite,  $2,075 \text{ mm}^2/\text{s}$  olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan  $2-4,5 \text{ mm}^2/\text{s}$  değer aralığının içerisinde olarak belirlenmiştir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından kullanılabilir bir oran olarak gözlemlenmektedir. Parlama noktası,  $<40 \text{ }^\circ\text{C}$  olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan  $55 > \text{ }^\circ\text{C}$  değer aralığının altında kalmıştır. Akma noktası,  $+12 \text{ }^\circ\text{C}$  olarak belirlenmiş bu değere bağlı olarak TS EN ISO standartları gereğinde bu numunenin akıcılığını kaybettiği en düşük sıcaklık  $+12 \text{ }^\circ\text{C}$  olarak görülmektedir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından kullanılabilir bir oran olarak gözlemlenmemektedir. Kül içeriği,  $0,001 \text{ \% (m/m)}$  olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan  $<0,01 \text{ \% (m/m)}$  değer aralığının altında kalmıştır. Bu yüzden numunenin kül içeriği oldukça az olarak belirlenmiştir. Bu değer yakıt özellikleri açısından kullanılabilir bir değer olarak gözlemlenmektedir. Yanma ısı (üst ısıl değer),  $45.690 \text{ J/g}$  olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan  $35.000 > \text{ J/g}$  değer aralığının çok üstünde kalmıştır. Bu yüzden örnek numunenin yanma ısı oldukça iyi olarak belirlenmiştir (Tablo 9).

Deney 11'dan elde edilen JLJ-11 kodlu örneğin TS, EN ve ISO standartlarına göre yaptırılan sıvı yakıt kimyasal analizleri sonucunda sıvı yakıtın yoğunluğu  $793,0 \text{ kg/m}^3$ , viskozitesi  $2,077 \text{ mm}^2/\text{s}$ , parlama noktası  $40,0 \text{ }^\circ\text{C}$ 'den küçük, akma noktası  $+9 \text{ }^\circ\text{C}$ , kül içeriği  $0,003 \text{ \% (m/m)}$ , ve yanma ısı üst ısıl değeri  $45.530 \text{ J/g}$  olarak belirlenmiştir (Tablo 10).

Tablo 10. Deney 11'den elde edilen numunenin önemli yakıt özellikleri

<b>Numune No: JLJ-11</b>					
<b>Özellik</b>	<b>Özellik Kodu</b>	<b>Birim</b>	<b>Ölçüm Değeri</b>	<b>Standartlara Göre Olması Gereken Ölçüm Değerleri</b>	<b>Deney Yöntemi</b>
Yoğunluk 15 °C	100	kg/m <sup>3</sup>	793,0	>820	TS EN ISO 12185
Viskozite 40 °C	110	mm <sup>2</sup> /s	2,077	2 - 4,5	TS 1451 EN ISO 3104
Parlama Noktası	200	°C	<40,0*	>55	TS EN ISO 2719
Akma Noktası	220	°C	+9	-	TS 1233 ISO 3016
Kül	510	%(m/m)	0,003	<0,01	TS EN ISO 6245
Yanma Isısı (Üst Isıl Değer)	920	J/g	45530	>35000	DIN 51900-2

Deney 11'den elde edilen JLJ-11 kodlu numunenin yakıt analizleri incelendiğinde; Yoğunluk, 793,0 kg/m<sup>3</sup> olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 820-845 kg/m<sup>3</sup> değer aralığının altında kalmıştır. Viskozite, 2,077 mm<sup>2</sup>/s olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 2-4,5 mm<sup>2</sup>/s değer aralığının içerisinde olarak belirlenmiştir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından kullanılabilir bir oran olarak gözlemlenmektedir. Parlama noktası, <40 °C olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 55> °C değer aralığının altında kalmıştır. Akma noktası, +9 °C olarak belirlenmiş bu değere bağlı olarak TS EN ISO standartları gereğinde bu numunenin akıcılığını kaybettiği en düşük sıcaklık +9 °C olarak görülmektedir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından kullanılabilir bir oran olarak gözlemlenmemektedir. Kül içeriği, 0,003 %(m/m) olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan <0,01 %(m/m) değer aralığının altında kalmıştır. Bu yüzden numunenin kül içeriği oldukça az olarak belirlenmiştir. Bu değer yakıt özellikleri açısından kullanılabilir bir değer olarak gözlemlenmektedir. Yanma ısı (üst ısıl değer), 45.530 J/g olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 35.000> J/g değer aralığının çok üstünde kalmıştır. Bu yüzden örnek numunenin yanma ısı oldukça iyi olarak belirlenmiştir (Tablo 10).

Deney 12'den elde edilen JLJ-12 kodlu örneğin TS, EN ve ISO standartlarına göre yaptırılan sıvı yakıt kimyasal analizleri sonucunda sıvı yakıtın yoğunluğu 797,8 kg/m<sup>3</sup>, viskozitesi 2,265 mm<sup>2</sup>/s, parlama noktası 40,0 °C'den küçük, akma noktası +12 °C, kül içeriği 0,004 %(m/m), ve yanma ısı üst ısıl değeri 45.770 J/g olarak belirlenmiştir (Tablo 11).

Tablo 11. Deney 12'den elde edilen numunenin önemli yakıt özellikleri

<b>Numune No: JLJ-12</b>					
<b>Özellik</b>	<b>Özellik Kodu</b>	<b>Birim</b>	<b>Ölçüm Değeri</b>	<b>Standartlara Göre Olması Gereken Ölçüm Değerleri</b>	<b>Deney Yöntemi</b>
Yoğunluk 15 °C	100	kg/m <sup>3</sup>	797,8	>820	TS EN ISO 12185
Viskozite 40 °C	110	mm <sup>2</sup> /s	2,265	2 - 4,5	TS 1451 EN ISO 3104
Parlama Noktası	200	°C	<40,0*	>55	TS EN ISO 2719
Akma Noktası	220	°C	+12	-	TS 1233 ISO 3016
Kül	510	%(m/m)	0,004	<0,01	TS EN ISO 6245
Yanma Isısı (Üst Isıl Değer)	920	J/g	45770	>35000	DIN 51900-2

Deney 12'den elde edilen JLJ-12 kodlu numunenin yakıt analizleri incelendiğinde; Yoğunluk, 797,8 kg/m<sup>3</sup> olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 820-845 kg/m<sup>3</sup> değer aralığının altında kalmıştır. Viskozite, 2,265 mm<sup>2</sup>/s olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 2-4,5 mm<sup>2</sup>/s değer aralığının içerisinde olarak belirlenmiştir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından kullanılabilir bir oran olarak gözlemlenmektedir. Parlama noktası, <40 °C olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 55> °C değer aralığının altında kalmıştır. Akma noktası, +12 °C olarak belirlenmiş bu değere bağlı olarak TS EN ISO standartları gereğinde bu numunenin akıcılığını kaybettiği en düşük sıcaklık +12 °C olarak görülmektedir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından kullanılabilir bir oran olarak gözlemlenmemektedir. Kül içeriği, 0,004 %(m/m) olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan <0,01 %(m/m) değer aralığının altında kalmıştır. Bu yüzden numunenin kül içeriği oldukça az olarak belirlenmiştir. Bu değer yakıt özellikleri açısından kullanılabilir bir değer olarak gözlemlenmektedir. Yanma ısısı (üst ısıl değer), 45.770 J/g olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 35.000> J/g değer aralığının çok üstünde kalmıştır. Bu yüzden örnek numunenin yanma ısısı oldukça iyi olarak belirlenmiştir (Tablo 11).

Deney 13'den elde edilen JLJ-13 kodlu örneğin TS, EN ve ISO standartlarına göre yaptırılan sıvı yakıt kimyasal analizleri sonucunda sıvı yakıtın yoğunluğu 793,0 kg/m<sup>3</sup>, viskozitesi 2,315 mm<sup>2</sup>/s, parlama noktası 40,0 °C'den küçük, akma noktası +18 °C, kül içeriği 0,003 %(m/m), ve yanma ısısı üst ısıl değeri 45.940 J/g olarak belirlenmiştir (Tablo 12).

Tablo 12. Deney 13'den elde edilen numunenin önemli yakıt özellikleri

<b>Numune No: JLJ-13</b>					
<b>Özellik</b>	<b>Özellik Kodu</b>	<b>Birim</b>	<b>Ölçüm Değeri</b>	<b>Standartlara Göre Olması Gereken Ölçüm Değerleri</b>	<b>Deney Yöntemi</b>
Yoğunluk 15 °C	100	kg/m <sup>3</sup>	793,0	>820	TS EN ISO 12185
Viskozite 40 °C	110	mm <sup>2</sup> /s	2,315	2 - 4,5	TS 1451 EN ISO 3104
Parlama Noktası	200	°C	<40,0*	>55	TS EN ISO 2719
Akma Noktası	220	°C	+18	-	TS 1233 ISO 3016
Kül	510	%(m/m)	0,003	<0,01	TS EN ISO 6245
Yanma Isısı (Üst Isıl Değer)	920	J/g	45940	>35000	DIN 51900-2

Deney 13'den elde edilen JLJ-13 kodlu numunenin yakıt analizleri incelendiğinde; Yoğunluk, 793,0 kg/m<sup>3</sup> olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 820-845 kg/m<sup>3</sup> değer aralığının altında kalmıştır. Viskozite, 2,315 mm<sup>2</sup>/s olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 2-4,5 mm<sup>2</sup>/s değer aralığının içerisinde olarak belirlenmiştir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından kullanılabilir bir oran olarak gözlemlenmektedir. Parlama noktası, <40 °C olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 55> °C değer aralığının altında kalmıştır. Akma noktası, +18 °C olarak belirlenmiş bu değere bağlı olarak TS EN ISO standartları gereğinde bu numunenin akıcılığını kaybettiği en düşük sıcaklık +18 °C olarak görülmektedir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından kullanılabilir bir oran olarak gözlemlenmemektedir. Kül içeriği, 0,003 %(m/m) olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan <0,01 %(m/m) değer aralığının altında kalmıştır. Bu yüzden numunenin kül içeriği oldukça az olarak belirlenmiştir. Bu değer yakıt özellikleri açısından kullanılabilir bir değer olarak gözlemlenmektedir. Yanma ısısı (üst ısıl değer), 45.940 J/g olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 35.000> J/g değer aralığının çok üstünde kalmıştır. Bu yüzden örnek numunenin yanma ısısı oldukça iyi olarak belirlenmiştir (Tablo 12).

Deney 14'den elde edilen JLJ-14 kodlu örneğin TS, EN ve ISO standartlarına göre yaptırılan sıvı yakıt kimyasal analizleri sonucunda sıvı yakıtın yoğunluğu 793,1 kg/m<sup>3</sup>, viskozitesi 2,063 mm<sup>2</sup>/s, parlama noktası 40,0 °C'den küçük, akma noktası +15 °C, kül içeriği 0,001 %(m/m), ve yanma ısısı üst ısıl değeri 44.920 J/g olarak belirlenmiştir (Tablo 13).

Tablo 13. Deney 14'den elde edilen numunenin önemli yakıt özellikleri

<b>Numune No: JLJ-14</b>					
<b>Özellik</b>	<b>Özellik Kodu</b>	<b>Birim</b>	<b>Ölçüm Değeri</b>	<b>Standartlara Göre Olması Gereken Ölçüm Değerleri</b>	<b>Deney Yöntemi</b>
Yoğunluk 15 °C	100	kg/m <sup>3</sup>	793,1	>820	TS EN ISO 12185
Viskozite 40 °C	110	mm <sup>2</sup> /s	2,063	2 - 4,5	TS 1451 EN ISO 3104
Parlama Noktası	200	°C	<40,0*	>55	TS EN ISO 2719
Akma Noktası	220	°C	+15	-	TS 1233 ISO 3016
Kül	510	%(m/m)	0,001	<0,01	TS EN ISO 6245
Yanma Isısı (Üst Isıl Değer)	920	J/g	44920	>35000	DIN 51900-2

Deney 14'den elde edilen JLJ-14 kodlu numunenin yakıt analizleri incelendiğinde; Yoğunluk, 793,1 kg/m<sup>3</sup> olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 820-845 kg/m<sup>3</sup> değer aralığının altında kalmıştır. Viskozite, 2,063 mm<sup>2</sup>/s olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 2-4,5 mm<sup>2</sup>/s değer aralığının içerisinde olarak belirlenmiştir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından kullanılabilir bir oran olarak gözlemlenmektedir. Parlama noktası, <40 °C olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 55> °C değer aralığının altında kalmıştır. Akma noktası, +15 °C olarak belirlenmiş bu değere bağlı olarak TS EN ISO standartları gereğinde bu numunenin akıcılığını kaybettiği en düşük sıcaklık +15 °C olarak görülmektedir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından kullanılabilir bir oran olarak gözlemlenmemektedir. Kül içeriği, 0,001 %(m/m) olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan <0,01 %(m/m) değer aralığının altında kalmıştır. Bu yüzden numunenin kül içeriği oldukça az olarak belirlenmiştir. Bu değer yakıt özellikleri açısından kullanılabilir bir değer olarak gözlemlenmektedir. Yanma ısısı (üst ısıl değer), 44.920 J/g olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 35.000> J/g değer aralığının çok üstünde kalmıştır. Bu yüzden örnek numunenin yanma ısısı oldukça iyi olarak belirlenmiştir (Tablo 13).

Deney 15'den elde edilen JLJ-15 kodlu örneğin TS, EN ve ISO standartlarına göre yaptırılan sıvı yakıt kimyasal analizleri sonucunda sıvı yakıtın yoğunluğu 779,7 kg/m<sup>3</sup>, viskozitesi 1,538 mm<sup>2</sup>/s, parlama noktası 40,0 °C'den küçük, akma noktası +6 °C, kül içeriği 0,003 %(m/m), ve yanma ısısı üst ısıl değeri 45.200 J/g olarak belirlenmiştir (Tablo 14).



Tablo 14. Deney 15'den elde edilen numunenin önemli yakıt özellikleri

<b>Numune No: JLJ-15</b>					
<b>Özellik</b>	<b>Özellik Kodu</b>	<b>Birim</b>	<b>Ölçüm Değeri</b>	<b>Standartlara Göre Olması Gereken Ölçüm Değerleri</b>	<b>Deney Yöntemi</b>
Yoğunluk 15 °C	100	kg/m <sup>3</sup>	779,7	>820	TS EN ISO 12185
Viskozite 40 °C	110	mm <sup>2</sup> /s	1,538	2 - 4,5	TS 1451 EN ISO 3104
Parlama Noktası	200	°C	<40,0*	>55	TS EN ISO 2719
Akma Noktası	220	°C	+6	-	TS 1233 ISO 3016
Kül	510	%(m/m)	0,003	<0,01	TS EN ISO 6245
Yanma Isısı (Üst Isıl Değer)	920	J/g	45200	>35000	DIN 51900-2

Deney 15'den elde edilen JLJ-15 kodlu numunenin yakıt analizleri incelendiğinde; Yoğunluk, 779,7 kg/m<sup>3</sup> olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 820-845 kg/m<sup>3</sup> değer aralığının altında kalmıştır. Viskozite, 1,538 mm<sup>2</sup>/s olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 2-4,5 mm<sup>2</sup>/s değer aralığının altında olarak belirlenmiştir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından kullanılabilir bir oran olarak gözlemlenmemektedir. Parlama noktası, <40 °C olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 55> °C değer aralığının altında kalmıştır. Akma noktası, +6 °C olarak belirlenmiş bu değere bağlı olarak TS EN ISO standartları gereğinde bu numunenin akıcılığını kaybettiği en düşük sıcaklık +6 °C olarak görülmektedir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından kullanılabilir bir oran olarak gözlemlenmektedir. Kül içeriği, 0,003 %(m/m) olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan <0,01 %(m/m) değer aralığının altında kalmıştır. Bu yüzden numunenin kül içeriği oldukça az olarak belirlenmiştir. Bu değer yakıt özellikleri açısından kullanılabilir bir değer olarak gözlemlenmektedir. Yanma ısı (üst ısıl değer), 45.200 J/g olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 35.000> J/g değer aralığının çok üstünde kalmıştır. Bu yüzden numunenin yanma ısı oldukça iyi olarak belirlenmiştir (Tablo 14).

Deney 16'dan elde edilen JLJ-16 kodlu örneğin TS, EN ve ISO standartlarına göre yaptırılan sıvı yakıt kimyasal analizleri sonucunda sıvı yakıtın yoğunluğu 786,9 kg/m<sup>3</sup>, viskozitesi 2,432 mm<sup>2</sup>/s, parlama noktası 40,0 °C'den küçük, akma noktası +3 °C, kül içeriği 0,002 %(m/m), ve yanma ısı üst ısıl değeri 45.910 J/g olarak belirlenmiştir (Tablo 15).

Tablo 15. Deney 16'dan elde edilen numunenin önemli yakıt özellikleri

<b>Numune No: JLJ-16</b>					
<b>Özellik</b>	<b>Özellik Kodu</b>	<b>Birim</b>	<b>Ölçüm Değeri</b>	<b>Standartlara Göre Olması Gereken Ölçüm Değerleri</b>	<b>Deney Yöntemi</b>
Yoğunluk 15 °C	100	kg/m <sup>3</sup>	786,9	>820	TS EN ISO 12185
Viskozite 40 °C	110	mm <sup>2</sup> /s	2,432	2 - 4,5	TS 1451 EN ISO 3104
Parlama Noktası	200	°C	<40,0*	>55	TS EN ISO 2719
Akma Noktası	220	°C	+3	-	TS 1233 ISO 3016
Kül	510	%(m/m)	0,002	<0,01	TS EN ISO 6245
Yanma Isısı (Üst Isıl Değer)	920	J/g	45910	>35000	DIN 51900-2

Deney 16'dan elde edilen JLJ-16 kodlu numunenin yakıt analizleri incelendiğinde; Yoğunluk, 786,9 kg/m<sup>3</sup> olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 820-845 kg/m<sup>3</sup> değer aralığının altında kalmıştır. Viskozite, 2,432 mm<sup>2</sup>/s olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 2-4,5 mm<sup>2</sup>/s değer aralığının içerisinde olarak belirlenmiştir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından kullanılabilir bir oran olarak gözlemlenmektedir. Parlama noktası, <40 °C olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 55> °C değer aralığının altında kalmıştır. Akma noktası, +3 °C olarak belirlenmiş bu değere bağlı olarak TS EN ISO standartları gereğinde bu numunenin akıcılığını kaybettiği en düşük sıcaklık +3 °C olarak görülmektedir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından kullanılabilir bir oran olarak gözlemlenmektedir. Kül içeriği, 0,002 %(m/m) olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan <0,01 %(m/m) değer aralığının altında kalmıştır. Bu yüzden numunenin kül içeriği oldukça az olarak belirlenmiştir. Bu değer yakıt özellikleri açısından kullanılabilir bir değer olarak gözlemlenmektedir. Yanma ısı (üst ısıl değer), 45.910 J/g olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 35.000> J/g değer aralığının çok üstünde kalmıştır. Bu yüzden numunenin yanma ısı oldukça iyi olarak belirlenmiştir (Tablo 15).

Deney 17'den elde edilen JLJ-17 kodlu örneğin TS, EN ve ISO standartlarına göre yaptırılan sıvı yakıt kimyasal analizleri sonucunda sıvı yakıtın yoğunluğu 780,8 kg/m<sup>3</sup>, viskozitesi 1,576 mm<sup>2</sup>/s, parlama noktası 40,0 °C'den küçük, akma noktası +6 °C, kül içeriği 0,002 %(m/m), ve yanma ısı üst ısıl değeri 45.860 J/g olarak belirlenmiştir (Tablo 16).

Tablo 16. Deney 17'den elde edilen numunenin önemli yakıt özellikleri

<b>Numune No: JLJ-17</b>					
<b>Özellik</b>	<b>Özellik Kodu</b>	<b>Birim</b>	<b>Ölçüm Değeri</b>	<b>Standartlara Göre Olması Gereken Ölçüm Değerleri</b>	<b>Deney Yöntemi</b>
Yoğunluk 15 °C	100	kg/m <sup>3</sup>	780,8	>820	TS EN ISO 12185
Viskozite 40 °C	110	mm <sup>2</sup> /s	1,576	2 - 4,5	TS 1451 EN ISO 3104
Parlama Noktası	200	°C	<40,0*	>55	TS EN ISO 2719
Akma Noktası	220	°C	+6	-	TS 1233 ISO 3016
Kül	510	%(m/m)	0,002	<0,01	TS EN ISO 6245
Yanma Isısı (Üst Isıl Değer)	920	J/g	45860	>35000	DIN 51900-2

Deney 17'den elde edilen JLJ-17 kodlu numunenin yakıt analizleri incelendiğinde; Yoğunluk, 780,8 kg/m<sup>3</sup> olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 820-845 kg/m<sup>3</sup> değer aralığının altında kalmıştır. Viskozite, 1,576 mm<sup>2</sup>/s olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 2-4,5 mm<sup>2</sup>/s değer aralığının altında olarak belirlenmiştir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından kullanılabilir bir oran olarak gözlemlenmemektedir. Parlama noktası, <40 °C olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 55> °C değer aralığının altında kalmıştır. Akma noktası, +6 °C olarak belirlenmiş bu değere bağlı olarak TS EN ISO standartları gereğinde bu örnek numunenin akıcılığını kaybettiği en düşük sıcaklık +6 °C olarak görülmektedir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından kullanılabilir bir oran olarak gözlemlenmektedir. Kül içeriği, 0,002 %(m/m) olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan <0,01 %(m/m) değer aralığının altında kalmıştır. Bu yüzden numunenin kül içeriği oldukça az olarak belirlenmiştir. Bu değer yakıt özellikleri açısından kullanılabilir bir değer olarak gözlemlenmektedir. Yanma ısı (üst ısıl değer), 45.860 J/g olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 35.000> J/g değer aralığının çok üstünde kalmıştır. Bu yüzden numunenin yanma ısı oldukça iyi olarak belirlenmiştir (Tablo 16).

Deney 18'den elde edilen JLJ-18 kodlu örneğin TS, EN ve ISO standartlarına göre yaptırılan sıvı yakıt kimyasal analizleri sonucunda sıvı yakıtın yoğunluğu 773,6 kg/m<sup>3</sup>, viskozitesi 1,588 mm<sup>2</sup>/s, parlama noktası 40,0 °C'den küçük, akma noktası +12 °C, kül içeriği 0,003 %(m/m), ve yanma ısı üst ısıl değeri 46.430 J/g olarak belirlenmiştir (Tablo 17).

Tablo 17. Deney 18'den elde edilen numunenin önemli yakıt özellikleri

<b>Numune No: JLJ-18</b>					
<b>Özellik</b>	<b>Özellik Kodu</b>	<b>Birim</b>	<b>Ölçüm Değeri</b>	<b>Standartlara Göre Olması Gereken Ölçüm Değerleri</b>	<b>Deney Yöntemi</b>
Yoğunluk 15 °C	100	kg/m <sup>3</sup>	773,6	>820	TS EN ISO 12185
Viskozite 40 °C	110	mm <sup>2</sup> /s	1,588	2 - 4,5	TS 1451 EN ISO 3104
Parlama Noktası	200	°C	<40,0*	>55	TS EN ISO 2719
Akma Noktası	220	°C	+12	-	TS 1233 ISO 3016
Kül	510	%(m/m)	0,003	<0,01	TS EN ISO 6245
Yanma Isısı (Üst Isıl Değer)	920	J/g	46430	>35000	DIN 51900-2

Deney 18'den elde edilen JLJ-18 kodlu numunenin yakıt analizleri incelendiğinde; Yoğunluk, 773,6 kg/m<sup>3</sup> olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 820-845 kg/m<sup>3</sup> değer aralığının altında kalmıştır. Viskozite, 1,588 mm<sup>2</sup>/s olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 2-4,5 mm<sup>2</sup>/s değer aralığının altında olarak belirlenmiştir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından kullanılabilir bir oran olarak gözlemlenmemektedir. Parlama noktası, <40 °C olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 55> °C değer aralığının altında kalmıştır. Akma noktası, +12 °C olarak belirlenmiş bu değere bağlı olarak TS EN ISO standartları gereğinde bu numunenin akıcılığını kaybettiği en düşük sıcaklık +12 °C olarak görülmektedir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından kullanılabilir bir oran olarak gözlemlenmemektedir. Kül içeriği, 0,003 %(m/m) olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan <0,01 %(m/m) değer aralığının altında kalmıştır. Bu yüzden numunenin kül içeriği oldukça az olarak belirlenmiştir. Bu değer yakıt özellikleri açısından kullanılabilir bir değer olarak gözlemlenmektedir. Yanma ısı (üst ısıl değer), 46.430 J/g olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 35.000> J/g değer aralığının çok üstünde kalmıştır. Bu yüzden numunenin yanma ısı oldukça iyi olarak belirlenmiştir (Tablo 17).

Deney 19'dan elde edilen JLJ-19 kodlu örneğin TS, EN ve ISO standartlarına göre yaptırılan sıvı yakıt kimyasal analizleri sonucunda sıvı yakıtın yoğunluğu 777,9 kg/m<sup>3</sup>, viskozitesi 1,322 mm<sup>2</sup>/s, parlama noktası 40,0 °C'den küçük, akma noktası +12 °C, kül

içeriği 0,003 %(m/m), ve yanma ısısı üst ısıl değeri 45.230 J/g olarak belirlenmiştir (Tablo 18).

Tablo 18. Deney 19'dan elde edilen numunenin önemli yakıt özellikleri

<b>Numune No: JLJ-19</b>					
<b>Özellik</b>	<b>Özellik Kodu</b>	<b>Birim</b>	<b>Ölçüm Değeri</b>	<b>Standartlara Göre Olması Gereken Ölçüm Değerleri</b>	<b>Deney Yöntemi</b>
Yoğunluk 15 °C	100	kg/m <sup>3</sup>	777,9	>820	TS EN ISO 12185
Viskozite 40 °C	110	mm <sup>2</sup> /s	1,322	2 - 4,5	TS 1451 EN ISO 3104
Parlama Noktası	200	°C	<40,0*	>55	TS EN ISO 2719
Akma Noktası	220	°C	+12	-	TS 1233 ISO 3016
Kül	510	%(m/m)	0,003	<0,01	TS EN ISO 6245
Yanma Isısı (Üst Isıl Değer)	920	J/g	45230	>35000	DIN 51900-2

Deney 19'dan elde edilen JLJ-19 kodlu numunenin yakıt analizleri incelendiğinde; Yoğunluk, 777,9 kg/m<sup>3</sup> olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 820-845 kg/m<sup>3</sup> değer aralığının altında kalmıştır. Viskozite, 1,322 mm<sup>2</sup>/s olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 2-4,5 mm<sup>2</sup>/s değer aralığının altında olarak belirlenmiştir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından kullanılabilir bir oran olarak gözlemlenmemektedir. Parlama noktası, <40 °C olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 55> °C değer aralığının altında kalmıştır. Akma noktası, +12 °C olarak belirlenmiş bu değere bağlı olarak TS EN ISO standartları gereğinde bu numunenin akıcılığını kaybettiği en düşük sıcaklık +12 °C olarak görülmektedir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından kullanılabilir bir oran olarak gözlemlenmemektedir. Kül içeriği, 0,003 %(m/m) olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan <0,01 %(m/m) değer aralığının altında kalmıştır. Bu yüzden numunenin kül içeriği oldukça az olarak belirlenmiştir. Bu değer yakıt özellikleri açısından kullanılabilir bir değer olarak gözlemlenmektedir. Yanma ısısı (üst ısıl değer), 45.230 J/g olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 35.000> J/g değer aralığının çok üstünde kalmıştır. Bu yüzden numunenin yanma ısısı oldukça iyi olarak belirlenmiştir (Tablo 18).

Deney 20'den elde edilen JLJ-20 kodlu örneğin TS, EN ve ISO standartlarına göre yaptırılan sıvı yakıt kimyasal analizleri sonucunda sıvı yakıtın yoğunluğu 778,8 kg/m<sup>3</sup>,

viskozitesi 1,302 mm<sup>2</sup>/s, parlama noktası 40,0 °C'den küçük, akma noktası -3 °C, kül içeriği 0,006 %(m/m), ve yanma ısısı üst ısıl değeri 45.380 J/g olarak belirlenmiştir (Tablo 19).

Tablo 19. Deney 20'den elde edilen numunenin önemli yakıt özellikleri

<b>Numune No: JLJ-20</b>					
<b>Özellik</b>	<b>Özellik Kodu</b>	<b>Birim</b>	<b>Ölçüm Değeri</b>	<b>Standartlara Göre Olması Gereken Ölçüm Değerleri</b>	<b>Deney Yöntemi</b>
Yoğunluk 15 °C	100	kg/m <sup>3</sup>	778,8	>820	TS EN ISO 12185
Viskozite 40 °C	110	mm <sup>2</sup> /s	1,302	2 - 4,5	TS 1451 EN ISO 3104
Parlama Noktası	200	°C	<40,0*	>55	TS EN ISO 2719
Akma Noktası	220	°C	-3	-	TS 1233 ISO 3016
Kül	510	%(m/m)	0,006	<0,01	TS EN ISO 6245
Yanma Isısı (Üst Isıl Değer)	920	J/g	45380	>35000	DIN 51900-2

Deney 20'den elde edilen JLJ-20 kodlu numunenin yakıt analizleri incelendiğinde; Yoğunluk, 778,8 kg/m<sup>3</sup> olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 820-845 kg/m<sup>3</sup> değer aralığının altında kalmıştır. Viskozite, 1,302 mm<sup>2</sup>/s olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 2-4,5 mm<sup>2</sup>/s değer aralığının altında olarak belirlenmiştir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından kullanılabilir bir oran olarak gözlemlenmemektedir. Parlama noktası, <40 °C olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 55> °C değer aralığının altında kalmıştır. Akma noktası, -3 °C olarak belirlenmiş bu değere bağlı olarak TS EN ISO standartları gereğinde bu örnek numunenin akıcılığını kaybettiği en düşük sıcaklık -3 °C olarak görülmektedir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından kış ve yaz aylarında kullanılabilir bir oran olarak gözlemlenmektedir. Kül içeriği, 0,006 %(m/m) olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan <0,01 %(m/m) değer aralığının altında kalmıştır. Bu yüzden numunenin kül içeriği oldukça az olarak belirlenmiştir. Bu değer yakıt özellikleri açısından kullanılabilir bir değer olarak gözlemlenmektedir. Yanma ısısı (üst ısıl değer), 45.380 J/g olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 35.000> J/g değer aralığının çok üstünde kalmıştır. Bu yüzden numunenin yanma ısısı oldukça iyi olarak belirlenmiştir (Tablo 19).

Türk Standartları Enstitüsü'ne ve Uluslararası Standartlar'a göre olması gereken genel yakıt özellikleri Tablo 20'de birimleri ve deney yöntemleri ile birlikte verilmiştir. Bu standart değerlere göre her bir numunenin standartlarda olması gereken yakıt özellikleri ile karşılaştırması yapılmıştır.

Tablo 20. Türk Standartları Enstitüsü Genel Yakıt Standartları Tablosu

<b>Türk Standartları Enstitüsü Genel Yakıt Standartları</b>				
<b>Özellik</b>	<b>Özellik Kodu</b>	<b>Birim</b>	<b>Ölçüm Değeri</b>	<b>Deney Yöntemi</b>
Yoğunluk 15 °C	100	kg/m <sup>3</sup>	820>	TS EN ISO 12185
Viskozite 40 °C	110	mm <sup>2</sup> /s	2-4,5	TS 1451 EN ISO 3104
Parlama Noktası	200	°C	55>	TS EN ISO 2719
Akma Noktası	220	°C	Kullanılan Bölgeye Göre Farklılık Göstermektedir	TS 1233 ISO 3016
Su	500	%(m/m)	<0,2	TS 6147 EN ISO 12937
Kül	510	%(m/m)	<0,01	TS EN ISO 6245
Yanma Isısı (Üst Isıl Değer)	920	J/g	35000>	DIN 51900-2

### **3.2.1. Yoğunluk 15 °C (TS EN ISO 12185: Ham petrol ve petrol ürünleri - Yoğunluk tayini-Salınım yapan u tüpü metodu)**

Bu çalışma kapsamında yoğunluk tayini salınım yapan u tüpü metodu kullanılarak TS EN ISO 12185 deney yöntemi ile yaptırılmıştır. Bu deney yönteminin uygulama ayrıntıları aşağıda verilmiştir.

Yoğunluğun laboratuarda tayini – Salınım yapan u tüpü metodu; Bu standard Reid buhar basıncı 100 kPa veya daha az olan, normal şartlarda sıvı haldeki ham petrol, sıvı petrol ürünleri, petrol ve petrol dışı ürünlerin karışımlarının 15°C 'daki yoğunluklarının bir cam hidrometre kullanarak tayinini kapsar. Bu standard, akıcı ve şeffaf sıvıların yoğunluk tayini için uygundur. Bu standard sıcaklık kontrolü için uygun bir sıvı banyosu kullanarak, viskoz sıvıların ortam sıcaklığının üstündeki sıcaklıklarda yoğunluklarının tayinlerinde de kullanılabilir. Bu standard menüsküsün üst seviyesinin hidrometre gövdesinde karşılık geldiği skala değeri okunur ve gerekli düzeltmeler yapılır. Hidrometreler doğru okumalar için belirli bir sıcaklıkta kalibre edilmiş olduklarından kalibrasyon sıcaklıklarından farklı sıcaklıklarda okunan değerler, sadece hidrometre okuma değeri olup bu sıcaklıklardaki yoğunluk değerleri değildir. (Türk Standartı, Temmuz 2007)

Bu standardın amacı bakımından aşağıda verilen tarifler geçerlidir. Yoğunluk, metreküp başına kilogram veya mililitre başına gram olarak ifade edilen, 15°C'da ve 101,325 kPa'daki birim hacim başına kütle olarak tarif edilmektedir. Numune belirli bir sıcaklığa getirilir ve yaklaşık olarak aynı sıcaklığa getirilmiş olan hidrometre silindirine aktarılır. Sıcaklığı ayarlanmış uygun hidrometre deney numunesine daldırılır ve dengeye gelmesi beklenir. Sıcaklık dengesine ulaştıktan sonra hidrometre skalası okunur, okunan deney sıcaklığı ve hidrometre değeri standard ölçüm tabloları kullanılarak 15°C 'a çevrilir. Deney esnasında aşırı sıcaklık değişimini önlemek için, gerekirse, hidrometre silindiri ve muhtevası bir sabit sıcaklık banyosuna yerleştirilir. Deney numunesi, analiz numunesini mümkün mertebe temsil etmelidir. Bunu sağlamak için numunenin karıştırılması gerekebilir. Ancak karıştırma işlemi sırasında numunenin bütünlüğünün muhafaza edilmesi için gerekli tedbirler alınmalıdır. Deney numunesi, yeterli derecede akışkan olacak ancak uçucu bileşenlerin kaybına sebep olmayacak ve içinde mum oluşmasına sebep olmayacak kadar yüksek bir sıcaklığa ısıtılmalıdır. Hidrometre metodu ile yoğunluk tayininin, 15°C sıcaklıkta veya civarlarında yapılması durumunda daha doğru sonuç verir. Hidrometre okumaları, deneyi yapılacak maddenin fizikokimyasal özelliklerine uygun sıcaklıkta elde edilir. Hacim düzeltmesinden kaynaklanan hataları en aza indirmek için, bu sıcaklığın referans sıcaklık olan 15°C'a yakın olması tercih edilir. Yoğunluk değerleri depodaki petrolle ilgili ölçümlerle bağlantılı olarak kullanılacağı zaman, hidrometre okumalarının yapıldığı sıcaklık depodaki petrolün sıcaklığına eşit veya depodaki petrolün sıcaklığının  $\pm 3^{\circ}\text{C}$  yakınında olmalıdır. (Türk Standartı, Temmuz 2007)

Deney sıcaklığındaki yeterli miktarda deney numunesi sıçratmadan, hava kabarcığı oluşturmayacak ve düşük kaynama noktalı uçucu maddelerin buharlaşması en aza olacak şekilde, temiz ve kararlı sıcaklıktaki hidrometre silindirine aktarılır. Numune yüzeyinde toplanan hava kabarcıkları bir parça temiz süzgeç kağıdıyla dokunularak alınır. Deney numunesi ihtiva eden silindir, hava akımı olmayan ve ortam sıcaklığı deneyin tamamlanması için gereken sürede 2°C'dan daha fazla değişmeyen bir yere düşey durumda yerleştirilir. Deneyin yapıldığı yerdeki ortam sıcaklığı, deney süresince deney sıcaklığından  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'dan daha fazla farklılık gösteriyorsa, aşırı sıcaklık değişmelerinden kaçınmak için bir sabit sıcaklık banyosu kullanılmalıdır. Deney numunesi kullanılan termometreyle karıştırılır, Dirençli termometre kullanılırsa, deney numunesi karıştırma çubuğu kullanılarak silindirin her tarafında aynı sıcaklığı ve yoğunluğu sağlamak için



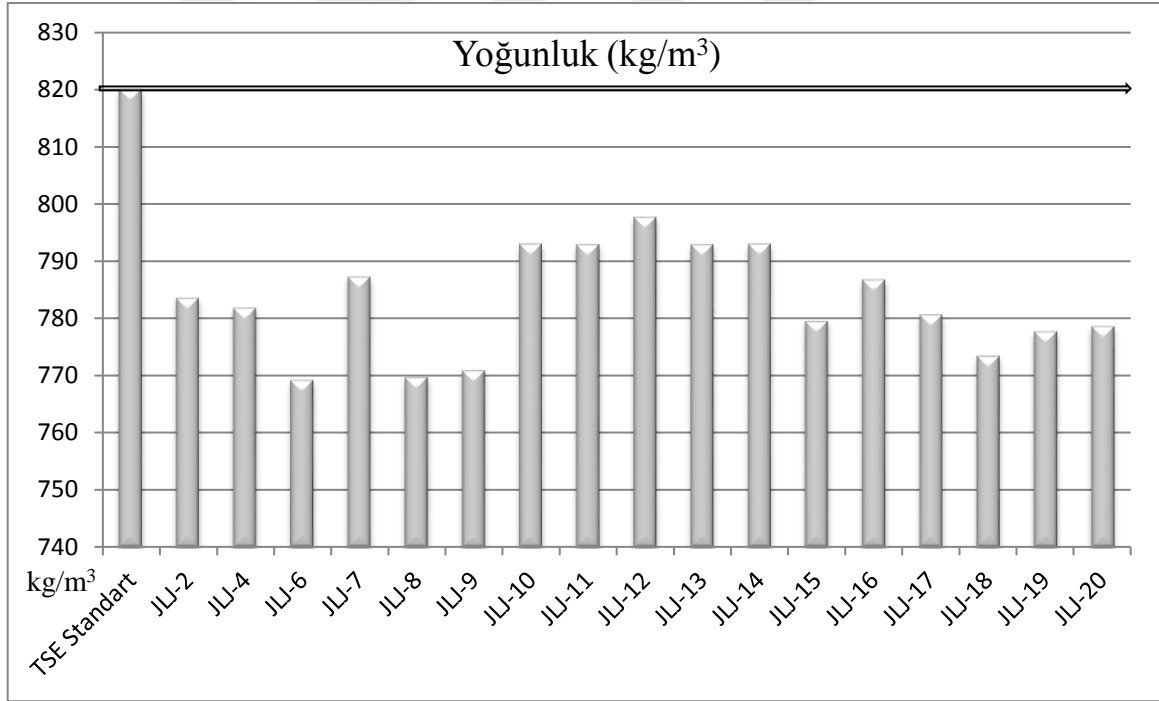
düşey ve dairesel hareketlerle karıştırılır. Sıcaklık  $0,1^{\circ}\text{C}$  yaklaşımla kaydedilir. Termometre ve varsa karıştırma çubuğu hidrometre silindirinden çıkarılır uygun hidrometre numune içine daldırılır ve dengeye geldiğinde serbest bırakılır. Gövdenin serbest halde yüzerken numune seviyesinin üstünde kalan kısmının ıslanmamasına dikkat edilmelidir. Hidrometre denge durumundan 1 mm veya 2 mm aşağı bastırılıp denge durumuna geri dönmesine izin verilir ve menüsküsün şekli gözlenir. Menüsküsün şekli değişiyorsa, hidrometre gövdesi temizlenmelidir. Menüsküsün şekli değişmeyinceye kadar bu işlem tekrarlanır. Opak ve yüksek viskoziteli sıvılarla tayin yapıldığında, hidrometre sıvı içine çok yavaş olarak daldırılır, saydam ve düşük viskoziteli numunelerle yapılan tayinlerde, hidrometre denge durumundan yaklaşık iki skala işareti uzunluğu kadar sıvı içine girecek şekilde bastırılır ve serbest bırakılır. Hidrometre gövdesinin sıvı üzerindeki geri kalan kısmında gövde üzerindeki gereksiz sıvı elde edilecek okumaları etkileyeceğinden gövde kuru tutulmalıdır. Hidrometrenin silindir çeperine dokunmadan serbestçe yüzebilmesi için serbest bırakılırken hidrometreye hafif bir dönme hareketi verilmelidir. Hidrometrenin hareketsiz hale gelmesi ve oluşabilecek herhangi bir hava kabarcığının yüzeye çıkması için yeterli bir süre beklenir. Hidrometreden değer okumadan önce bütün hava kabarcıkları uzaklaştırılmalıdır. Plâstikten yapılmış silindirler kullanıldığında oluşan statik yük, okumalar yapılmadan önce silindirin dış yüzeyinin nemli bir bezle silinmesiyle giderilmelidir. Hidrometre silindir çeperlerine dokunmadan yüzerken hareketsiz hale geldiğinde, hidrometrenin gösterdiği değer; saydam sıvılar için sıvının esas yüzeyinin skalayı kestiği noktadaki hidrometre değeri okunur ve kaydedilir, opak sıvılar için hidrometre değeri, hidrometre skalasının sıvı yüzeyinin hemen üstündeki seviyeden gözle bakılarak okunur ve kaydedilir. Hidrometre skala değerini kaydettikten hemen sonra, hidrometre dikkatlice sıvıdan çıkarılmalı ve numune termometreyle düşey bir hareketle karıştırılmalıdır. Deney numunesinin sıcaklığı  $0,1^{\circ}\text{C}$  yaklaşımla kaydedilmelidir. Bu sıcaklık, deneyin başlangıcında okunan sıcaklık değerinden  $0,5^{\circ}\text{C}$  'dan daha fazla farklıysa, termometreden okunan sıcaklıklar  $0,5^{\circ}\text{C}$  yaklaşımla sabit olana kadar termometre ve hidrometre okumaları tekrarlanır.  $15^{\circ}\text{C}$ 'ye göre düzeltilmiş sonuçlar,  $0.1 \text{ kg/m}^3$  yaklaşımla verilir (Türk Standartı, Temmuz 2007).

Bu çalışmada yapılan deneylerde elde edilen numunelerin TS, EN ve ISO yoğunluk standart değer aralığına göre karşılaştırması Tablo 21 ve Şekil 32'de yapılmıştır. Standart

değerlere göre yapılan denemeler sonucunda alınan örneklerin hepsi  $820 - 845 \text{ kg/m}^3$  değer aralığının altında kalmıştır (Şekil 32).

Tablo 21. Yapılan deneylerde elde edilen numunelerin yoğunluk değer ölçümleri karşılaştırması

Yoğunluk 15 °C (TS EN ISO 12185) ( $\text{kg/m}^3$ )	
Standart Değer Aralığı	
820 -845	
JLJ-2	783,7
JLJ-4	782,0
JLJ-6	769,4
JLJ-7	787,4
JLJ-8	769,9
JLJ-9	771,1
JLJ-10	793,1
JLJ-11	793,0
JLJ-12	797,8
JLJ-13	793,0
JLJ-14	793,1
JLJ-15	779,7
JLJ-16	786,9
JLJ-17	780,8
JLJ-18	773,6
JLJ-19	777,9
JLJ-20	778,8



Şekil 32. Numune yoğunluk değerlerinin karşılaştırması. TS, EN ve ISO yoğunluk standart alt değeri ( $820-845 \text{ kg/m}^3$  değer aralığı) grafikte ilk sütunda verilmiştir

Yapılan çalışmada yaptırılan yoğunluk analizlerinde standarta yakın olarak en yüksek alınan sonuç JLJ-12 numaralı numunede  $797,8 \text{ kg/m}^3$  olarak gözlemlenmiştir. En düşük alınan sonuç ise JLJ-6 numaralı numunede  $769,4 \text{ kg/m}^3$  olarak gözlemlenmiştir (Tablo 21).

### **3.2.2. Viskozite 40 °C (TS 1451 EN ISO 3104: Petrol ürünleri - Saydam ve opak sıvılar-Kinematik viskozitenin hesaplanması)**

Bu çalışmada yaptırılan viskozite tayini kinematik viskozite tayini metodu kullanılarak TS 1451 EN ISO 3104 deney yöntemi ile yaptırılmıştır. Bu deney yönteminin uygulama ayrıntıları aşağıda verilmiştir.

Bu standart, belirli bir hacimdeki sıvının kalibre edilmiş cam bir kapiler viskozimetreden yerçekimi etkisiyle akması için geçen sürenin ölçülmesiyle saydam ve opak petrol ürünlerinin kinematik viskozitelerinin ( $v$ ) tayinini kapsar. Dinamik viskozite, ölçülen kinematik viskozitenin sıvı yoğunluğu ile çarpılmasıyla elde edilebilir (Türk Standartı, Nisan 1999).

Bu standartta verilen deney metodu ile elde edilen sonuçlar, numunenin davranışına bağlıdır. Bu sebeple bu standartta verilen deney metodu, özellikle kayma gerilmesi kayma hızı ile orantılı olan (Newtonian akış özelliği gösteren) sıvılara uygulanmak üzere geliştirilmiştir. Ancak, viskozite kayma hızı ile önemli derecede değiştiğinden, farklı kapiler çaplarına sahip viskozimetreler ile farklı sonuçlar elde edilebilir. Bu standardın amacı bakımından aşağıdaki tarifler geçerlidir. Kinematik viskozite ( $v$ ), bir akışkanın yer çekimi etkisi altında akmaya karşı gösterdiği direnç olarak tarif edilir. Dinamik viskozite, bir sıvıya uygulanan kayma gerilmesi ile sıvının kayma hızı arasındaki orandır. Dinamik viskozite, bazen dinamik viskozite kat sayısı olarak veya sadece viskozite olarak adlandırılır. Bu sebeple dinamik viskozite bir sıvının akmaya veya deformasyona karşı direncinin bir ölçüsüdür (Türk Standartı, Nisan 1999).

Opak sıvıların viskozitelerinin tayini; Numune, orijinal kabında, bir etüvde, 60 +/- 2 °C'de, 1 saat süreyle ısıtılır. Numune, numune kabının tabanına değecek kadar uzun uygun bir çubuk ile iyice karıştırılır. Karıştırma işlemine çubuğa yapışan herhangi bir yakıt veya mum kalmayınca kadar devam edilir. Numune kabının kapağı kapatılır, karışmanın tamamlanması için 1 dakika süreyle şiddetle çalkalanır. Çalkalama tamamlanır tamamlanmaz iki adet viskozimetreyi doldurmak için 100 mL kapasiteli bir cam balona yeterince numune aktarılır ve balonun ağzı gevşek olarak kapatılır. Balon 30 dakika süreyle kaynamakta olan bir su banyosuna daldırılır. Balon, banyodan çıkartılır, ağzı sıkıca kapatılır ve 1 dakika süreyle çalkalanır. Ön ısıtmaya tâbi tutulması gereken numuneler için akış süresinin ölçülmesi, ön ısıtma işleminin tamamlanmasından sonraki 1 saat

içerisinde gerçekleştirilmelidir. İki tayinle elde edilen değerlerden,  $\text{mm}^2/\text{s}$  olarak ortalama viskozite ( $v$ ) hesaplanır (Türk Standartı, Nisan 1999).

Kinematik viskozite ( $v$ ), ölçülen akış süresi ( $t$ ) ve viskozimetre sabit ( $C$ ) kullanılarak aşağıda verilen bağıntıyla hesaplanır (Türk Standartı, Nisan 1999).

$$v = Cxt$$

Burada;

$v$  : Kinematik viskozite,  $\text{mm}^2/\text{s}$ ,

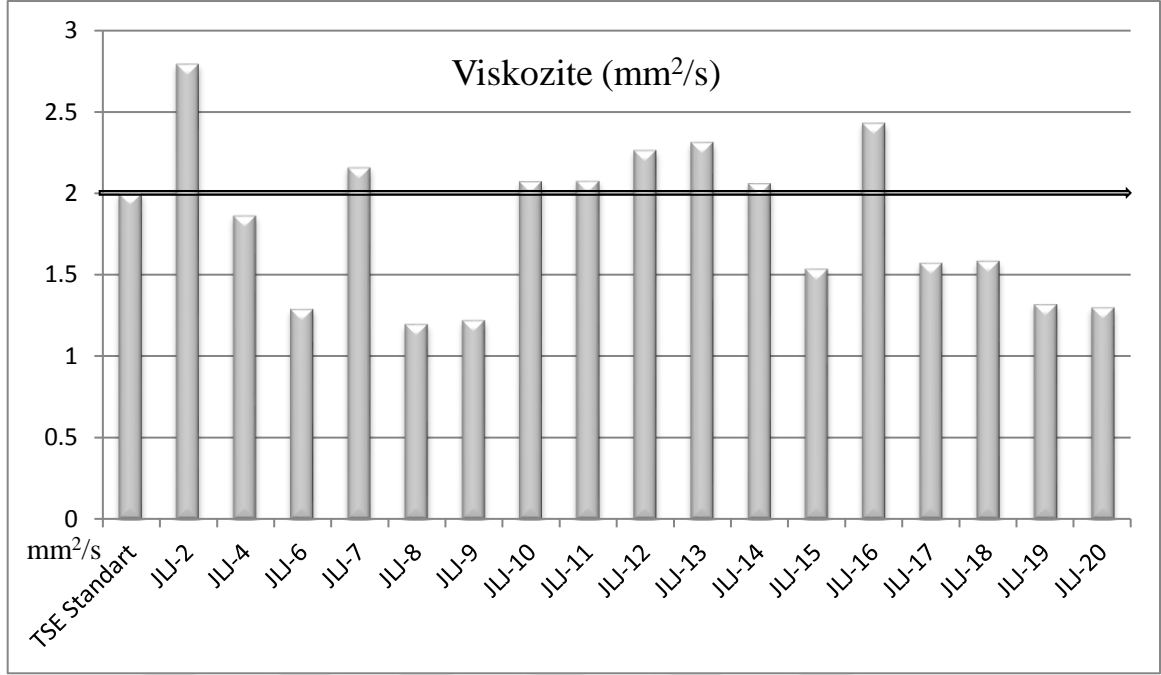
$C$ : Viskozimetrenin kalibrasyon sabiti,  $\text{mm}^2/\text{s}^2$ ,

$t$  : Ortalama akış süresi, s'dir.

Bu çalışmada yapılan deneylerde elde edilen numunelerin TS, EN ve ISO viskozite standart değer aralığına göre karşılaştırması Tablo 22 ve Şekil 33'de yapılmıştır. Standart değerlere göre yapılan denemeler sonucunda alınan örneklerden JLJ-4, 6, 8, 9, 15, 17, 18, 19 ve JLJ-20 2-4,5  $\text{mm}^2/\text{s}$  değer aralığının altında kaldığı gözlemlenmiştir. JLJ-2, 7, 10, 11, 12, 13, 14 ve JLJ-16 kodlu örnek numuneleri bu değer aralığının içerisinde gözlemlenmektedir (Tablo 22).

Tablo 22. Yapılan deneylerde elde edilen numunelerin viskozite değer ölçümleri karşılaştırması

Viskozite 40 °C (TS 1451 EN ISO 3104) ( $\text{mm}^2/\text{s}$ )	
Standart Değer Aralığı	Örnek Numuneleri
2 - 4,5	JLJ-2, JLJ-4, JLJ-6, JLJ-7, JLJ-8, JLJ-9, JLJ-10, JLJ-11, JLJ-12, JLJ-13, JLJ-14, JLJ-15, JLJ-16, JLJ-17, JLJ-18, JLJ-19, JLJ-20
	2,794, 1,864, 1,292, 2,159, 1,199, 1,223, 2,075, 2,077, 2,265, 2,315, 2,063, 1,538, 2,432, 1,576, 1,588, 1,322, 1,302



Şekil 33. Numune viskozite değerlerinin karşılaştırılması. TS, EN ve ISO viskozite standart alt değeri (2 – 4,5 mm<sup>2</sup>/s değer aralığı) grafikte ilk sütunda verilmiştir

Yapılan çalışmada yaptırılan viskozite analizlerinde standartlara göre en iyi alınan sonuç JLJ-2, JLJ-13 ve JLJ-16 numaralı numunelerde sırasıyla 2,794 mm<sup>2</sup>/s, 2,315 mm<sup>2</sup>/s ve 2,432 mm<sup>2</sup>/s olarak gözlemlenmiştir. En düşük alınan sonuç ise JLJ-8 numaralı numunede 1,199 mm<sup>2</sup>/s olarak gözlemlenmiştir (Şekil-33).

### 3.2.3. Parlama Noktası (TS EN ISO 2719: Petrol ürünleri ve yağlayıcılar- Parlama noktası tayini - Pensky Martens kapalı kap metodu)

Bu çalışmada parlama noktası tayini Abel-Pensky prosedürü metodu kullanılarak TS EN ISO 2719 deney yöntemi ile yaptırılmıştır. Bu deney yönteminin uygulama ayrıntıları aşağıda verilmiştir.

Parlama noktası, bir yakıt örneğinin 760 torr (760 mm civa sütunu) basınçta standart koşullarda oluşturduğu bir miktar yakıt buharının küçük bir alevle tutuşup yandığı en düşük sıcaklıktır. Parlama noktası, yakıtın yüzeyinde oluşan yakıt buharı ve hava karışımının en düşük patlama sınırı olarak düşünülmelidir. Parlama noktası 5 ve 65 °C arasında olan madeni yağların parlama noktasının tayini kapalı bir kapta Abel-Pensky prosedürüne göre yapılır. Parlama noktası 65 ve 200 °C arasında olan madeni yağların parlama noktasının tayini kapalı bir kapta Pensky-Martens prosedürüne göre yapılır (Türk Standartları Enstitüsü, 2016).

Özel kabına konulan numuneye istenilen bir sıcaklıktan itibaren bir derece aralıklarla alev yaklaştırılmakta, yakıt buharının alev aldığı sıcaklık, yakıtın alevlenme noktası olarak belirlenmekte ve deney cihazı sesli sinyal vererek bu sıcaklığı dijital olarak belirtmektedir. Bu standart yanıcı sıvıların askıda katı madde içeren sıvıların, deney şartları altında yüzey filmi oluşturmaya eğilim gösteren sıvıların ve diğer sıvıların Pensky-Martens kapalı kap cihazı kullanılarak parlama noktalarının tayini işlemini kapsamaktadır (Türk Standartları Enstitüsü, 2016).

Tutuşma noktası, yakıtın yüzeyde yanmaya devam ettiği sıcaklıktır. Bu, çoğunlukla parlama noktasının 30 ile 60 °C üzerindeki sıcaklıklara karşılık gelir. Yakıtların parlama noktası karter patlama riskini önlemek için 150 °C'dan düşük olmalıdır. ISO standartları distile yakıtlar için parlama noktasını minimum 60 °C belirlemiştir (Türk Standartları Enstitüsü, 2016).

Bu çalışmada yapılan deneylerde elde edilen numunelerin yaptırılan parlama noktası analizlerinde, bütün numunelerde parlama noktası 40 °C'ın altında ölçülmüştür ve bu yüzden olması gereken standartlarla karşılaştırması yapılamamıştır.

#### **3.2.4. Akma Noktası (TS 1233 ISO 3016: Petrol Ürünleri – Akma Noktası Tayini)**

Bu çalışmada akma noktası tayini kinematik akma noktası tayini metodu kullanılarak TS 1233 ISO 3016 deney yöntemi ile yaptırılmıştır. Bu deney yönteminin uygulama ayrıntıları aşağıda verilmiştir.

Bu standard, petrol ürünlerinin akma noktası tayinini kapsar. Fuel-oiller, ağır yağlayıcı esaslı maddeler ve artık yakıt bileşenleri ihtiva eden ürünler gibi maddelerin düşük akma noktalan tayini için metot küçük bir değişiklikle uygulanabilir. Bu standardın amacı bakımından aşağıdaki tarif uygulanır. Petrol ürünü numunesinin, belirlenmiş standard şartlar altında soğutuluyorken, akıcılığını devam ettirdiği en düşük sıcaklık akma noktası olarak tarif edilir (Türk Standartı, Temmuz 1997).

Örnek numune deney tüpüne seviye çizgisine kadar doldurulur. Yeterince akıcılığı sağlayana kadar gerekirse numune su banyosunda ısıtılır ve deney tüpüne doldurulur. Numune deney tüpüne aktarılmak için veya deneyden önceki 24 saat süre içinde 45°C'den yüksek sıcaklıklara ısıtılmış ise, veya numunenin daha önceden bu sıcaklığa ısıtılıp ısıtılmadığı bilinmiyor ise, numune deneyden önce 24 saat süre ile oda sıcaklığında

bekletilmelidir. Deney tüpü, akma noktası 36°C'nin üzerinde bekleniyorsa bir yüksek-bulutlanma ve akma termometresi veya bir erime noktası termometresi taşıyan bir tıpa ile kapatılır. Tıpa ve termometrenin pozisyonu, tıpa termometreye sıkıca uyacak şekilde, termometre ve deney tüpü aynı eksenli ve termometre haznesi numune yüzeyinin 3 mm altına kapüer kısmı gelecek bir derinliğe daldırılarak ayarlanır (Türk Standartı, Temmuz 1997).

Akma noktaları -33°C'nin üzerinde olan numunelere aşağıdaki işlemler uygulanmalıdır.

Numune karıştırmaksızın beklenen akma noktasının 9°C üstüne veya 45°C'ye ısıtılır, hangisi büyük ise, banyo beklenen akma noktasının 12°C üzerindeki bir sıcaklığa getirilir ve sabit tutulur. Fakat bu sıcaklık 48°C'den az olmamalıdır. Deney tüpü 24°C ± 1,5°C arasındaki sabit sıcaklık banyosuna yerleştirilir. Numune sıcaklığı beklenen akma noktasının 9 °C üzerindeki bir sıcaklığa ulaştığında akma gözlemlerine başlanır. Sıcaklık 27 °C'ye ulaştığında numunenin akışı durmuyor ise, deney tüpü banyodan dikkatlice çıkarılır, temizleme sıvısı ile nemlendirilmiş temiz bir bez parçası ile dış yüzeyi silinir ve banyoya yerleştirilir. Akma noktası gözlemleri yapılır ve soğutulur (Türk Standartı, Temmuz 1997).

Akma noktaları -33°C ve altında olan numuneler için aşağıdaki işlemler uygulanmalıdır.

Numune karıştırmaksızın 48°C'deki sabit sıcaklık banyosunda 45°C sıcaklığa ısıtılır ve 6°C ± 1,5°C'deki sabit sıcaklık banyosuna konur ve 15°C'ye kadar soğutulur. Sıcaklık 15°C'ye ulaştığında, deney tüpü banyodan dikkatlice çıkarılır. Temizleme sıvısı ile nemlendirilmiş temiz bir bez parçası kullanarak dış yüzeyi silinir. Yüksek bulutlanma ve akma termometresi çıkartılarak yerine düşük bulutlanma ve akma noktası termometresi konur. Deney tüpü 0°C banyosuna yerleştirilir. Daha sonra deney sırasıyla düşük sıcaklık banyolarına yerleştirilir. Sıcaklık beklenen akma noktasının 9°C üzerindeki bir değere ulaştığında akma gözlemlerine başlanır (Türk Standartı, Temmuz 1997).

Akış gözlemleri, ilk gözlem sıcaklığının altında 3°C'nin katlarındaki sıcaklıklarda yapılan her bir termometre okumasında, deney tüpü banyo veya gömlekten çıkarılır ve içindeki numunenin hareketli olup olmadığı anlaşılacak şekilde yeterince eğilir. Deney tüpünün çıkarılması numunenin akış gözlemlerinin yapılması ve deney tüpünün banyoya yeniden yerleştirilme işlemlerinin tamamlanması 3 saniyeyi geçmemelidir. İlk gözlem

sıcaklığının altında 3°C'nin katlarındaki sıcaklıklarda yapılan her bir termometre okumasındaki gözlemlere devam edilir. Numune, mum kristal yapısının oluşması için yeterince soğutulduktan sonra içinde termometrenin hareketi veya numune kütlesinin dağılması mum kristallerinin sünger yapısında bozulmalar meydana getirip okunan değeri azaltacağından ve hatalı sonuçlara sebep olacağından âzami dikkat gösterilmelidir. Deney tüpü eğildiğinde numune akmaz ise bir zaman ölçme cihazı kullanarak 5 saniye süre ile deney tüpü yatay olarak tutulur ve bu esnada dikkatle gözlenir. Numunede bir hareket görüldüğünde deney tüpü banyo veya gömleğe hızlıca yerleştirilir ve bir sonraki 3°C daha düşük olan sıcaklıkta gözlem tekrarlanır. Deney tüpü yatay durumda 5 saniye süreyle tutulduğunda numunenin hareket göstermediği sıcaklığa ulaşıncaya kadar deneye devam edilir. Gözlem anındaki sıcaklık okuması kaydedilir. Numune sıcaklığı 9°C'ye ulaştığında akış devam ediyor İse numune bir sonraki düşük sıcaklık banyosuna aktarılır. Aynı durum -6°C, -24°C ve -42°C 'de de oluşur ise aşağıdaki işlemler uygulanır;

a) Numune +9°C'de hareketli ise, -18°C'lik banyoya,

b) Numune -6°C 'de hareketli ise, -33°C'lik banyoya,

c) Numune -24°C 'de hareketli ise, -51°C'lik banyoya,

d) Numune -42°C'de hareketli ise, -69°C'lik banyoya, aktarılır (Türk Standartı,

Temmuz 1997).

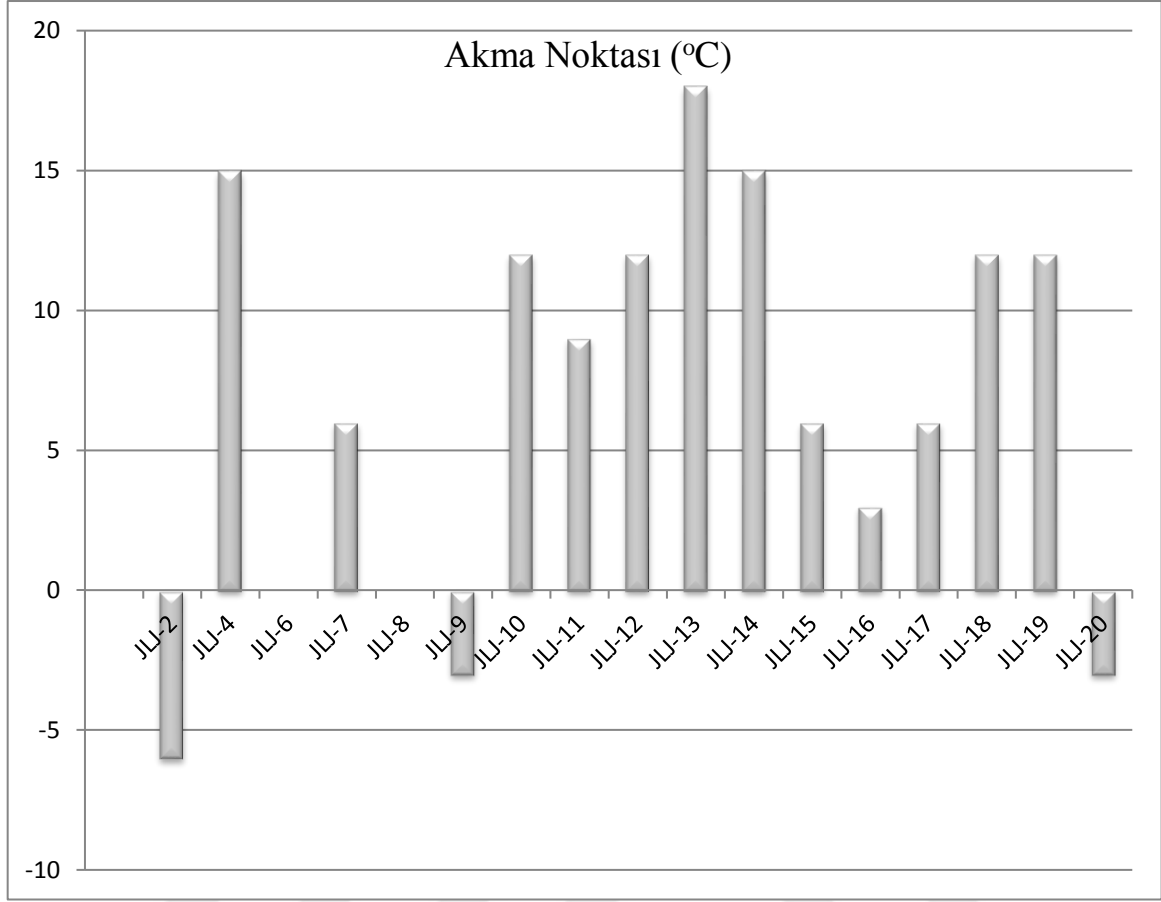
Akma noktası değerleri 3°C'nin katları olmayan ve az kullanılan özelliklere sahip maddelerin, akma noktalarının ölçülmesinde aşağıda yapılan işlemlere uymak tayinin uygunluğu açısından tavsiye edilen bir uygulamadır. Numune sıcaklığı belirtilen akma noktasının 9°C üzerinde iken numune görünüşü incelenmeye başlanır. Belirtilen sıcaklığa ulaşana kadar 3°C aralıklarla gözlemlere devam edilir. Numune için belirtilen değere gelindiği veya geçildiği şekilde rapor edilir. Otomatik deney cihazı kullanıldığında, kullanıcı cihazın belirtilen şartlarda çalıştığından ve imalâtçının talimatlarına göre ayar ve kalibrasyonunun yapıldığından emin olunmalıdır. Otomatik deney cihazı tayinlerinin kesinlik bilgileri belirlenmediğinden, herhangi bîr anlaşmazlık durumunda bu standardda anlatılan metot ile akma noktası tayin edilmeli ve bu deney referans deney olarak alınmalıdır. Deney tüpü yatay durumda 5 saniye süreyle tutulduğundaki yapılan gözlemede kaydedilen sıcaklığa 3°C eklenir. Bu sıcaklık akma noktası veya en düşük akma noktası olarak kaydedilir (Türk Standartı, Temmuz 1997).



Bu çalışmada yapılan deneylerde elde edilen numunelerin akma noktası değerlerinin karşılaştırması Tablo 22 ve Şekil 33'de yapılmıştır. Akma noktası yakıtın akma özelliğini yani hareket yeteneğini yitirdiği en düşük sıcaklık olduğundan yapılan denemelerde alınan sonuçlara göre JLJ-2 kodlu numune hareket yeteneğini -6 °C'da, JLJ-4 kodlu numune hareket yeteneğini 15 °C'da, JLJ-6 kodlu numune hareket yeteneğini 0 °C'da, JLJ-7 kodlu numune hareket yeteneğini 6 °C'da, JLJ-8 kodlu numune hareket yeteneğini 0 °C'da, JLJ-9 kodlu numune hareket yeteneğini -3 °C'da, JLJ-10 kodlu numune hareket yeteneğini 12 °C'da, JLJ-11 kodlu numune hareket yeteneğini 9 °C'da, JLJ-12 kodlu numune hareket yeteneğini 12 °C'da, JLJ-13 kodlu numune hareket yeteneğini 18 °C'da, JLJ-14 kodlu numune hareket yeteneğini 15 °C'da, JLJ-15 kodlu numune hareket yeteneğini 6 °C'da, JLJ-16 kodlu numune hareket yeteneğini 3 °C'da, JLJ-17 kodlu numune hareket yeteneğini 6 °C'da, JLJ-18 kodlu numune hareket yeteneğini 12 °C'da, JLJ-19 kodlu numune hareket yeteneğini 12 °C'da, JLJ-20 kodlu numune hareket yeteneğini -3 °C'da kaybetmektedir (Tablo 23).

Tablo 23. Yapılan deneylerde elde edilen numunelerin akma noktası değer ölçümleri karşılaştırması

Akma Noktası °C (TS 1233 ISO 3016) (°C)	
Standart Değer Aralığı	
JLJ-2	-6
JLJ-4	15
JLJ-6	0
JLJ-7	6
JLJ-8	0
JLJ-9	-3
JLJ-10	12
JLJ-11	9
JLJ-12	12
JLJ-13	18
JLJ-14	15
JLJ-15	6
JLJ-16	3
JLJ-17	6
JLJ-18	12
JLJ-19	12
JLJ-20	-3



Şekil 34. Numune akma noktası değerlerinin karşılaştırılması

Yapılan çalışmada yaptırılan akma noktası analizlerinde standartlara göre en iyi alınan sonuç JLJ-2, JLJ-9 ve JLJ-20 numaralı numunelerde sırasıyla -6 °C, 3 °C ve -3 °C olarak gözlemlenmiştir. En düşük alınan sonuç ise JLJ-13 numaralı numunede 18 °C olarak gözlemlenmiştir (Şekil-34).

### 3.2.5. Su İçeriği (TS 6147 EN ISO 12937: Petrol ürünleri- Su tayini - Kulometrik Karl Fischer titrasyon metodu)

Bu çalışma kapsamında su içeriği tayini kulometrik Karl Fischer titrasyon metodu kullanılarak TS 6147 EN ISO 12937 deney yöntemi ile yaptırılmıştır. Bu deney yönteminin uygulama ayrıntıları aşağıda verilmiştir.

Petrokimya endüstrisinde önemli kalite kontrol kriterlerinden biri de yağlarda su içeriği tespitleridir. Su içeriğinin saptanması için değişik yöntemler kullanılmaktadır. Yüksek su içeriği yağın kalitesi üzerinde olumsuz etkiye sahiptir. Laboratuvarda olduğu

gibi, yağ ürünlerinin su içeriğinin online tespiti için de tercih edilen metod Karl Fischer titrasyonudur (kulometri) (Türk Standartları Enstitüsü, Nisan 2002).

Karl Fischer titrasyonları volumetrik ve kulometrik olarak iki şekilde gerçekleştirilebilir. 100 ppm' den düşük konsantrasyonlardaki su içeriği analizlerinde ve özellikle sebzelerdeki su miktarı tayininde kulometrik yöntem tavsiye edilmektedir. Her iki yöntem de elektrokimyasal bir reaksiyon sonucunda oluşmaktadır. Bir elektrokimyasal hücrede bulunan elektroaktif madde ya da maddelerin tamamının elektroliz edilerek harcandığı yöntemlere kulometrik yöntemler denir. Faraday tarafından bir elektrolitik reaksiyondan geçen akım miktarı ile reaksiyona giren madde miktarı arasındaki bağlantı bulunmuştur (Türk Standartları Enstitüsü, Nisan 2002).

$$Q=nFN$$

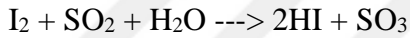
Q:Kulomb cinsinden elektrik miktarı

n:Elektron Sayısı

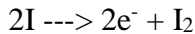
F:Faraday Sabiti

N:İncelenen Molekülün Mol Sayısı

Elektrolitik olarak anotta üretilen iyot örnekteki su ile reaksiyona girer.



Faraday kanununa göre elektrik miktarı ile orantılı olarak iyot üretilir. 1 mol iyot 1 mol su ile tepkimeye girer ve böylece 1 mg su 10.71 kulomba eşit olur (1 Faraday = 96484.56 kulomb) (Türk Standartları Enstitüsü, Nisan 2002).



Bu prensibe dayanarak su miktarı, elektroliz için gereken elektrik miktarından bulunabilir. Karl Fischer metodu ile H<sub>2</sub>O analizinde elektrotta üretilen titrant I<sub>2</sub>, kullanılan elektrot Pt/T, kullanılan elektrolit SO<sub>2</sub> ve metanoldür (Türk Standartları Enstitüsü, Nisan 2002).

Bu çalışmada yapılan deneylerde elde edilen numunelerden sadece JLJ-2, JLJ-6 ve JLJ-7 numuneler için su içeriği belirlenebilmiş ve diğer numunelerin hiçbirinde su içeriğine rastlanmamıştır. Analizlere göre JLJ-2 kodlu numune için su içeriği 0,1 %(m/m)'den küçük, ve JLJ-6 kodlu numune için su içeriği 0,1%(m/m) ve ve JLJ-7 kodlu numune için su içeriği 0,15 %(m/m) olarak belirlenmiştir (Tablo 24).

Tablo 24. Yapılan deneylerde elde edilen numunelerin su içeriği değer ölçümleri karşılaştırması (Genel yakıt standartlarına göre su içeriği 0,2 %(m/m) küçük olmalıdır)

Su İçeriği (TS 6147 EN ISO 12937) %(m/m)																	
Standart Değer Aralığı	JLJ-2	JLJ-4	JLJ-6	JLJ-7	JLJ-8	JLJ-9	JLJ-10	JLJ-11	JLJ-12	JLJ-13	JLJ-14	JLJ-15	JLJ-16	JLJ-17	JLJ-18	JLJ-19	JLJ-20
<0,2	<0,1	--	0,1	0,15	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

### 3.2.6. Kül İçeriği (TS EN ISO 6245: Petrol ürünleri - Kül tayini)

Bu çalışmada kül miktarı tayini TS EN ISO 6245 deney yöntemi ile yaptırılmıştır. Bu deney yönteminin uygulama ayrıntıları aşağıda verilmiştir.

ISO 6245 yakıt standartları incelendiğinde, distile yakıtlarda çok küçük miktarlarda küle müsaade edildiği görülmektedir. Distile yakıt türlerinde maksimum %0.01 oranında kül bulunmaktadır. Fuel oillerde ise kül miktarının maksimum değeri %0.1-%0.2 arasında değişmektedir. Fuel oillerin küllerinde küçük miktarlarda metal tuzları bulunmaktadır. Bunlar silika, demir oksit (  $FeO-Fe_2O_3$  ), aliminyum oksit (  $AlO$  ), magnezyum oksit (  $MgO$  ), kükürt (  $S$  ), nikel oksit (  $NiO$  ), vanadyum (  $V$  ), ve alkaliler bakır (  $Cu$  ), kalay (  $Sn$  ) ve kurşun oksitleri (  $PbO$  ) şeklinde görülürler (Türk Standartları Enstitüsü, Mart 2006).

Fuel oiller küçük miktarlarda metalik partiküller, özellikle vanadyum ve nikel kapsayan ham petrolden elde edilirler. Yanma sırasında bu metalik partiküller oksit, karbonat ve sülfat gibi inorganik tuzlara dönüşürler. Sodyum ve vanadyum tuzlarının belirli oranlardaki bileşiği, dizel makinelerinin yanma odalarındaki yüksek sıcaklık ile erir ve alaşım çelikleri ile dökme demirde korozyona neden olur. Külün metal korozyonuna etkisini dikkate almak üzere 'stikşın sayısı' veya 'stikşın sıcaklığı' geliştirilmiştir. Stikşın sıcaklığı, yakıt külünün tümü ile eriyerek, atmosfer tarafından kontrol edilen metal yüzeylere nüfus edemediği sıcaklık derecesi olarak tanımlanabilir. Yapışma veya stikşın, soğutulduktan sonra metal yüzey üzerindeki kül artıkları temizlenerek test edilir. Eğer sözü

edilen atıklar kolayca giderilmez ise artıkların yapışkan oldukları düşünülür (Türk Standartları Enstitüsü, Mart 2006).

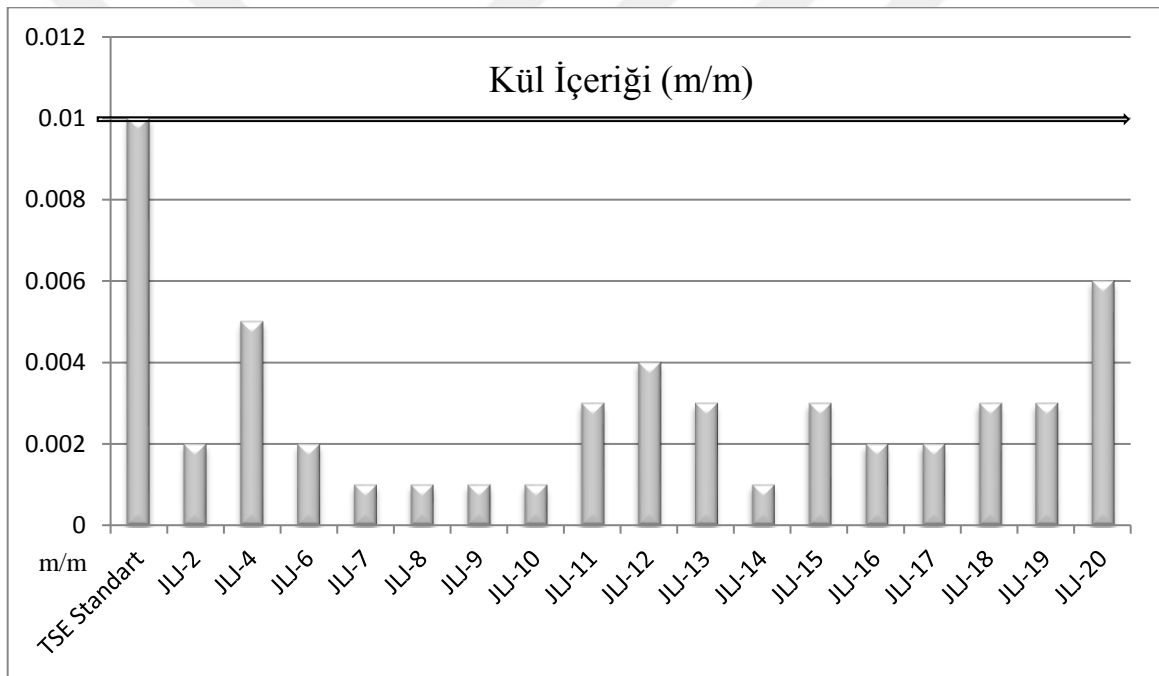
Yakıt içerisindeki kül miktarı aşağıdaki formül ile kolayca hesaplanabilir (Türk Standartları Enstitüsü, Mart 2006).

$$\text{Kül miktarı (\%)} = ( 1.7 \text{ Vanadyum} + 2.54 \text{ Sodyum} + 1.89 \text{ Aliminyum} + 2.14 \text{ silikon} + 1.38 \text{ Demir} + 1.27 \text{ Nikel} + 1.4 \text{ Kalsiyum} + 1.67 \text{ Magnezyum} + 1.24 \text{ Çinko} + 1.08 \text{ Kurşun} ) / 1000$$

Bu çalışmada yapılan deneylerde elde edilen numunelerin kül içeriği değerlerinin karşılaştırması Tablo 25 ve Şekil 35'de verilmiştir. Yapılan denemelerde alınan numunelerin analiz sonuçlarına göre JLJ-2 kodlu numunenin kül içeriği 0,002 %(m/m) olarak, JLJ-4 kodlu numunenin kül içeriği 0,005 %(m/m) olarak, JLJ-6 kodlu numunenin kül içeriği 0,002 %(m/m) olarak, JLJ-7 kodlu numunenin kül içeriği 0,001 %(m/m) olarak, JLJ-8 kodlu numunenin kül içeriği 0,001 %(m/m) olarak, JLJ-9 kodlu numunenin kül içeriği 0,001 %(m/m) olarak, JLJ-10 kodlu numunenin kül içeriği 0,001 %(m/m) olarak, JLJ-11 kodlu numunenin kül içeriği 0,003 %(m/m) olarak, JLJ-12 kodlu numunenin kül içeriği 0,004 %(m/m) olarak, JLJ-13 kodlu numunenin kül içeriği 0,003 %(m/m) olarak, JLJ-14 kodlu numunenin kül içeriği 0,001 %(m/m) olarak, JLJ-15 kodlu numunenin kül içeriği 0,003 %(m/m) olarak, JLJ-16 kodlu numunenin kül içeriği 0,002 %(m/m) olarak, JLJ-17 kodlu numunenin kül içeriği 0,002 %(m/m) olarak, JLJ-18 kodlu numunenin kül içeriği 0,003 %(m/m) olarak, JLJ-19 kodlu numunenin kül içeriği 0,003 %(m/m) olarak, JLJ-20 kodlu numunenin kül içeriği 0,006 %(m/m) olarak belirlenmiştir (Tablo 25).

Tablo 25. Yapılan deneylerde elde edilen numunelerin kül içeriği değer ölçümleri karşılaştırması (Genel yakıt standartlarına göre kül içeriği 0,01 %(m/m) küçük olmalıdır)

Kül İçeriği (TS EN ISO 6245) %(m/m)	
Standart Değer Aralığı	
<0,01	
0,002	JLJ-2
0,005	JLJ-4
0,002	JLJ-6
0,001	JLJ-7
0,001	JLJ-8
0,001	JLJ-9
0,001	JLJ-10
0,003	JLJ-11
0,004	JLJ-12
0,003	JLJ-13
0,001	JLJ-14
0,003	JLJ-15
0,002	JLJ-16
0,002	JLJ-17
0,003	JLJ-18
0,003	JLJ-19
0,006	JLJ-20



Şekil 35. Numune kül içeriği karşılaştırması. TS, EN ve ISO kül içeriği standart üst değeri (0,01 üst değer aralığı) grafikte ilk sütunda verilmiştir

Bu çalışmada yapılan deneylerde elde edilen numunelerden en yüksek kül içeriğine sahip olan numune 0,006 %(m/m) olarak JLJ-20 kodlu numune olarak gözlemlenmiştir. Analizlere göre JLJ-7, JLJ-8, JLJ-9, JLJ-10 ve JLJ-14 kodlu numuneler 0,001 %(m/m) olarak en düşük kül içeriğine sahip numuneler olarak gözlemlenmişlerdir. Bu çalışmada yapılan analizlerde bütün numuneler 0,01 %(m/m) standart değerden düşük kül içeriğine sahip oldukları gözlemlenmektedir (Şekil 35).

### 3.2.7. Yanma Isısı (Üst Isıl Değer) (DIN 51900-2: Petrol ürünleri- Yanma Isısı Tayini – Kalorimetre Yöntemi)

Bu çalışmada yanma ısısı (üst ısıl değer) tayini Bomba Kalorimetresi metodu kullanılarak DIN 51900-2 deney yöntemi ile yaptırılmıştır. Bu deney yönteminin uygulama ayrıntıları aşağıda verilmiştir.

Reaksiyondaki yanma ısını ölçmek için en çok kullanılan model “Bomba Kalorimetresi” olup literatürde “Kap Kalorimetresi” olarak adlandırılmaktadır. Bu deneyin çalışma prensibi şöyledir: Yüksek basınca dayanıklı bir kap (bomba kalorimetresi kabı) içerisinde hammadde saf oksijen ortamında yakılır. Açığa çıkan ısı, kabın çevresindeki suyu ısıtır. Su sıcaklığının değişiminin ölçülmesi ve hesaplama yönteminde belirtilen formüllerin kullanımıyla ürünün yanma ısısı/enerjisi belirlenir. Bir yakıtın yanması sırasında oluşan su buhar haline geçmiş ise verdiği ısı alt ısıl değer, oluşan su sıvı halde kalmış ise verdiği ısı üst ısıl değer olarak tanımlanır. Bu iki değer arasında yoğunlaşma entalpisi kadar fark vardır. Kalorimetrede yakma işleminin oda sıcaklığında yapılması nedeniyle oluşan su yoğunlaşır. Bu durumda, kalorimetrede hesaplanan ısıl değer suyun yoğunlaşma ısını da içereceği için belirlenen ısıl değer aslında yakıtın “üst ısıl değeri”ne karşılık gelir.

Üst ısıl değer hesabı;

Bomba kalorimetresinin çalışma prensibini doğru anlayabilmek için termodinamiksel analiz yapılması gereklidir (Çengel YA, Bowles NA (1994) Thermodynamics and engineering approach. 2nd edn., McGraw Hill, New York). Bunun için öncelikle; kalorimetre sisteminin adyabatik olduğu (evrenle ısı alışverişinin olmadığı) kabul edilir:

$$q_{kalorimetre} = 0 \quad [1]$$

Kalorimetre kabında yanma işlemi sabit hacimde gerçekleşir ve iş yoktur dolayısıyla;

$$w_{kalorimetre} = - \int p \, dV = 0 \quad [2]$$

Böylece, iç enerji değişiminin sıfır olduğu görülür.

$$\Delta U_{kalorimetre} = q_{kalorimetre} + w_{kalorimetre} = 0 \quad [3]$$

İç enerji de kalorimetrenin sistem ve çevre enerjileri toplamına eşittir:

$$\Delta U_{kalorimetre} = \Delta U_{kalorimetre \, sistem} + \Delta U_{kalorimetre \, çevre} = 0 \quad [4]$$

Bu formülde,  $\Delta U_{kalorimetre \, sistem}$  enerji üretenlere,  $\Delta U_{kalorimetre \, çevre}$  ; enerjiyi alanlara (absorblayana) karşılık gelmektedir.

Enerji hesapları yaparken entalpi dikkate alınmalıdır. Sonuçta, entalpi bir malzemenin yapısında depoladığı her tür enerjinin toplamıdır. Entalpi ile iç enerji arasındaki ilişki ise

$$\Delta H = \Delta U + \Delta(pV) \quad [5]$$

eşitliği ile tanımlanabilir. Yoğuşan maddelerden dolayı çok küçük bir genişleme işi olduğu varsayılsa bile katı ve sıvılar için " $\Delta(pV) \approx 0$ " olduğu kabul edilir. Bu deney kapsamında da entalpi değeri ile iç enerji değerinin birbirine eşit olduğu kabul edilmektedir. Bu nedenle, [5]bağıntısı [6]bağıntısına dönüşür.

$$\Delta H = \Delta U \quad [6]$$

Ayrıca, karıştırıcının dönmesi sonucunda bir sıcaklık artışı olmaktadır. [4]bağıntısından yararlanarak;

$$\Delta U_{\text{kalorimetre sistem}} = - \Delta U_{\text{kalorimetre çevre}} \quad [7] \text{ eşitliği yazılabilir. Burada,}$$

$\Delta U_{\text{kalorimetre sistem}}$ : analiz edilecek hammaddenin yanmasıyla gelen enerji,  $Q_{\text{reaksiyon}}$ : alevlenme telinin yanma enerjisi, pamuk/iplikçik yanma enerjisi: ekstra yanmaya yardımcı olan malzemenin yanma enerjisi,  $Q_{\text{ext}}$ : sülfürik asit/nitrik asit çözelti oluşum ısısı,  $\Delta U_{\text{kalorimetre çevre}}$  : cihazın absorbladığı enerji ( $Q_{\text{cih az}}$ ) ve suyun absorbladığı enerji ( $Q_{\text{su}}$ ) arasındaki fark, olup [7] numaralı formül düzenlenirse aşağıdaki eşitlik halini alır:

$$Q_{\text{reaksiyon}} + Q_{\text{ext}} = - (Q_{\text{su}} + Q_{\text{cih az}}) \quad [8]$$

[8] numaralı formül düzenlendiğinde;

$$H_o * m + Q_{\text{ext}1} + Q_{\text{ext}2} + Q_{\text{ext}3} + Q_{\text{ext}4} = - (m * c * \Delta T + C * \Delta T) \quad [9]$$

[9] numaralı formül düzenlendiğinde ise hesaplamalarda kullanılacak en temel formüllerden biri elde edilmiş olur:

$$H_o = (m_{\text{su}} * c * \Delta T + C * \Delta T - Q_{\text{Ext}1} - Q_{\text{Ext}2} - Q_{\text{Ext}3} - Q_{\text{Ext}4}) / m_{\text{analiz}} \quad [10]$$

$H_o$ : Analiz edilen ürünün gram başına verdiği yanma üst ısı değeri (Joule \* gram-1) olup bulunması gereken bir değerdir.

$m_{\text{analiz}}$ : Krozeye konulan ve analiz edilen maddenin kütlesi (gram) olup analizden önce hassas terazide tartılır

$m_{\text{su}}$ : Cihaza konulan suyun kütlesidir. (gram) Cihaz otomatik olarak 2000 gram suyu almaktadır.

$c$ : Suyun öz ısısı (Joule.gram-1.Celcius-1) olup Joule cinsinden hesap yapıldığı için 4.18 J/g.°C olarak alınır.



$\Delta T$ : Yanma işlemi sonrasında bomba kalorimetresinin çevresindeki suyun sıcaklığındaki değişim ( $^{\circ}C$ ) olup cihaz tarafından ölçülmekte ve doğrudan cihaz ekranında görülebilmektedir

C: Cihazın ısı sığası ( $J.^{\circ}C^{-1}$ ).

QExt1: Dış Enerji 1 (J) ; Yanmayı kolayca sağlamak için kullanılan pamuk ipliğinin yanma kalori (50 J) değeridir. Bu değer bilinmiyorsa bomba kalorimetresi ile ölçülmelidir.

QExt2: Dış Enerji 2 (J) ; Yanma bazen çok zor olabilir ve pamuk/iplikçik gibi yardımcıları yetersiz kalabilir. Böyle durumlarda ekstra bir yanmayı sağlayıcı yardımcı bir malzeme kullanılır ve bunun enerjisi de QExt2'dir. Bu değer bilinmiyorsa bomba kalorimetresi ile ölçülmelidir.

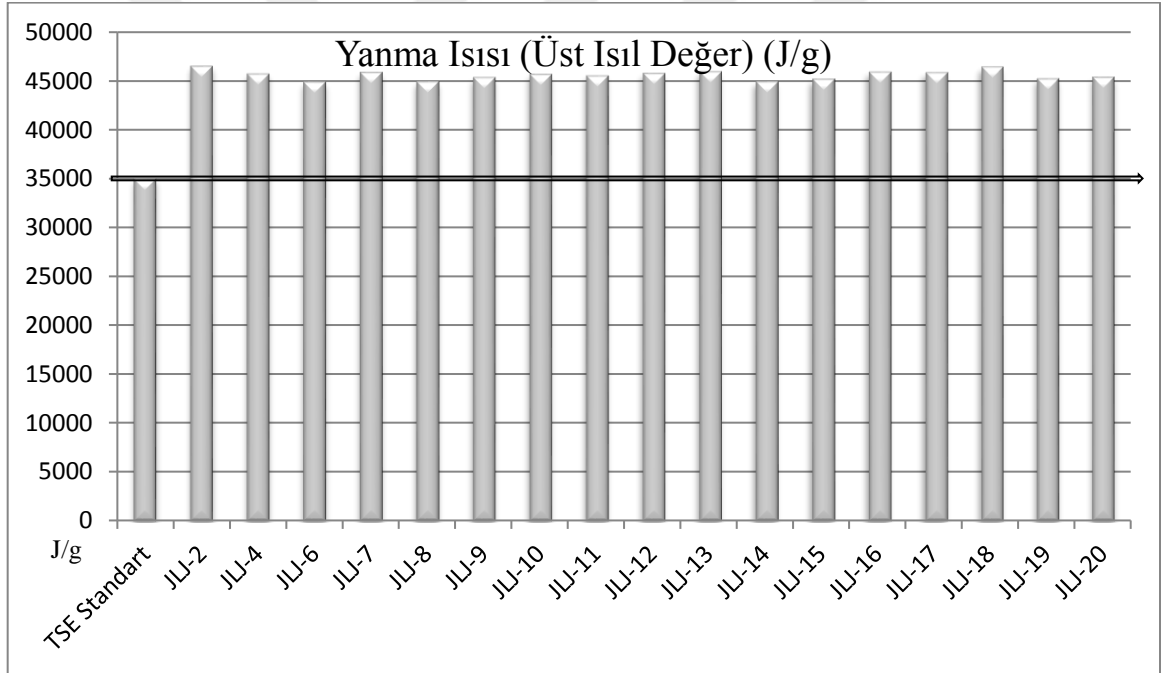
QExt3: Dış Enerji 3 (J); Analiz edilen malzemelerin bazılarında oldukça fazla miktarda azot ve kükürt bulunur ve bu malzemeler yanma sonucunda  $SO_2$ ,  $SO_3$  ve  $NO_x$  gazları çıkarılırlar bu da bomba kabı içinde kalır. Bu bileşikler de bomba kabının içindeki suyla (ürünün yanmasından ve havadaki nemden gelen su) sülfürik asit ve nitrik asit oluştururlar. Bu asitli çözeltilerin oluşumu da bir ısı değeri oluşturur. Bu çözeltilerin hepsinin ayrı ayrı verdiği ısıların toplamı QExt3 olarak ifade edilir.

QExt4: Dış Enerji 4 (J); Bomba kabı içindeki ateşleme işlemi bir iletken tel yardımıyla yapılmaktadır (platin, bakır vb.). Bu telin elektrik yanma enerjisi vardır ve 100 J'dür (Çengel ve Bowles, 1994).

Bu çalışmada yapılan deneylerde elde edilen numunelerin kül içeriği değerlerinin karşılaştırması Tablo 26 ve Şekil 36'da yapılmıştır. Yapılan denemelerde alınan numunelerin analiz sonuçlarına göre bütün numuneler TS, EN ve ISO yanma ısı standard alt sınır değeri 35.000 J/g değerinin üzerinde ölçülmüştür (Tablo 26).

Tablo 26. Yapılan deneylerde elde edilen numunelerin yanma ısısı (üst ısıl değer) değer ölçümleri karşılaştırması (Genel yakıt standartlarına göre yanma ısısı üst ısıl değeri 35.000 J/g değerinin üstünde olmalıdır)

Yanma Isısı (Üst Isıl Değer) (DIN 51900-2) (J/g)	
Standart Değer Aralığı	
35.000>	JLJ-2
46.500	JLJ-4
45.710	JLJ-6
44.900	JLJ-7
45.890	JLJ-8
44.940	JLJ-9
45.370	JLJ-10
45.690	JLJ-11
45.530	JLJ-12
45.770	JLJ-13
45.940	JLJ-14
44.920	JLJ-15
45.200	JLJ-16
45.910	JLJ-17
45860	JLJ-18
46.430	JLJ-19
45.230	JLJ-20
45.380	



Şekil 36. Numune Yanma Isısı (Üst Isıl Değer) Karşılaştırması. TS, EN ve ISO yanma ısısı standart alt sınır değeri (35.000) grafikte ilk sütunda verilmiştir

Bu çalışmada yapılan deneylerde elde edilen numunelerden en yüksek yanma ısısı (üst ısıl değer) gösteren numune JLJ-2 kodlu numunede 46.500 J/g olarak ölçülmüştür. Analizlere göre en düşük yanma ısısı (üst ısıl değer) gösteren numune JLJ-6 kodlu numunede 44.900 J/g olarak ölçülmüştür. Bu çalışmada yapılan analizlerde bütün numuneler 35.000 J/g standart değerden yüksek yanma ısısı (üst ısıl değer) değerine sahip oldukları gözlemlenmektedir (Şekil 36).



#### 4. TARTIŞMA

Yapılan çalışmanın bu bölümünde önceki bölümlerde verilen fiziksel ve kimyasal özellikler ele alınarak deneylerde elde edilen örnekler için hammadde kökenleri ve elde edilen sıvı örneklerin yakıt özellikleri irdelenmeye çalışılmıştır.

Bu çalışmada hammadde olarak PVC, PET, organik katı atık ve karışık katı atık kullanılarak laboratuvar ölçekli bir reaktör içerisine (Şekil 5), kaolin, klinoptilolit ve MCS23 kodlu katkı maddeleri ile birlikte yerleştirilmiş ve farklı oranlarda katkı maddesi parametreleri kullanılarak 20 adet deney gerçekleştirilmiştir. Yapılan bu deneylerde sıvı ürün çıkış ve bitiş sıcaklıkları, elde edilen sıvı ürün miktarları ve elde edilen kalıntı katı ürün miktarları ayrıntılı olarak gözlemlenmiştir (Tablo 2).

Yapılan deneylerde Deney 1, Deney 3, Deney 4, Deney 5 ve Deney 6’da hammadde olarak %100 oranında PET atık kullanılmış ve katkı maddeleri parametreleri değiştirilerek sıvı verimleri ve katı kalıntı yüzdeleri irdelenmiştir ve PET atıklar için sıvı ve katı kalıntı verimi açısından alınan en iyi örnek Tablo 27’de yapılan karşılaştırmaya göre Deney 6 olarak belirlenmiştir.

Tablo 27. %100 oranında PET hammadde kullanılarak yapılan deneyler karşılaştırması

Deney No	Kullanılan Hammadde (gr)				Kullanılan Katkı Maddeleri (gr)			Elde Edilen Ürün (gr)		Elde Edilen Ürün Yüzdesi	
	PVC	PET	OE A	KE A	ka	kl	MCS23	Sıvı Yakıt	Katı Kalıntı	Sıvı Yakıt	Katı Kalıntı
1	-	2000	-	-	250	250	500	1280	258	64,00	12,90
3	-	2480	-	-	-	50	150	1400	810	56,45	32,66
4	-	2210	-	-	-	50	350	1200	115	54,29	5,20
5	-	2080	-	-	-	50	600	800	900	38,46	43,27
6	-	1080	-	-	-	50	800	700	-	64,81	0,00

Deney 1 içerisinde hammadde olarak 2000 gr PET atık maddesi kullanılmış ve yanında katkı maddesi olarak 250 gr kaolin, 250 gr klinoptilolit ve 500 gr MCS23 kullanılmıştır (Tablo 27). Verim açısından alınan sonuçlar incelenmiş olduğunda 1280 gr sıvı ürün için %64,0 verim elde edilmiş fakat bir süre sonra elde edilen yakıt örneği jelleşmeye başlamıştır (Şekil 6). Bu yüzden Deney 1’den elde edilen JLJ-1 kodlu numunenin yakıt analizleri yaptırılmamıştır. Deney 1 sonucunda elde edilen sıvı ürünün

jelleşmesi MCS23 katkı maddesinin yetersiz veya fazla olduğuna işaret etmiştir. Bu yüzden Deney 3 için tekrar %100 PET hammaddesi kullanılarak sıvı ürün örneğinde ki jelleşmenin önüne geçilmeye çalışılmıştır.

Deney 3 içerisinde hammadde olarak 2480 gr PET atık maddesi kullanılmış ve yanında katkı maddesi olarak 50 gr klinoptilolit ve 150 gr MCS23 kullanılmıştır (Tablo 27). Elde edilen örnek için sıvı ve katı kalıntı verim değerleri açısından sonuçlar incelenmiş fakat burada sıvı verimi 1400 gr ile % 56,45 olarak hesaplanmıştır. Yapılan çalışmada örnek elde edildikten bir süre sonra yine alınan sıvı yakıt örneği sıcaklık değeri düştükten sonra jelleşmeye başlamıştır (Şekil 8). Bu yüzden Deney 3'den elde edilen JLJ-3 kodlu örnek numunenin sıvı yakıt analizleri yaptırılmamıştır. Deney 3 sonucunda elde edilen sıvı ürünün jelleşmesi MCS23 katkı maddesinin yetersiz olduğuna işaret etmiştir. Bu yüzden Deney 4 için tekrar %100 PET hammaddesi kullanılarak sıvı ürün örneğindeki jelleşmenin önüne geçilmeye çalışılmıştır.

Deney 4 içerisinde hammadde olarak 2210 gr PET atık maddesi kullanılmış ve yanında katkı maddesi olarak 50 gr klinoptilolit ve 350 gr MCS23 kullanılmıştır (Tablo 27). Elde edilen örnek için sıvı ve katı kalıntı verim değerleri açısından sonuçlar incelenmiş fakat burada sıvı verimi 1200 gr ile % 54,29 olarak hesaplanmıştır. Yapılan deney sonucunda elde edilen sıvı yakıt numunesi zamanla sıvı halini koruyabilmiştir fakat elde edilen sıvı ürün verimi çalışmanın sonucunda yetersiz olarak görülmüştür. Deney 4'den elde edilen JLJ-4 kodlu numunenin sıvı yakıt yoğunluk, viskozite, parlama noktası, akma noktası, kül içeriği ve yanma ısısı (üst ısıl değer) analizleri Karadeniz Teknik Üniversitesi Yakıt Uygulama ve Araştırma Merkezin'de yaptırılmış olup elde edilen veriler Tablo 4'de ayrıntılı bir şekilde verilmiştir. Analizlerden elde edilen verilerle Deney 4'den elde edilen JLJ-4 kodlu numune için;

Yoğunluk,  $782,0 \text{ kg/m}^3$  olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan  $820-8450 \text{ kg/m}^3$  değer aralığının altında kalmıştır.

Viskozite,  $1,864 \text{ mm}^2/\text{s}$  olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan  $2-4,5 \text{ mm}^2/\text{s}$  değer aralığının altında kalmıştır.

Parlama noktası,  $<40 \text{ }^\circ\text{C}$  olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan  $55 > \text{ }^\circ\text{C}$  değer aralığının altında kalmıştır.

Akma noktası,  $+15 \text{ }^\circ\text{C}$  olarak belirlenmiş bu değere bağlı olarak TS EN ISO standartları gereğinde bu örnek numunenin akıcılığını kaybettiği en düşük sıcaklık  $+15 \text{ }^\circ\text{C}$

olarak görülmektedir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından istenmeyen bir oran olarak gözlemlenmektedir.

Kül içeriği, 0,005 %(m/m) olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan <0,01 %(m/m) değer aralığının altında kalmıştır. Bu yüzden örnek numunenin kül içeriği oldukça az olarak belirlenmiştir.

Yanma ısı (üst ısıl değer), 45.710 J/g olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 35.000> J/g değer aralığının çok üstünde kalmıştır. Bu yüzden örnek numunenin yanma ısı oldukça iyi olarak belirlenmiştir.

Yukarıda Deney 4’de elde edilen JLJ-4 kodlu numune için toplanan veriler ve yaptırılan analizler göz önünde bulundurularak JLJ-4 kodlu numunenin sıvı verimi açısından irdelendiğinde çok düşük değerde kaldığı ve kimyasal özellikleri açısından irdelendiğinde yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde iyileştirme yapılmadan kullanılma ihtimalinin olmadığı belirlenmiştir.

Deney 5 içerisinde hammadde olarak 2080 gr PET atık maddesi kullanılmış ve yanında katkı maddesi olarak 50 gr klinoptilolit sabit tutularak ve 600 gr MCS23 kullanılmıştır (Tablo 27). Elde edilen örnek için sıvı ve katı kalıntı verim değerleri açısından sonuçlar incelenmiş burada sıvı verimi 800 gr ile % 38,46 olarak hesaplanmıştır. Bu örnek için çok yüksek miktarda katı kalıntı verimi saptanmıştır (% 43,27). Yapılan çalışmada örnek elde edildikten bir süre sonra yine alınan sıvı yakıt örneği sıcaklık değeri düştükten sonra jelleşmeye başlamıştır (Şekil 10). Bu yüzden Deney 5’den elde edilen JLJ-5 kodlu örnek numunenin sıvı yakıt analizleri yaptırılmamıştır. Deney 5 sonucunda elde edilen sıvı ürünün jelleşmesi MCS23 katkı maddesinin hala yetersiz seviyede olduğuna işaret etmiştir. Bu yüzden Deney 6 için tekrar %100 PET hammadde kullanılarak sıvı ürün örneğinde ki jelleşmenin ve düşük sıvı ürün verim oranının önüne geçilmeye çalışılmıştır.

Deney 6 içerisinde hammadde olarak 1080 gr PET atık maddesi kullanılmış ve yanında katkı maddesi olarak 50 gr klinoptilolit ve 800 gr MCS23 kullanılmıştır (Tablo 27). Elde edilen örnek için sıvı ve katı kalıntı verim değerleri açısından sonuçlar incelenmiş burada sıvı verimi 700 gr ile % 64,81 olarak hesaplanmıştır. Bu deney sonucunda elde edilen ürünlerde katı kalıntı olmadığı belirlenmiştir. Yapılan deney sonucunda elde edilen sıvı yakıt numunesi zamanla sıvı halini koruyabilmiştir ve elde edilen sıvı ürün verimi ve katı kalıntı verimi çalışmanın sonucunda yeterli olarak

görülmüştür. Deney 6'dan elde edilen JLJ-6 kodlu numunenin sıvı yakıt yoğunluk, viskozite, parlama noktası, akma noktası, su içeriği, kül içeriği ve yanma ısısı (üst ısıl değer) analizleri Karadeniz Teknik Üniversitesi Yakıt Uygulama ve Araştırma Merkezin'de yaptırılmış olup elde edilen veriler Tablo 5'de ayrıntılı bir şekilde verilmiştir. Analizlerden elde edilen verilerle Deney 6'dan elde edilen JLJ-6 kodlu numune için;

Yoğunluk,  $769,4 \text{ kg/m}^3$  olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan  $820\text{-}8450 \text{ kg/m}^3$  değer aralığının altında kalmıştır.

Viskozite,  $1,292 \text{ mm}^2/\text{s}$  olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan  $2\text{-}4,5 \text{ mm}^2/\text{s}$  değer aralığının altında kalmıştır.

Parlama noktası,  $<40 \text{ }^\circ\text{C}$  olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan  $55 > \text{ }^\circ\text{C}$  değer aralığının altında kalmıştır.

Akma noktası,  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  olarak belirlenmiş bu değere bağlı olarak TS EN ISO standartları gereğinde bu örnek numunenin akıcılığını kaybettiği en düşük sıcaklık  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  olarak görülmektedir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından özellikle yaz aylarında kullanılabilir bir oran olarak gözlemlenmektedir.

Su içeriği,  $0,1 \text{ \% (m/m)}$  olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan  $<0,2 \text{ \% (m/m)}$  değer aralığının altında kalmıştır. Bu yüzden örnek numunenin su içeriği oldukça az olarak belirlenmiştir. Bu değer yakıt özellikleri açısından kullanılabilir bir değer olarak gözlemlenmektedir.

Kül içeriği,  $0,002 \text{ \% (m/m)}$  olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan  $<0,01 \text{ \% (m/m)}$  değer aralığının altında kalmıştır. Bu yüzden örnek numunenin kül içeriği oldukça az olarak belirlenmiştir. Bu değer yakıt özellikleri açısından kullanılabilir bir değer olarak gözlemlenmektedir.

Yanma ısısı (üst ısıl değer),  $44.900 \text{ J/g}$  olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan  $35.000 > \text{ J/g}$  değer aralığının çok üstünde kalmıştır. Bu yüzden örnek numunenin yanma ısısı oldukça iyi olarak belirlenmiştir.

Yukarıda Deney 6'da elde edilen JLJ-6 kodlu numune için toplanan veriler ve yaptırılan analizler göz önünde bulundurularak JLJ-6 kodlu numunenin sıvı verimi açısından irdelendiğinde çok iyi değerde olduğu ve kimyasal özellikleri açısından irdelendiğinde yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde özellikle parlama noktasının ve yoğunluğunun düşük olması nedeniyle iyileştirme yapılmadan kullanılma ihtimalinin olmadığı belirlenmiştir.

Tablo 28. %100 oranında PVC hammadde kullanılarak yapılan deneyler

Deney No	Kullanılan Hammadde (gr)				Kullanılan Katkı Maddeleri (gr)			Elde Edilen Ürün (gr)		Elde Edilen Ürün Yüzdesi	
	PVC	P E T	O E A	K E A	ka	kl	MCS23	Sıvı Yakıt	Katı Kalıntı	Sıvı Yakıt	Katı Kalıntı
2	2510	-	-	-	-	50	150	1580	151	62,94	6,02

Yapılan deneylerde yalnızca Deney 2’de hammadde olarak %100 oranında PVC atık kullanılmış ve katkı maddeleri olarak 50 gr klinoptilolit ve 150 gr MCS23 eklenerek sıvı verimleri ve katı kalıntı yüzdeleri irdelenmiştir (Tablo 28). Buna bağlı olarak;

Deney 2 içerisinde hammadde olarak 2510 gr PVC atık maddesi kullanılmış ve yanında katkı maddesi olarak 50 gr klinoptilolit ve 150 gr MCS23 kullanılmıştır (Tablo 28). Elde edilen örnek için sıvı ve katı kalıntı verim değerleri açısından sonuçlar incelenmiş burada sıvı verimi 1580 gr ile % 62,94 olarak hesaplanmıştır. Bu deney sonucunda elde edilen ürünlerde katı kalıntı verimi % 6,02 olarak hesaplanmıştır. Yapılan deney sonucunda elde edilen sıvı yakıt numunesi zamanla sıvı halini koruyabilmiştir ve elde edilen sıvı ürün verimi ve katı kalıntı verimi çalışmanın sonucunda yeterli olarak görülmüştür. Deney 2’den elde edilen JLJ-2 kodlu numunenin sıvı yakıt yoğunluk, viskozite, parlama noktası, akma noktası, su içeriği, kül içeriği ve yanma ısı (üst ısıl değer) analizleri Karadeniz Teknik Üniversitesi Yakıt Uygulama ve Araştırma Merkezin’de yaptırılmış olup elde edilen veriler Tablo 3’de ayrıntılı bir şekilde verilmiştir. Analizlerden elde edilen verilerle Deney 2’den elde edilen JLJ-2 kodlu numune için;

Yoğunluk,  $783,7 \text{ kg/m}^3$  olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan  $820-8450 \text{ kg/m}^3$  değer aralığının altında kalmıştır.

Viskozite,  $2,794 \text{ mm}^2/\text{s}$  olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan  $2-4,5 \text{ mm}^2/\text{s}$  değer aralığının içinde olarak belirlenmiştir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından kullanılabilir bir oran olarak gözlemlenmektedir.

Parlama noktası,  $<40 \text{ }^\circ\text{C}$  olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan  $55 > \text{ }^\circ\text{C}$  değer aralığının altında kalmıştır.

Akma noktası,  $-6 \text{ }^\circ\text{C}$  olarak belirlenmiş bu değere bağlı olarak TS EN ISO standartları gereğinde bu örnek numunenin akıcılığını kaybettiği en düşük sıcaklık  $-6 \text{ }^\circ\text{C}$  olarak görülmektedir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından kış ve yaz aylarında kullanılabilir bir oran olarak gözlemlenmektedir.



Su içeriği, 0,1 %(m/m)'den daha küçük olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan <0,2 %(m/m) değer aralığının altında kalmıştır. Bu yüzden numunenin su içeriği oldukça az olarak belirlenmiştir. Bu değer yakıt özellikleri açısından kullanılabilir bir değer olarak gözlemlenmektedir.

Kül içeriği, 0,002 %(m/m) olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan <0,01 %(m/m) değer aralığının altında kalmıştır. Bu yüzden örnek numunenin kül içeriği oldukça az olarak belirlenmiştir. Bu değer yakıt özellikleri açısından kullanılabilir bir değer olarak gözlemlenmektedir.

Yanma ısısı (üst ısı değer), 46.500 J/g olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 35.000> J/g değer aralığının çok üstünde kalmıştır. Bu yüzden örnek numunenin yanma ısısı oldukça iyi olarak belirlenmiştir.

Yukarıda Deney 2'de elde edilen JLJ-2 kodlu numune için toplanan veriler ve yaptırılan analizler göz önünde bulundurularak JLJ-2 kodlu numunenin sıvı verimi açısından irdelendiğinde çok iyi değerde olduğu ve kimyasal özellikleri açısından irdelendiğinde yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde özellikle parlama noktasının ve yoğunluğunun düşük olması nedeniyle iyileştirme yapılmadan kullanılma ihtimalinin olmadığı belirlenmiştir.

Tablo 29. %50 oranında PVC ve %50 oranında PET hammadde kullanılarak yapılan deneyler karşılaştırması

Deney No	Kullanılan Hammadde (gr)				Kullanılan Katkı Maddeleri (gr)			Elde Edilen Ürün (gr)		Elde Edilen Ürün Yüzdesi	
	PVC	PET	O E A	K E A	ka	kl	MCS23	Sıvı Yakıt	Katı Kalıntı	Sıvı Yakıt	Katı Kalıntı
7	1050	1050	-	-	-	50	800	1500	505	71,43	24,05
8	400	400	-	-	-	50	400	500	103	62,50	12,88
9	750	750	-	-	-	75	500	1400	-	93,33	0,00

Yapılan deneylerde Deney 7, Deney 8 ve Deney 9'da hammadde olarak %50 oranında PVC ve % 50 oranında PET atık kullanılmış ve katkı maddeleri parametreleri değiştirilerek sıvı verimleri ve katı kalıntı yüzdeleri irdelenmiştir. PVC ve PET atıkların yarı yarıya kullanıldığı deneylerde sıvı ve katı kalıntı verimi açısından alınan en iyi örnek Tablo 29'de Deney 9 olarak belirlenmiştir.

Deney 7 içerisinde hammadde olarak 1050 gr PVC ve 1050 gr PET atık maddesi kullanılmış ve yanında katkı maddesi olarak 50 gr klinoptilolit ve 800 gr MCS23

kullanılmıştır (Tablo 29). Elde edilen örnek için sıvı ve katı kalıntı verim değerleri açısından sonuçlar incelenmiş burada sıvı verimi 1500 gr ile % 71,43 olarak hesaplanmıştır. Bu deney sonucunda elde edilen ürünlerde katı kalıntı verimi % 24,05 olarak hesaplanmıştır. Yapılan deney sonucunda elde edilen sıvı yakıt numunesi zamanla sıvı halini koruyabilmiştir ve elde edilen sıvı ürün verimi ve katı kalıntı verimi çalışmanın sonucunda yeterli olarak görülmüştür.

Deney 7'den elde edilen JLJ-7 kodlu numunenin sıvı yakıt yoğunluk, viskozite, parlama noktası, akma noktası, su içeriği, kül içeriği ve yanma ısısı (üst ısıl değer) analizleri Karadeniz Teknik Üniversitesi Yakıt Uygulama ve Araştırma Merkezin'de yaptırılmış olup elde edilen veriler Tablo 6'da ayrıntılı bir şekilde verilmiştir. Analizlerden elde edilen verilerle Deney 7'den elde edilen JLJ-7 kodlu numune için;

Yoğunluk,  $783,7 \text{ kg/m}^3$  olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan  $820-8450 \text{ kg/m}^3$  değer aralığının altında kalmıştır.

Viskozite,  $2,159 \text{ mm}^2/\text{s}$  olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan  $2-4,5 \text{ mm}^2/\text{s}$  değer aralığının içinde olarak belirlenmiştir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından kullanılabilir bir oran olarak gözlemlenmektedir.

Parlama noktası,  $<40 \text{ }^\circ\text{C}$  olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan  $55 > \text{ }^\circ\text{C}$  değer aralığının altında kalmıştır.

Akma noktası,  $+6 \text{ }^\circ\text{C}$  olarak belirlenmiş bu değere bağlı olarak TS EN ISO standartları gereğinde bu örnek numunenin akıcılığını kaybettiği en düşük sıcaklık  $+6 \text{ }^\circ\text{C}$  olarak görülmektedir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından kullanılabilir bir oran olarak değerlendirilememiştir.

Su içeriği,  $0,15 \text{ \% (m/m)}$  olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan  $<0,2 \text{ \% (m/m)}$  değer aralığının altında kalmıştır. Bu yüzden örnek numunenin su içeriği oldukça az olarak belirlenmiştir. Bu değer yakıt özellikleri açısından kullanılabilir bir değer olarak gözlemlenmektedir.

Kül içeriği,  $0,001 \text{ \% (m/m)}$  olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan  $<0,01 \text{ \% (m/m)}$  değer aralığının altında kalmıştır. Bu yüzden örnek numunenin kül içeriği oldukça az olarak belirlenmiştir. Bu değer yakıt özellikleri açısından kullanılabilir bir değer olarak gözlemlenmektedir.

Yanma ısı (üst ısı değeri), 45.890 J/g olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 35.000 > J/g değer aralığının çok üstünde kalmıştır. Bu yüzden örnek numunenin yanma ısı oldukça iyi olarak belirlenmiştir.

Yukarıda Deney 7’de elde edilen JLJ-7 kodlu numune için toplanan veriler ve yaptırılan analizler göz önünde bulundurularak JLJ-7 kodlu numunenin sıvı verimi açısından irdelendiğinde iyi değerde olduğu ve kimyasal özellikleri açısından irdelendiğinde yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde özellikle akma noktası, parlama noktasını ve yoğunluğunun düşük olması nedeniyle iyileştirme yapılmadan kullanılma ihtimalinin olmadığı belirlenmiştir.

Deney 8 içerisinde hammadde olarak 400 gr PVC ve 400 gr PET atık maddesi kullanılmış ve yanında katkı maddesi olarak 50 gr klinoptilolit ve 400 gr MCS23 kullanılmıştır (Tablo 29). Elde edilen örnek için sıvı ve katı kalıntı verim değerleri açısından sonuçlar incelenmiş burada sıvı verimi 500 gr ile % 62,50 olarak hesaplanmıştır. Bu deney sonucunda elde edilen ürünlerde katı kalıntı verimi % 12,88 olarak hesaplanmıştır. Yapılan deney sonucunda elde edilen sıvı yakıt numunesi zamanla sıvı halini koruyabilmiştir ve elde edilen sıvı ürün verimi ve katı kalıntı verimi çalışmanın sonucunda yeterli olarak görülmüştür.

Deney 8’den elde edilen JLJ-8 kodlu numunenin sıvı yakıt yoğunluk, viskozite, parlama noktası, akma noktası, kül içeriği ve yanma ısı (üst ısı değeri) analizleri Karadeniz Teknik Üniversitesi Yakıt Uygulama ve Araştırma Merkezin’de yaptırılmış olup elde edilen veriler Tablo 7’de ayrıntılı bir şekilde verilmiştir. Analizlerden elde edilen verilerle Deney 8’den elde edilen JLJ-8 kodlu numune için;

Yoğunluk, 769,9 kg/m<sup>3</sup> olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 820-8450 kg/m<sup>3</sup> değer aralığının altında kalmıştır.

Viskozite, 1,199 mm<sup>2</sup>/s olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 2-4,5 mm<sup>2</sup>/s değer aralığının altında kaldığı belirlenmiştir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından kullanılabilir bir oran olarak görülmemektedir.

Parlama noktası, <40 °C olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 55 > °C değer aralığının altında kalmıştır.

Akma noktası, 0 °C olarak belirlenmiş bu değere bağlı olarak TS EN ISO standartları gereğinde bu örnek numunenin akıcılığını kaybettiği en düşük sıcaklık 0 °C olarak

görülmektedir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından özellikle yaz aylarında kullanılabilir bir oran olarak değerlendirilbilmektedir.

Kül içeriği, 0,001 %(m/m) olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan <0,01 %(m/m) değer aralığının altında kalmıştır. Bu yüzden örnek numunenin kül içeriği oldukça az olarak belirlenmiştir. Bu değer yakıt özellikleri açısından kullanılabilir bir değer olarak gözlemlenmektedir.

Yanma ısısı (üst ısıl değer), 44.940 J/g olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 35.000> J/g değer aralığının çok üstünde kalmıştır. Bu yüzden örnek numunenin yanma ısısı oldukça iyi olarak belirlenmiştir.

Yukarıda Deney 8’de elde edilen JLJ-8 kodlu numune için toplanan veriler ve yaptırılan analizler göz önünde bulundurularak JLJ-8 kodlu numunenin sıvı verimi açısından irdelendiğinde iyi değerde olduğu ve kimyasal özellikleri açısından irdelendiğinde yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde özellikle parlama noktasının ve yoğunluğunun düşük olması nedeniyle iyileştirme yapılmadan kullanılma ihtimalinin olmadığı belirlenmiştir.

Deney 9 içerisinde hammadde olarak 750 gr PVC ve 750 gr PET atık maddesi kullanılmış ve yanında katkı maddesi olarak 50 gr klinoptilolit ve 500 gr MCS23 kullanılmıştır (Tablo 29). Bu numunede MCS23 kodlu katkı maddesi Deney 8’de yapılan çalışmaya göre azaltılmıştır. Elde edilen örnek için sıvı ve katı kalıntı verim değerleri açısından sonuçlar incelenmiş burada sıvı verimi 1400 gr ile % 93,33 olarak hesaplanmıştır. Bu deney sonucunda elde edilen ürünlerde katı kalıntı verimi gözlemlenmiştir. Yapılan deney sonucunda elde edilen sıvı yakıt numunesi zamanla sıvı halini koruyabilmiştir ve elde edilen sıvı ürün verimi bütün numuneler içerisinde elde edilen en yüksek sıvı verimi olarak hesaplanmıştır. Buna karşın katı kalıntı kalmaması en doğru deney yönteminin Deney 9’da uygulanmış olduğunu göstermektedir.

Deney 9’dan elde edilen JLJ-9 kodlu numunenin sıvı yakıt yoğunluk, viskozite, parlama noktası, akma noktası, kül içeriği ve yanma ısısı (üst ısıl değer) analizleri Karadeniz Teknik Üniversitesi Yakıt Uygulama ve Araştırma Merkezin’de yaptırılmış olup elde edilen veriler Tablo 8’de ayrıntılı bir şekilde verilmiştir. Analizlerden elde edilen verilerle Deney 9’dan elde edilen JLJ-9 kodlu numune için;

Yoğunluk, 771,1 kg/m<sup>3</sup> olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 820-8450 kg/m<sup>3</sup> değer aralığının altında kalmıştır.

Viskozite, 1,223 mm<sup>2</sup>/s olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 2-4,5 mm<sup>2</sup>/s değer aralığının altında kaldığı belirlenmiştir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından kullanılabilir bir oran olarak görülmektedir.

Parlama noktası, <40 °C olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 55> °C değer aralığının altında kalmıştır.

Akma noktası, -3 °C olarak belirlenmiş bu değere bağlı olarak TS EN ISO standartları gereğinde bu örnek numunenin akıcılığını kaybettiği en düşük sıcaklık -3 °C olarak görülmektedir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından kış ve yaz aylarında kullanılabilir bir oran olarak değerlendirilebilmektedir.

Kül içeriği, 0,001 %(m/m) olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan <0,01 %(m/m) değer aralığının altında kalmıştır. Bu yüzden örnek numunenin kül içeriği oldukça az olarak belirlenmiştir. Bu değer yakıt özellikleri açısından kullanılabilir bir değer olarak gözlemlenmektedir.

Yanma ısısı (üst ısıl değer), 45.370 J/g olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 35.000> J/g değer aralığının çok üstünde kalmıştır. Bu yüzden örnek numunenin yanma ısısı oldukça iyi olarak belirlenmiştir.

Yukarıda Deney 9’de elde edilen JLJ-9 kodlu numune için toplanan veriler ve yaptırılan analizler göz önünde bulundurularak JLJ-9 kodlu numunenin sıvı verimi açısından irdelendiğinde çok yüksek değerde olduğu ve kimyasal özellikleri açısından irdelendiğinde yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde özellikle parlama noktasının ve yoğunluğunun düşük olması nedeniyle iyileştirme yapılmadan kullanılma ihtimalinin olmadığı belirlenmiştir.

Tablo 30. %100 oranında organik evsel atık hammadde kullanılarak yapılan deneyler

Deney No	Kullanılan Hammadde (gr)				Kullanılan Katkı Maddeleri (gr)			Elde Edilen Ürün (gr)		Elde Edilen Ürün Yüzdesi	
	PVC	PET	OEA	KEA	ka	kl	MCS23	Sıvı Yakıt	Katı Kalıntı	Sıvı Yakıt	Katı Kalıntı
10	-	-	800	-	-	75	250	600	140	75,00	17,50

Yapılan deneylerde yalnızca Deney 10’da hammadde olarak %100 oranında organik evsel atık (OEA) kullanılmış ve katkı maddeleri olarak 75 gr klinoptilolit ve 250 gr MCS23 eklenerek sıvı verimleri ve katı kalıntı yüzdeleri irdelenmiştir (Tablo 30). Buna bağlı olarak;

Deney 10 sonucunda elde edilen JLJ-10 kodlu numune için sıvı ve katı kalıntı verim değerleri açısından sonuçlar incelenmiş burada sıvı verimi 600 gr ile % 75,00 olarak hesaplanmıştır. Bu deney sonucunda elde edilen ürünlerde katı kalıntı verimi % 17,50 olarak hesaplanmıştır. Yapılan deney sonucunda elde edilen sıvı yakıt numunesi zamanla sıvı halini koruyabilmiştir ve elde edilen sıvı ürün verimi ve katı kalıntı verimi çalışmanın sonucunda yeterli olarak görülmüştür.

Deney 10'dan elde edilen JLJ-10 kodlu numunenin sıvı yakıt yoğunluk, viskozite, parlama noktası, akma noktası, kül içeriği ve yanma ısısı (üst ısıl değer) analizleri Karadeniz Teknik Üniversitesi Yakıt Uygulama ve Araştırma Merkezin'de yaptırılmış olup elde edilen veriler Tablo 9'da ayrıntılı bir şekilde verilmiştir. Analizlerden elde edilen verilerle Deney 10'dan elde edilen JLJ-10 kodlu numune için;

Yoğunluk, 793,1 kg/m<sup>3</sup> olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 820-8450 kg/m<sup>3</sup> değer aralığının altında kalmıştır.

Viskozite, 2,075 mm<sup>2</sup>/s olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 2-4,5 mm<sup>2</sup>/s değer aralığının içinde olarak belirlenmiştir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından kullanılabilir bir oran olarak gözlemlenmektedir.

Parlama noktası, <40 °C olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 55> °C değer aralığının altında kalmıştır.

Akma noktası, +12 °C olarak belirlenmiş bu değere bağlı olarak TS EN ISO standartları gereğinde bu örnek numunenin akıcılığını kaybettiği en düşük sıcaklık +12 °C olarak görülmektedir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından değerlendirildiğinde kullanılabilir bir oran olarak değerlendirilememektedir.

Kül içeriği, 0,001 %(m/m) olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan <0,01 %(m/m) değer aralığının altında kalmıştır. Bu yüzden örnek numunenin kül içeriği oldukça az olarak belirlenmiştir. Bu değer yakıt özellikleri açısından kullanılabilir bir değer olarak gözlemlenmektedir.

Yanma ısısı (üst ısıl değer), 45.690 J/g olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 35.000> J/g değer aralığının çok üstünde kalmıştır. Bu yüzden örnek numunenin yanma ısısı oldukça iyi olarak belirlenmiştir.

Yukarıda Deney 10'da elde edilen JLJ-10 kodlu numune için toplanan veriler ve yaptırılan analizler göz önünde bulundurularak JLJ-10 kodlu numunenin sıvı verimi açısından irdelendiğinde hammaddenin organik evsel atık açısından bakıldığında iyi

değerde olduğu ve kimyasal özellikleri açısından irdelendiğinde yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde özellikle akma noktası, parlama noktasını ve yoğunluğunun düşük olması nedeniyle iyileştirme yapılmadan kullanılma ihtimalinin olmadığı belirlenmiştir.

Tablo 31. Eşit oranlarda PVC, PET ve OEA hammadde kullanılarak yapılan deneyler

Deney No	Kullanılan Hammadde (gr)			Kullanılan Katkı Maddeleri (gr)			Elde Edilen Ürün (gr)		Elde Edilen Ürün Yüzdesi		
	PVC	PET	OEA	KEA	ka	kl	MCS23	Sıvı Yakıt	Katı Kalıntı	Sıvı Yakıt	Katı Kalıntı
11	400	400	400	-	-	75	400	830	125	69,16	10,42

Yapılan deneylerde yalnızca Deney 11’de hammadde olarak eşit oranda PVC, PET ve OEA kullanılmış ve katkı maddeleri olarak 75 gr klinoptilolit ve 400 gr MCS23 eklenerek sıvı verimleri ve katı kalıntı yüzdeleri irdelenmiştir (Tablo 31). Buna bağlı olarak;

Deney 11 sonucunda elde edilen JLJ-11 kodlu örnek numune için sıvı ve katı kalıntı verim değerleri açısından sonuçlar incelenmiş burada sıvı verimi 830 gr ile % 69,16 olarak hesaplanmıştır. Bu deney sonucunda elde edilen ürünlerde katı kalıntı verimi % 10,42 olarak hesaplanmıştır. Yapılan deney sonucunda elde edilen sıvı yakıt numunesi zamanla sıvı halini koruyabilmiştir ve elde edilen sıvı ürün verimi ve katı kalıntı verimi çalışmanın sonucunda yeterli olarak görülmüştür.

Deney 11’den elde edilen JLJ-11 kodlu örnek numunenin sıvı yakıt yoğunluk, viskozite, parlama noktası, akma noktası, kül içeriği ve yanma ısısı (üst ısıl değer) analizleri Karadeniz Teknik Üniversitesi Yakıt Uygulama ve Araştırma Merkezin’de yaptırılmış olup elde edilen veriler Tablo 10’da ayrıntılı bir şekilde verilmiştir. Analizlerden elde edilen verilerle Deney 11’den elde edilen JLJ-11 kodlu örnek numune için;

Yoğunluk,  $793,0 \text{ kg/m}^3$  olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan  $820-8450 \text{ kg/m}^3$  değer aralığının altında kalmıştır.

Viskozite,  $2,077 \text{ mm}^2/\text{s}$  olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan  $2-4,5 \text{ mm}^2/\text{s}$  değer aralığının içinde olarak belirlenmiştir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından kullanılabilir bir oran olarak gözlemlenmektedir.

Parlama noktası, <40 °C olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 55> °C değer aralığının altında kalmıştır.

Akma noktası, +9 °C olarak belirlenmiş bu değere bağlı olarak TS EN ISO standartları gereğinde bu örnek numunenin akıcılığını kaybettiği en düşük sıcaklık +9 °C olarak görülmektedir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından değerlendirildiğinde kullanılabilir bir oran olarak değerlendirilememektedir.

Kül içeriği, 0,003 %(m/m) olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan <0,01 %(m/m) değer aralığının altında kalmıştır. Bu yüzden örnek numunenin kül içeriği oldukça az olarak belirlenmiştir. Bu değer yakıt özellikleri açısından kullanılabilir bir değer olarak gözlemlenmektedir.

Yanma ısısı (üst ısıl değer), 45.530 J/g olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 35.000> J/g değer aralığının çok üstünde kalmıştır. Bu yüzden örnek numunenin yanma ısısı oldukça iyi olarak belirlenmiştir.

Yukarıda Deney 11’de elde edilen JLJ-11 kodlu numune için toplanan veriler ve yaptırılan analizler göz önünde bulundurularak JLJ-11 kodlu numunenin sıvı verimi açısından irdelendiğinde iyi değerde olduğu ve kimyasal özellikleri açısından irdelendiğinde yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde özellikle akma noktası, parlama noktasını ve yoğunluğunun düşük olması nedeniyle iyileştirme yapılmadan kullanılma ihtimalinin olmadığı belirlenmiştir.

Tablo 32. %25 PVC, %25 PET ve %50 OEA hammadde oranları kullanılarak yapılan deneyler

Deney No	Kullanılan Hammadde (gr)			Kullanılan Katkı Maddeleri (gr)			Elde Edilen Ürün (gr)		Elde Edilen Ürün Yüzdesi		
	PVC	PET	OEA	KEA	ka	kl	MCS23	Sıvı Yakıt	Katı Kalıntı	Sıvı Yakıt	Katı Kalıntı
12	250	250	500	-	-	75	250	610	235	61,00	23,50

Yapılan deneylerde yalnızca Deney 12’de hammadde olarak %25 PVC, %25 PET ve %50 OEA kullanılmış ve katkı maddeleri olarak 75 gr klinoptilolit ve 250 gr MCS23 eklenerek sıvı verimleri ve katı kalıntı yüzdeleri irdelenmiştir (Tablo 32). Buna bağlı olarak;

Deney 12 sonucunda elde edilen JLJ-12 kodlu numune için sıvı ve katı kalıntı verim değerleri açısından sonuçlar incelenmiş burada sıvı verimi 610 gr ile % 61,00 olarak



hesaplanmıştır. Bu deney sonucunda elde edilen ürünlerde katı kalıntı verimi % 23,50 olarak hesaplanmıştır. Yapılan deney sonucunda elde edilen sıvı yakıt numunesi zamanla sıvı halini koruyabilmiştir ve elde edilen sıvı ürün verimi ve katı kalıntı verimi çalışmanın sonucunda yeterli olarak görülmüştür.

Deney 12'den elde edilen JLJ-12 kodlu numunenin sıvı yakıt yoğunluk, viskozite, parlama noktası, akma noktası, kül içeriği ve yanma ısısı (üst ısıl değer) analizleri Karadeniz Teknik Üniversitesi Yakıt Uygulama ve Araştırma Merkezin'de yaptırılmış olup elde edilen veriler Tablo 11'de ayrıntılı bir şekilde verilmiştir. Analizlerden elde edilen verilerle Deney 12'den elde edilen JLJ-12 kodlu numune için;

Yoğunluk,  $797,8 \text{ kg/m}^3$  olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan  $820-8450 \text{ kg/m}^3$  değer aralığının altında kalmıştır.

Viskozite,  $2,265 \text{ mm}^2/\text{s}$  olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan  $2-4,5 \text{ mm}^2/\text{s}$  değer aralığının içinde olarak belirlenmiştir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından kullanılabilir bir oran olarak gözlemlenmektedir.

Parlama noktası,  $<40 \text{ }^\circ\text{C}$  olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan  $55 > \text{ }^\circ\text{C}$  değer aralığının altında kalmıştır.

Akma noktası,  $+12 \text{ }^\circ\text{C}$  olarak belirlenmiş bu değere bağlı olarak TS EN ISO standartları gereğinde bu örnek numunenin akıcılığını kaybettiği en düşük sıcaklık  $+12 \text{ }^\circ\text{C}$  olarak görülmektedir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından değerlendirildiğinde kullanılabilir bir oran olarak değerlendirilememektedir.

Kül içeriği,  $0,004 \text{ \% (m/m)}$  olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan  $<0,01 \text{ \% (m/m)}$  değer aralığının altında kalmıştır. Bu yüzden örnek numunenin kül içeriği oldukça az olarak belirlenmiştir. Bu değer yakıt özellikleri açısından kullanılabilir bir değer olarak gözlemlenmektedir.

Yanma ısısı (üst ısıl değer),  $45.770 \text{ J/g}$  olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan  $35.000 > \text{ J/g}$  değer aralığının çok üstünde kalmıştır. Bu yüzden örnek numunenin yanma ısısı oldukça iyi olarak belirlenmiştir.

Yukarıda Deney 12'de elde edilen JLJ-12 kodlu numune için toplanan veriler ve yaptırılan analizler göz önünde bulundurularak JLJ-11 kodlu numunenin sıvı verimi açısından irdelendiğinde iyi değerlerde olduğu ve kimyasal özellikleri açısından irdelendiğinde yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde özellikle akma noktası,

parlama noktasını ve yoğunluğunun düşük olması nedeniyle iyileştirme yapılmadan kullanılma ihtimalinin olmadığı belirlenmiştir.

Tablo 33. %50 PET ve %50 OEA hammadde oranları kullanılarak yapılan deneyler karşılaştırması

Deney No	Kullanılan Hammadde (gr)				Kullanılan Katkı Maddeleri (gr)			Elde Edilen Ürün (gr)		Elde Edilen Ürün Yüzdesi	
	PVC	PET	OEA	KEA	ka	kl	MCS23	Sıvı Yakıt	Katı Kalıntı	Sıvı Yakıt	Katı Kalıntı
13	-	400	400	-	-	75	250	600	50	75,00	6,25
15	-	400	400	-	-	75	500	675	40	84,38	5,00

Yapılan deneylerde Deney 13 ve Deney 15’de hammadde olarak %50 oranında PET ve % 50 oranında OEA kullanılmış ve katkı maddeleri parametreleri değiştirilerek sıvı verimleri ve katı kalıntı yüzdeleri irdelenmiştir. PVC ve PET atıkların yarı yarıya kullanıldığı deneylerde sıvı ve katı kalıntı verimi açısından alınan en iyi örnek Tablo 33’de Deney 15 olarak belirlenmiştir.

Deney 13 içerisinde hammadde olarak 400 gr PET ve 400 gr OEA maddesi kullanılmış ve yanında katkı maddesi olarak 75 gr klinoptilolit ve 250 gr MCS23 kullanılmıştır (Tablo 33). Elde edilen örnek için sıvı ve katı kalıntı verim değerleri açısından sonuçlar incelenmiş burada sıvı verimi 600 gr ile % 75,00 olarak hesaplanmıştır. Bu deney sonucunda elde edilen ürünlerde katı kalıntı verimi % 6,25 olarak hesaplanmıştır. Yapılan deney sonucunda elde edilen sıvı yakıt numunesi zamanla sıvı halini koruyabilmiştir ve elde edilen sıvı ürün verimi yeterli olarak görülmektedir. Buna karşın katı kalıntı az oranda olması doğru deney yönteminin uygulanmış olduğunu göstermektedir.

Deney 13’den elde edilen JLJ-13 kodlu numunenin sıvı yakıt yoğunluk, viskozite, parlama noktası, akma noktası, kül içeriği ve yanma ısısı (üst ısıl değer) analizleri Karadeniz Teknik Üniversitesi Yakıt Uygulama ve Araştırma Merkezin’de yaptırılmış olup elde edilen veriler Tablo 12’de ayrıntılı bir şekilde verilmiştir. Analizlerden elde edilen verilerle Deney 13’den elde edilen JLJ-13 kodlu numune için;

Yoğunluk, 793,0 kg/m<sup>3</sup> olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 820-8450 kg/m<sup>3</sup> değer aralığının altında kalmıştır.

Viskozite, 2,315 mm<sup>2</sup>/s olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 2-4,5 mm<sup>2</sup>/s değer aralığının içinde kaldığı belirlenmiştir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından kullanılabilir bir oran olarak görülmektedir.

Parlama noktası, <40 °C olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 55> °C değer aralığının altında kalmıştır.

Akma noktası, +18 °C olarak belirlenmiş bu değere bağlı olarak TS EN ISO standartları gereğinde bu örnek numunenin akıcılığını kaybettiği en düşük sıcaklık +18 °C olarak görülmektedir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından kullanılabilir bir oran olarak değerlendirilememektedir.

Kül içeriği, 0,003 %(m/m) olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan <0,01 %(m/m) değer aralığının altında kalmıştır. Bu yüzden örnek numunenin kül içeriği oldukça az olarak belirlenmiştir. Bu değer yakıt özellikleri açısından kullanılabilir bir değer olarak gözlemlenmektedir.

Yanma ısısı (üst ısıl değer), 45.940 J/g olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 35.000> J/g değer aralığının çok üstünde kalmıştır. Bu yüzden örnek numunenin yanma ısısı oldukça iyi olarak belirlenmiştir.

Yukarıda Deney 13'de elde edilen JLJ-13 kodlu numune için toplanan veriler ve yaptırılan analizler göz önünde bulundurularak JLJ-13 kodlu numunenin sıvı verimi açısından irdelendiğinde iyi değerde olduğu ve kimyasal özellikleri açısından irdelendiğinde yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde özellikle akma noktası, parlama noktasını ve yoğunluğunun düşük olması nedeniyle iyileştirme yapılmadan kullanılma ihtimalinin olmadığı belirlenmiştir.

Deney 15 içerisinde hammadde olarak 400 gr PET ve 400 gr OEA maddesi kullanılmış ve yanında katkı maddesi olarak 75 gr klinoptilolit ve 500 gr MCS23 kullanılmıştır (Tablo 33). Bu deneyde MCS23 katkı maddesi oranı Deney 13'e göre iki katına çıkarılmıştır. Elde edilen örnek için sıvı ve katı kalıntı verim değerleri açısından sonuçlar incelenmiş burada sıvı verimi 675 gr ile % 84,38 olarak hesaplanmıştır. Bu deney sonucunda elde edilen ürünlerde katı kalıntı verimi % 5,00 olarak hesaplanmıştır. Yapılan deney sonucunda elde edilen sıvı yakıt numunesi zamanla sıvı halini koruyabilmiştir ve elde edilen sıvı ürün verimi yeterli olarak görülmektedir. Buna karşın katı kalıntı az oranda olması doğru deney yönteminin uygulanmış olduğunu göstermektedir. Yapılan çalışmada

MCS23 katkı maddesinin iki katına çıkarılması sıvı verimini yükselttiği ve katı veriminin düşürdüğü gözlemlenmiştir

Deney 15'den elde edilen JLJ-15 kodlu numunenin sıvı yakıt yoğunluk, viskozite, parlama noktası, akma noktası, kül içeriği ve yanma ısısı (üst ısıl değer) analizleri Karadeniz Teknik Üniversitesi Yakıt Uygulama ve Araştırma Merkezin'de yaptırılmış olup elde edilen veriler Tablo 14'de ayrıntılı bir şekilde verilmiştir. Analizlerden elde edilen verilerle Deney 15'den elde edilen JLJ-15 kodlu numune için;

Yoğunluk,  $779,7 \text{ kg/m}^3$  olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan  $820-8450 \text{ kg/m}^3$  değer aralığının altında kalmıştır.

Viskozite,  $1,538 \text{ mm}^2/\text{s}$  olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan  $2-4,5 \text{ mm}^2/\text{s}$  değer aralığının altında kaldığı belirlenmiştir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından kullanılabilir bir oran olarak görülmektedir.

Parlama noktası,  $<40 \text{ }^\circ\text{C}$  olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan  $55 > \text{ }^\circ\text{C}$  değer aralığının altında kalmıştır.

Akma noktası,  $+6 \text{ }^\circ\text{C}$  olarak belirlenmiş bu değere bağlı olarak TS EN ISO standartları gereğinde bu örnek numunenin akıcılığını kaybettiği en düşük sıcaklık  $+3 \text{ }^\circ\text{C}$  olarak görülmektedir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından sadece yaz aylarında kullanılabilir bir oran olarak değerlendirilebilmektedir.

Kül içeriği,  $0,003 \text{ \% (m/m)}$  olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan  $<0,01 \text{ \% (m/m)}$  değer aralığının altında kalmıştır. Bu yüzden örnek numunenin kül içeriği oldukça az olarak belirlenmiştir. Bu değer yakıt özellikleri açısından kullanılabilir bir değer olarak gözlemlenmektedir.

Yanma ısısı (üst ısıl değer),  $45.200 \text{ J/g}$  olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan  $35.000 > \text{ J/g}$  değer aralığının çok üstünde kalmıştır. Bu yüzden örnek numunenin yanma ısısı oldukça iyi olarak belirlenmiştir.

Yukarıda Deney 15'de elde edilen JLJ-15 kodlu numune için toplanan veriler ve yaptırılan analizler göz önünde bulundurularak JLJ-15 kodlu numunenin sıvı verimi açısından irdelendiğinde oldukça iyi değerde olduğu ve kimyasal özellikleri açısından irdelendiğinde yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde özellikle parlama noktasının ve yoğunluğunun düşük olması nedeniyle iyileştirme yapılmadan kullanılma ihtimalinin olmadığı belirlenmiştir.

Tablo 34. %40 PET ve %60 OEA hammadde oranları kullanılarak yapılan deneyler

Deney No	Kullanılan Hammadde (gr)				Kullanılan Katkı Maddeleri (gr)			Elde Edilen Ürün (gr)		Elde Edilen Ürün Yüzdesi	
	PVC	PET	OEA	KEA	ka	kl	MCS23	Sıvı Yakıt	Katı Kalıntı	Sıvı Yakıt	Katı Kalıntı
16	-	500	750	-	-	75	250	730	154	58,40	12,32

Yapılan deneylerde yalnızca Deney 16’da hammadde olarak %40 PET ve %60 OEA kullanılmış ve katkı maddeleri olarak 75 gr klinoptilolit ve 250 gr MCS23 eklenerek sıvı verimleri ve katı kalıntı yüzdeleri irdelenmiştir (Tablo 34). Buna bağlı olarak;

Deney 16 sonucunda elde edilen JLJ-16 kodlu numune için sıvı ve katı kalıntı verim değerleri açısından sonuçlar incelenmiş burada sıvı verimi 730 gr ile % 58,40 olarak hesaplanmıştır. Bu deney sonucunda elde edilen ürünlerde katı kalıntı verimi % 12,32 olarak hesaplanmıştır. Yapılan deney sonucunda elde edilen sıvı yakıt numunesi zamanla sıvı halini koruyabilmiştir ve elde edilen sıvı ürün veriminin ve katı kalıntı veriminin çalışmanın sonucunda düşük olduğu gözlemlenmiştir. JLJ-13 ve JLJ-15 kodu numunelerde alınan sıvı verim sonuçları daha yüksek olarak hesaplanmıştır.

Deney 16’dan elde edilen JLJ-16 kodlu numunenin sıvı yakıt yoğunluk, viskozite, parlama noktası, akma noktası, kül içeriği ve yanma ısısı (üst ısıl değer) analizleri Karadeniz Teknik Üniversitesi Yakıt Uygulama ve Araştırma Merkezin’de yaptırılmış olup elde edilen veriler Tablo 15’de ayrıntılı bir şekilde verilmiştir. Analizlerden elde edilen verilerle Deney 16’dan elde edilen JLJ-16 kodlu numune için;

Yoğunluk, 786,9 kg/m<sup>3</sup> olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 820-8450 kg/m<sup>3</sup> değer aralığının altında kalmıştır.

Viskozite, 2,432 mm<sup>2</sup>/s olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 2-4,5 mm<sup>2</sup>/s değer aralığının içinde olarak belirlenmiştir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından kullanılabilir bir oran olarak gözlemlenmektedir.

Parlama noktası, <40 °C olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 55> °C değer aralığının altında kalmıştır.

Akma noktası, +3 °C olarak belirlenmiş bu değere bağlı olarak TS EN ISO standartları gereğinde bu örnek numunenin akıcılığını kaybettiği en düşük sıcaklık +3 °C olarak görülmektedir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından değerlendirildiğinde özellikle yaz aylarında kullanılabilir bir oran olarak değerlendirilebilmektedir.

Kül içeriği, 0,002 %(m/m) olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan <0,01 %(m/m) değer aralığının altında kalmıştır. Bu yüzden örnek numunenin kül içeriği oldukça az olarak belirlenmiştir. Bu değer yakıt özellikleri açısından kullanılabilir bir değer olarak gözlemlenmektedir.

Yanma ısısı (üst ısıl değer), 45.910 J/g olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 35.000> J/g değer aralığının çok üstünde kalmıştır. Bu yüzden örnek numunenin yanma ısısı oldukça iyi olarak belirlenmiştir.

Yukarıda Deney 16'da elde edilen JLJ-16 kodlu numune için toplanan veriler ve yaptırılan analizler göz önünde bulundurularak JLJ-16 kodlu numunenin sıvı verimi açısından irdelendiğinde kötü değerde olduğu ve kimyasal özellikleri açısından irdelendiğinde yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde özellikle parlama noktasının ve yoğunluğunun düşük olması nedeniyle iyileştirme yapılmadan kullanılma ihtimalinin olmadığı belirlenmiştir.

Tablo 35. %50 PVC ve %50 OEA hammadde oranları kullanılarak yapılan deneyler

Deney No	Kullanılan Hammadde (gr)				Kullanılan Katkı Maddeleri (gr)			Elde Edilen Ürün (gr)		Elde Edilen Ürün Yüzdesi	
	PVC	P E T	OEA	K E A	ka	kl	MCS23	Sıvı Yakıt	Katı Kalıntı	Sıvı Yakıt	Katı Kalıntı
14	400	-	400	-	-	75	250	550	83	68,75	10,38

Yapılan deneylerde yalnızca Deney 14'de hammadde olarak %50 PVC ve %50 OEA kullanılmış ve katkı maddeleri olarak 75 gr klinoptilolit ve 250 gr MCS23 eklenerek sıvı verimleri ve katı kalıntı yüzdeleri irdelenmiştir (Tablo 35). Buna bağlı olarak;

Deney 14 sonucunda elde edilen JLJ-14 kodlu numune için sıvı ve katı kalıntı verim değerleri açısından sonuçlar incelenmiş burada sıvı verimi 550 gr ile % 68,75 olarak hesaplanmıştır. Bu deney sonucunda elde edilen ürünlerde katı kalıntı verimi % 10,38 olarak hesaplanmıştır. Yapılan deney sonucunda elde edilen sıvı yakıt numunesi zamanla sıvı halini koruyabilmiştir ve elde edilen sıvı ürün veriminin ve katı kalıntı veriminin çalışmanın sonucunda iyi oranlarda olduğu gözlemlenmiştir.

Deney 14'den elde edilen JLJ-14 kodlu numunenin sıvı yakıt yoğunluk, viskozite, parlama noktası, akma noktası, kül içeriği ve yanma ısısı (üst ısıl değer) analizleri Karadeniz Teknik Üniversitesi Yakıt Uygulama ve Araştırma Merkezin'de yaptırılmış olup

elde edilen veriler Tablo 13’de ayrıntılı bir şekilde verilmiştir. Analizlerden elde edilen verilerle Deney 14’den elde edilen JLJ-14 kodlu numune için;

Yoğunluk,  $793,1 \text{ kg/m}^3$  olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan  $820-8450 \text{ kg/m}^3$  değer aralığının altında kalmıştır.

Viskozite,  $2,063 \text{ mm}^2/\text{s}$  olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan  $2-4,5 \text{ mm}^2/\text{s}$  değer aralığının içinde olarak belirlenmiştir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından kullanılabilir bir oran olarak gözlemlenmektedir.

Parlama noktası,  $<40 \text{ }^\circ\text{C}$  olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan  $55 > \text{ }^\circ\text{C}$  değer aralığının altında kalmıştır.

Akma noktası,  $+15 \text{ }^\circ\text{C}$  olarak belirlenmiş bu değere bağlı olarak TS EN ISO standartları gereğinde bu örnek numunenin akıcılığını kaybettiği en düşük sıcaklık  $+15 \text{ }^\circ\text{C}$  olarak görülmektedir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından değerlendirildiğinde kullanılabilir bir oran olarak değerlendirilememektedir.

Kül içeriği,  $0,001 \text{ \% (m/m)}$  olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan  $<0,01 \text{ \% (m/m)}$  değer aralığının altında kalmıştır. Bu yüzden örnek numunenin kül içeriği oldukça az olarak belirlenmiştir. Bu değer yakıt özellikleri açısından kullanılabilir bir değer olarak gözlemlenmektedir.

Yanma ısısı (üst ısı değer),  $44.920 \text{ J/g}$  olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan  $35.000 > \text{ J/g}$  değer aralığının çok üstünde kalmıştır. Bu yüzden örnek numunenin yanma ısısı oldukça iyi olarak belirlenmiştir.

Yukarıda Deney 14’de elde edilen JLJ-14 kodlu numune için toplanan veriler ve yaptırılan analizler göz önünde bulundurularak JLJ-14 kodlu numunenin sıvı verimi açısından irdelendiğinde iyi değerde olduğu ve kimyasal özellikleri açısından irdelendiğinde yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde özellikle akma noktası, parlama noktasını ve yoğunluğunun düşük olması nedeniyle iyileştirme yapılmadan kullanılma ihtimalinin olmadığı belirlenmiştir.

Tablo 36. %40 PVC ve %60 OEA hammadde oranları kullanılarak yapılan deneyler

Deney No	Kullanılan Hammadde (gr)				Kullanılan Katkı Maddeleri (gr)			Elde Edilen Ürün (gr)		Elde Edilen Ürün Yüzdesi	
	PVC	P E T	OEA	K E A	ka	kl	MCS23	Sıvı Yakıt	Katı Kalıntı	Sıvı Yakıt	Katı Kalıntı
17	500	-	750	-	-	75	250	790	101	63,20	8,08

Yapılan deneylerde yalnızca Deney 17’de hammadde olarak %40 PVC ve %60 OEA kullanılmış ve katkı maddeleri olarak 75 gr klinoptilolit ve 250 gr MCS23 eklenerek sıvı verimleri ve katı kalıntı yüzdeleri irdelenmiştir (Tablo 36). Buna bağlı olarak;

Deney 17 sonucunda elde edilen JLJ-17 kodlu numune için sıvı ve katı kalıntı verim değerleri açısından sonuçlar incelenmiş burada sıvı verimi 790 gr ile % 63,20 olarak hesaplanmıştır. Bu deney sonucunda elde edilen ürünlerde katı kalıntı verimi % 8,08 olarak hesaplanmıştır. Yapılan deney sonucunda elde edilen sıvı yakıt numunesi zamanla sıvı halini koruyabilmiştir ve elde edilen sıvı ürün veriminin ve katı kalıntı veriminin çalışmanın sonucunda iyi oranlarda olduğu gözlemlenmiştir.

Deney 17’den elde edilen JLJ-17 kodlu numunenin sıvı yakıt yoğunluk, viskozite, parlama noktası, akma noktası, kül içeriği ve yanma ısısı (üst ısıl değer) analizleri Karadeniz Teknik Üniversitesi Yakıt Uygulama ve Araştırma Merkezin’de yaptırılmış olup elde edilen veriler Tablo 16’da ayrıntılı bir şekilde verilmiştir. Analizlerden elde edilen verilerle Deney 17’den elde edilen JLJ-17 kodlu numune için;

Yoğunluk, 780,8 kg/m<sup>3</sup> olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 820-8450 kg/m<sup>3</sup> değer aralığının altında kalmıştır.

Viskozite, 1,576 mm<sup>2</sup>/s olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 2-4,5 mm<sup>2</sup>/s değer aralığının altında olarak belirlenmiştir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından kullanılabilir bir oran olarak gözlemlenmemektedir.

Parlama noktası, <40 °C olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 55> °C değer aralığının altında kalmıştır.

Akma noktası, +6 °C olarak belirlenmiş bu değere bağlı olarak TS EN ISO standartları gereğinde bu örnek numunenin akıcılığını kaybettiği en düşük sıcaklık +6 °C olarak görülmektedir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından değerlendirildiğinde özellikle yaz aylarında kullanılabilir bir oran olarak değerlendirilebilmektedir.

Kül içeriği, 0,002 %(m/m) olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan <0,01 %(m/m) değer aralığının altında kalmıştır.



Bu yüzden örnek numunenin kül içeriği oldukça az olarak belirlenmiştir. Bu değer yakıt özellikleri açısından kullanılabilir bir değer olarak gözlemlenmektedir.

Yanma ısısı (üst ısıl değer), 45.860 J/g olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan 35.000> J/g değer aralığının çok üstünde kalmıştır. Bu yüzden örnek numunenin yanma ısısı oldukça iyi olarak belirlenmiştir.

Yukarıda Deney 17’de elde edilen JLJ-17 kodlu numune için toplanan veriler ve yaptırılan analizler göz önünde bulundurularak JLJ-17 kodlu numunenin sıvı verimi açısından irdelendiğinde iyi değerde olduğu ve kimyasal özellikleri açısından irdelendiğinde yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde özellikle parlama noktasının ve yoğunluğunun düşük olması nedeniyle iyileştirme yapılmadan kullanılma ihtimalinin olmadığı belirlenmiştir.

Tablo 37. %100 KEA hammadde oranları kullanılarak yapılan deneyler karşılaştırması

Deney No	Kullanılan Hammadde (gr)				Kullanılan Katkı Maddeleri (gr)			Elde Edilen Ürün (gr)		Elde Edilen Ürün Yüzdesi	
	PVC	PET	OEA	KEA	ka	kl	MCS 23	Sıvı Yakıt	Katı Kalıntı	Sıvı Yakıt	Katı Kalıntı
18	-	-	-	800	-	75	200	660	30	82,50	3,75
19	-	-	-	750	-	75	250	540	90	72,00	12,00
20	-	-	-	750	-	75	250	640	43	85,33	5,73

Yapılan deneylerde Deney 18, Deney 19 ve Deney 20’de hammadde olarak %100 oranında karışık evsel atık (KEA) kullanılmış ve katkı maddeleri parametreleri değiştirilerek sıvı verimleri ve katı kalıntı yüzdeleri irdelenmiştir. Karışık evsel atıkların kullanıldığı deneylerde sıvı ve katı kalıntı verimi açısından alınan en iyi örnek Tablo 37’de Deney 20 olarak belirlenmiştir.

Deney 18 sonucunda elde edilen JLJ-18 kodlu numune için 800 gr KEA hammadde olarak kullanılmış ve yanında 75 gr klinoptilolit ve 200 gr MCS23 kullanılmıştır. Sıvı ve katı kalıntı verim değerleri açısından sonuçlar incelenmiş burada sıvı verimi 660 gr ile % 82,50 olarak hesaplanmıştır. Bu deney sonucunda elde edilen ürünlerde katı kalıntı verimi % 3,75 olarak hesaplanmıştır. Yapılan deney sonucunda elde edilen sıvı yakıt numunesi zamanla sıvı halini koruyabilmiştir ve elde edilen sıvı ürün veriminin ve katı kalıntı veriminin çalışmanın sonucunda çok iyi oranlarda olduğu gözlemlenmiştir.

Deney 18’den elde edilen JLJ-18 kodlu numunenin sıvı yakıt yoğunluk, viskozite, parlama noktası, akma noktası, kül içeriği ve yanma ısısı (üst ısıl değer) analizleri

Karadeniz Teknik Üniversitesi Yakıt Uygulama ve Araştırma Merkezin’de yaptırılmış olup elde edilen veriler Tablo 17’de ayrıntılı bir şekilde verilmiştir. Analizlerden elde edilen verilerle Deney 18’den elde edilen JLJ-18 kodlu numune için;

Yoğunluk,  $773,6 \text{ kg/m}^3$  olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan  $820-845 \text{ kg/m}^3$  değer aralığının altında kalmıştır.

Viskozite,  $1,588 \text{ mm}^2/\text{s}$  olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan  $2-4,5 \text{ mm}^2/\text{s}$  değer aralığının altında olarak belirlenmiştir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından kullanılabilir bir oran olarak gözlemlenmemektedir.

Parlama noktası,  $<40 \text{ }^\circ\text{C}$  olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan  $55 > \text{ }^\circ\text{C}$  değer aralığının altında kalmıştır.

Akma noktası,  $+12 \text{ }^\circ\text{C}$  olarak belirlenmiş bu değere bağlı olarak TS EN ISO standartları gereğinde bu örnek numunenin akıcılığını kaybettiği en düşük sıcaklık  $+12 \text{ }^\circ\text{C}$  olarak görülmektedir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından değerlendirildiğinde kullanılabilir bir oran olarak değerlendirilememektedir.

Kül içeriği,  $0,003 \text{ \% (m/m)}$  olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan  $<0,01 \text{ \% (m/m)}$  değer aralığının altında kalmıştır. Bu yüzden örnek numunenin kül içeriği oldukça az olarak belirlenmiştir. Bu değer yakıt özellikleri açısından kullanılabilir bir değer olarak gözlemlenmektedir.

Yanma ısısı (üst ısıl değer),  $46.430 \text{ J/g}$  olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan  $35.000 > \text{ J/g}$  değer aralığının çok üstünde kalmıştır. Bu yüzden örnek numunenin yanma ısısı oldukça iyi olarak belirlenmiştir.

Yukarıda Deney 18’de elde edilen JLJ-18 kodlu numune için toplanan veriler ve yaptırılan analizler göz önünde bulundurularak JLJ-18 kodlu numunenin sıvı verimi açısından irdelendiğinde iyi değerde olduğu ve kimyasal özellikleri açısından irdelendiğinde yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde özellikle parlama noktasının ve yoğunluğunun düşük olması nedeniyle iyileştirme yapılmadan kullanılma ihtimalinin olmadığı belirlenmiştir.

Deney 19 sonucunda elde edilen JLJ-19 kodlu numune için  $750 \text{ gr}$  KEA hammadde olarak kullanılmış ve yanında  $75 \text{ gr}$  klinoptilolit ve  $250 \text{ gr}$  MCS23 kullanılmıştır. Sıvı ve katı kalıntı verim değerleri açısından sonuçlar incelenmiş burada sıvı verimi  $540 \text{ gr}$  ile  $\% 72,00$  olarak hesaplanmıştır. Bu deney sonucunda elde edilen ürünlerde katı kalıntı verimi  $\% 12,00$  olarak hesaplanmıştır. Yapılan deney sonucunda elde edilen sıvı yakıt numunesi

zamanla sıvı halini koruyabilmiştir ve elde edilen sıvı ürün veriminin ve katı kalıntı veriminin çalışmanın sonucunda iyi oranlarda olduğu gözlemlenmiştir.

Deney 19'dan elde edilen JLJ-19 kodlu numunenin sıvı yakıt yoğunluk, viskozite, parlama noktası, akma noktası, kül içeriği ve yanma ısısı (üst ısıl değer) analizleri Karadeniz Teknik Üniversitesi Yakıt Uygulama ve Araştırma Merkezin'de yaptırılmış olup elde edilen veriler Tablo 18'de ayrıntılı bir şekilde verilmiştir. Analizlerden elde edilen verilerle Deney 19'den elde edilen JLJ-19 kodlu numune için;

Yoğunluk,  $777,9 \text{ kg/m}^3$  olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan  $820-845 \text{ kg/m}^3$  değer aralığının altında kalmıştır.

Viskozite,  $1,322 \text{ mm}^2/\text{s}$  olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan  $2-4,5 \text{ mm}^2/\text{s}$  değer aralığının altında olarak belirlenmiştir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından kullanılabilir bir oran olarak gözlemlenmemektedir.

Parlama noktası,  $<40 \text{ }^\circ\text{C}$  olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan  $55 > \text{ }^\circ\text{C}$  değer aralığının altında kalmıştır.

Akma noktası,  $+12 \text{ }^\circ\text{C}$  olarak belirlenmiş bu değere bağlı olarak TS EN ISO standartları gereğinde bu örnek numunenin akıcılığını kaybettiği en düşük sıcaklık  $+12 \text{ }^\circ\text{C}$  olarak görülmektedir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından değerlendirildiğinde kullanılabilir bir oran olarak değerlendirilememektedir.

Kül içeriği,  $0,003 \text{ \% (m/m)}$  olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan  $<0,01 \text{ \% (m/m)}$  değer aralığının altında kalmıştır. Bu yüzden örnek numunenin kül içeriği oldukça az olarak belirlenmiştir. Bu değer yakıt özellikleri açısından kullanılabilir bir değer olarak gözlemlenmektedir.

Yanma ısısı (üst ısıl değer),  $45.230 \text{ J/g}$  olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan  $35.000 > \text{ J/g}$  değer aralığının çok üstünde kalmıştır. Bu yüzden örnek numunenin yanma ısısı oldukça iyi olarak belirlenmiştir.

Yukarıda Deney 19'da elde edilen JLJ-19 kodlu numune için toplanan veriler ve yaptırılan analizler göz önünde bulundurularak JLJ-19 kodlu numunenin sıvı verimi açısından irdelendiğinde iyi değerde olduğu ve kimyasal özellikleri açısından irdelendiğinde yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde özellikle akma noktasının yüksek, parlama noktasının ve yoğunluğunun düşük olması nedeniyle iyileştirme yapılmadan kullanılma ihtimalinin olmadığı belirlenmiştir.

Deney 20 sonucunda elde edilen JLJ-20 kodlu numune için 750 gr KEA hammadde olarak kullanılmış ve yanında 75 gr klinoptilolit ve 250 gr MCS23 katkı maddeleri sabit tutularak kullanılmıştır. Sıvı ve katı kalıntı verim değerleri açısından sonuçlar incelenmiş burada sıvı verimi 640 gr ile % 85,33 olarak hesaplanmıştır. Bu deney sonucunda elde edilen ürünlerde katı kalıntı verimi % 5,73 olarak hesaplanmıştır. Yapılan deney sonucunda elde edilen sıvı yakıt numunesi zamanla sıvı halini koruyabilmiştir ve elde edilen sıvı ürün veriminin ve katı kalıntı veriminin çalışmanın sonucunda çok iyi oranlarda olduğu gözlemlenmiştir.

Deney 20'den elde edilen JLJ-20 kodlu numunenin sıvı yakıt yoğunluk, viskozite, parlama noktası, akma noktası, kül içeriği ve yanma ısısı (üst ısıl değer) analizleri Karadeniz Teknik Üniversitesi Yakıt Uygulama ve Araştırma Merkezin'de yaptırılmış olup elde edilen veriler Tablo 19'da ayrıntılı bir şekilde verilmiştir. Analizlerden elde edilen verilerle Deney 20'den elde edilen JLJ-20 kodlu numune için;

Yoğunluk,  $778,8 \text{ kg/m}^3$  olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan  $820-845 \text{ kg/m}^3$  değer aralığının altında kalmıştır.

Viskozite,  $1,302 \text{ mm}^2/\text{s}$  olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan  $2-4,5 \text{ mm}^2/\text{s}$  değer aralığının altında olarak belirlenmiştir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından kullanılabilir bir oran olarak gözlemlenmemektedir.

Parlama noktası,  $<40 \text{ }^\circ\text{C}$  olarak belirlenmiş fakat bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan  $55 > \text{ }^\circ\text{C}$  değer aralığının altında kalmıştır.

Akma noktası,  $-3 \text{ }^\circ\text{C}$  olarak belirlenmiş bu değere bağlı olarak TS EN ISO standartları gereğinde bu örnek numunenin akıcılığını kaybettiği en düşük sıcaklık  $-3 \text{ }^\circ\text{C}$  olarak görülmektedir. Bu oran sıvı yakıt değerleri açısından değerlendirildiğinde kış ve yaz aylarında kullanılabilir bir oran olarak değerlendirilebilmektedir.

Kül içeriği,  $0,006 \text{ \% (m/m)}$  olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan  $<0,01 \text{ \% (m/m)}$  değer aralığının altında kalmıştır. Bu yüzden örnek numunenin kül içeriği oldukça az olarak belirlenmiştir. Bu değer yakıt özellikleri açısından kullanılabilir bir değer olarak gözlemlenmektedir.

Yanma ısısı (üst ısıl değer),  $45.380 \text{ J/g}$  olarak belirlenmiş bu değer TS EN ISO standartları tarafından belirlenen değer aralığı olan  $35.000 > \text{ J/g}$  değer aralığının çok üstünde kalmıştır. Bu yüzden örnek numunenin yanma ısısı oldukça iyi olarak belirlenmiştir.

Yukarıda Deney 20’de elde edilen JLJ-20 kodlu numune için toplanan veriler ve yaptırılan analizler göz önünde bulundurularak JLJ-20 kodlu numunenin sıvı verimi açısından irdelendiğinde iyi değerde olduğu ve kimyasal özellikleri açısından irdelendiğinde yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde özellikle parlama noktasının ve yoğunluğunun düşük olması nedeniyle iyileştirme yapılmadan kullanılma ihtimalinin olmadığı belirlenmiştir.

Yapılan çalışmada yaptırılan yoğunluk analizlerinde standarta yakın olarak en yüksek alınan sonuç JLJ-12 numaralı numunede  $797,8 \text{ kg/m}^3$  olarak gözlemlenmiştir. En düşük alınan sonuç ise JLJ-6 numaralı numunede  $769,4 \text{ kg/m}^3$  olarak gözlemlenmiştir (Tablo 21). En yüksek yoğunluk değerinin gözlemlendiği JLJ-12 kodlu numune 250 gr PVC, 250 gr PET ve 500 gr OEA hammadde ve 75 gr klinoptilolit ve 250 gr MCS23 katkı maddesi kullanılarak elde edilmiştir. En düşük yoğunluk değerinin gözlemlendiği JLJ-6 kodlu numune 1080 gr PET hammadde ve 50 gr klinoptilolit ve 800 gr MCS23 katkı maddesi kullanılarak elde edilmiştir. Standart değerlere göre yapılan denemeler sonucunda alınan örneklerin hepsi  $820 - 845 \text{ kg/m}^3$  değer aralığının altında kalmıştır (Şekil 32).

Tablo 38. PET hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin yoğunluk değerlerinin karşılaştırması

<b>Yoğunluk 15 °C (TS EN ISO 12185) (<math>\text{kg/m}^3</math>)</b>					
<b>Standart Değer Aralığı</b>	<b>JLJ-1</b>	<b>JLJ-3</b>	<b>JLJ-4</b>	<b>JLJ-5</b>	<b>JLJ-6</b>
820 -845	--	--	782,0	--	769,4

Yalnızca PET hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen örnek numunelerin yoğunluk değerleri karşılaştırıldığında JLJ-1, JLJ-3 ve JLJ-5 numuneleri için sıvı yakıt analizleri yaptırılmamıştır. Yalnızca JLJ-4 ve JLJ-6 kodlu numunelerden yaptırılan sıvı yakıt analizlerinde JLJ-4 kodlu numune için yoğunluk değeri  $782,0 \text{ kg/m}^3$  olarak ve JLJ-6 kodlu numune için yoğunluk değeri  $769,4 \text{ kg/m}^3$  olarak belirlenmiştir. Bu numunelerden yaptırılan analizlere göre JLJ-4 kodlu numunede yoğunluk değeri standart değer aralığına daha yakın olarak belirlenmiştir ve Tablo 38’de gri renk ile işaretlenmiştir. Yaptırılan analizlere göre PET hammadde kullanılarak elde edilen her iki numuninde standart değer aralığında olmadığı belirlenmiştir. Buna bağlı olarak bu numunelerin

yoğunluk özellikleri göz önünde tutulacak şekilde yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde iyileştirme çalışmaları yapılmadan kullanılabilmesi öngörülmemektedir.

Tablo 39. PVC ve PET hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin yoğunluk değerlerinin karşılaştırması

<b>Yoğunluk 15 °C (TS EN ISO 12185) (kg/m<sup>3</sup>)</b>			
<b>Standart Değer Aralığı</b>	<b>JLJ-7</b>	<b>JLJ-8</b>	<b>JLJ-9</b>
820 -845	787,4	769,9	771,1

PVC ve PET hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin yoğunluk değerleri karşılaştırıldığında JLJ-7 kodlu numune için yoğunluk değeri 787,4 kg/m<sup>3</sup>, JLJ-8 kodlu numune için yoğunluk değeri 769,9 kg/m<sup>3</sup> ve JLJ-9 kodlu numune için yoğunluk değeri 771,1 kg/m<sup>3</sup> olarak belirlenmiştir. Yaptırılan analizlere göre JLJ-7 kodlu numunede yoğunluk değeri standart değer aralığına daha yakın olarak belirlenmiştir ve Tablo 39’da değer gri renk ile işaretlenmiştir. Yaptırılan analizlere göre PVC ve PET hammadde kullanılarak elde edilen JLJ-7, JLJ-8 ve JLJ-9 kodlu numunelerin hepsinin standart değer aralığında olmadığı belirlenmiştir. Buna bağlı olarak bu numunelerin yoğunluk özellikleri göz önünde tutulacak şekilde yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde iyileştirme çalışmaları yapılmadan kullanılabilmesi öngörülmemektedir.

Tablo 40. PVC, PET ve OEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin yoğunluk değerlerinin karşılaştırması

<b>Yoğunluk 15 °C (TS EN ISO 12185) (kg/m<sup>3</sup>)</b>		
<b>Standart Değer Aralığı</b>	<b>JLJ-11</b>	<b>JLJ-12</b>
820 -845	793,0	797,8

PVC, PET ve OEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen örnek numunelerin yoğunluk değerleri karşılaştırıldığında JLJ-11 kodlu numune için yoğunluk değeri 793,0 kg/m<sup>3</sup> ve JLJ-12 kodlu numune için yoğunluk değeri 797,8 kg/m<sup>3</sup> olarak belirlenmiştir. Yaptırılan analizlere göre JLJ-12 kodlu numunede yoğunluk değeri standart değer aralığına daha yakın olarak belirlenmiştir ve Tablo 40’da değer gri renk ile işaretlenmiştir. Yaptırılan analizlere göre PVC, PET ve OEA hammadde kullanılarak elde edilen JLJ-11 ve JLJ-12 kodlu numunelerin hepsinin standart değer aralığında olmadığı

belirlenmiştir. Buna bağlı olarak bu numunelerin yoğunluk özellikleri göz önünde tutulacak şekilde yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde iyileştirme çalışmaları yapılmadan kullanılabilmesi öngörülmektedir.

Tablo 41. PET ve OEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin yoğunluk değerlerinin karşılaştırması

<b>Yoğunluk 15 °C (TS EN ISO 12185) (kg/m<sup>3</sup>)</b>			
<b>Standart Değer Aralığı</b>	<b>JLJ-13</b>	<b>JLJ-15</b>	<b>JLJ-16</b>
820 -845	793,0	779,7	786,9

PET ve OEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen örnek numunelerin yoğunluk değerleri karşılaştırıldığında JLJ-13 kodlu numune için yoğunluk değeri 793,0 kg/m<sup>3</sup>, JLJ-15 kodlu numune için yoğunluk değeri 779,7 kg/m<sup>3</sup>, JLJ-16 kodlu numune için yoğunluk değeri 786,9 kg/m<sup>3</sup> olarak belirlenmiştir. Yaptırılan analizlere göre JLJ-13 kodlu numunede yoğunluk değeri standart değer aralığına daha yakın olarak belirlenmiştir ve Tablo 41’de değer gri renk ile işaretlenmiştir. Yaptırılan analizlere göre PET ve OEA hammadde kullanılarak elde edilen JLJ-13, JLJ-15 ve JLJ-16 kodlu numunelerin hepsinin standart değer aralığında olmadığı belirlenmiştir. Buna bağlı olarak bu numunelerin yoğunluk özellikleri göz önünde tutulacak şekilde yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde iyileştirme çalışmaları yapılmadan kullanılabilmesi öngörülmektedir.

Tablo 42. PVC ve OEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin yoğunluk değerlerinin karşılaştırması

<b>Yoğunluk 15 °C (TS EN ISO 12185) (kg/m<sup>3</sup>)</b>		
<b>Standart Değer Aralığı</b>	<b>JLJ-14</b>	<b>JLJ-17</b>
820 -845	793,1	780,8

PVC ve OEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen örnek numunelerin yoğunluk değerleri karşılaştırıldığında JLJ-14 kodlu numune için yoğunluk değeri 793,1 kg/m<sup>3</sup>, JLJ-17 kodlu numune için yoğunluk değeri 780,8 kg/m<sup>3</sup> olarak belirlenmiştir. Yaptırılan analizlere göre JLJ-14 kodlu numunede yoğunluk değeri standart değer aralığına daha yakın olarak belirlenmiştir ve Tablo 42’de değer gri renk ile

işaretlenmiştir. Yaptırılan analizlere göre PVC ve OEA hammadde kullanılarak elde edilen JLJ-14 ve JLJ-17 kodlu numunelerin hepsinin standart değer aralığında olmadığı belirlenmiştir. Buna bağlı olarak bu numunelerin yoğunluk özellikleri göz önünde tutulacak şekilde yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde iyileştirme çalışmaları yapılmadan kullanılabilmesi öngörülmektedir.

Tablo 43. KEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin yoğunluk değerlerinin karşılaştırması

<b>Yoğunluk 15 °C (TS EN ISO 12185) (kg/m<sup>3</sup>)</b>			
<b>Standart Değer Aralığı</b>	<b>JLJ-18</b>	<b>JLJ-19</b>	<b>JLJ-20</b>
820 -845	773,6	777,9	778,8

KEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen örnek numunelerin yoğunluk değerleri karşılaştırıldığında JLJ-18 kodlu numune için yoğunluk değeri 773,6 kg/m<sup>3</sup>, JLJ-19 kodlu numune için yoğunluk değeri 777,9 kg/m<sup>3</sup>, JLJ-20 kodlu numune için yoğunluk değeri 778,8 kg/m<sup>3</sup> olarak belirlenmiştir. Yaptırılan analizlere göre bütün numunelerde yoğunluk değerleri birbirlerine çok yakın değerlerde gözlemlenmiştir fakat JLJ-20 kodlu numunede yoğunluk değeri standart değer aralığına daha yakın olarak belirlenmiştir ve Tablo 43’de değer gri renk ile işaretlenmiştir. Yaptırılan analizlere göre PET ve OEA hammadde kullanılarak elde edilen JLJ-18, JLJ-19 ve JLJ-20 kodlu numunelerin hepsinin standart değer aralığında olmadığı belirlenmiştir. Buna bağlı olarak bu numunelerin yoğunluk özellikleri göz önünde tutulacak şekilde yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde iyileştirme çalışmaları yapılmadan kullanılabilmesi öngörülmektedir.

Tablo 44. PVC hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin yoğunluk değerleri

<b>Yoğunluk 15 °C (TS EN ISO 12185) (kg/m<sup>3</sup>)</b>	
<b>Standart Değer Aralığı</b>	<b>JLJ-2</b>
820 -845	783,7

PVC hammadde kullanılarak yalnızca bir adet deney yapılmıştır ve elde edilen JLJ-2 kodlu numune için yaptırılan analizlerde yoğunluk değeri 783,7 kg/m<sup>3</sup> olarak belirlenmiştir



(Tablo 44). Yaptırılan analizlere göre PVC hammadde kullanılarak elde edilen JLJ-2 kodlu numunenin standart değer aralığında olmadığı belirlenmiştir. Buna bağlı olarak bu numunenin yoğunluk özellikleri göz önünde tutulacak şekilde yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde iyileştirme çalışmaları yapılmadan kullanılabilmesi öngörülmemektedir.

Tablo 45. OEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin yoğunluk değerleri

<b>Yoğunluk 15 °C (TS EN ISO 12185) (kg/m<sup>3</sup>)</b>	
<b>Standart Değer Aralığı</b>	<b>JLJ-10</b>
820 -845	793,1

OEA hammadde kullanılarak yalnızca bir adet deney yapılmıştır ve elde edilen JLJ-10 kodlu numune için yaptırılan analizlerde yoğunluk değeri 793,1 kg/m<sup>3</sup> olarak belirlenmiştir (Tablo 45). Yaptırılan analizlere göre OEA hammadde kullanılarak elde edilen JLJ-10 kodlu numunenin standart değer aralığında olmadığı belirlenmiştir. Buna bağlı olarak bu numunenin yoğunluk özellikleri göz önünde tutulacak şekilde yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde iyileştirme çalışmaları yapılmadan kullanılabilmesi öngörülmemektedir.

Yapılan deneylerde elde edilen numunelerin TS, EN ve ISO viskozite standart değer aralığına göre karşılaştırması Tablo 22 ve Şekil 33'de yapılmıştır. Standart değerlere göre yapılan denemeler sonucunda alınan örneklerden JLJ-4, JLJ-6, JLJ-8, JLJ-9, JLJ-15, JLJ-17, JLJ-18, JLJ-19 ve JLJ-20 2-4,5 mm<sup>2</sup>/s değer aralığının altında kaldığı gözlemlenmiştir. JLJ-2, JLJ-7, JLJ-10, JLJ-11, JLJ-12, JLJ-13, JLJ-14 ve JLJ-16 kodlu örnek numuneleri bu değer aralığının içerisinde gözlemlenmektedir (Tablo 22).

Çalışmada yaptırılan viskozite analizlerinde standartlara göre en iyi alınan sonuç JLJ-2, JLJ-13 ve JLJ-16 numaralı numunelerde sırasıyla 2,794 mm<sup>2</sup>/s, 2,315 mm<sup>2</sup>/s ve 2,432 mm<sup>2</sup>/s olarak gözlemlenmiştir. En düşük alınan sonuç ise JLJ-8 numaralı numunede 1,199 mm<sup>2</sup>/s olarak gözlemlenmiştir (Şekil-33).

Tablo 46. PET hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin viskozite değerlerinin karşılaştırması

<b>Viskozite 40 °C (TS 1451 EN ISO 3104) (mm<sup>2</sup>/s)</b>					
<b>Standart Değer Aralığı</b>	<b>JLJ-1</b>	<b>JLJ-3</b>	<b>JLJ-4</b>	<b>JLJ-5</b>	<b>JLJ-6</b>
2 – 4,5	--	--	1,864	--	1,292

Yalnızca PET hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen örnek numunelerin viskozite değerleri karşılaştırıldığında JLJ-1, JLJ-3 ve JLJ-5 numuneleri için sıvı yakıt analizleri yaptırılmamıştır. Yalnızca JLJ-4 ve JLJ-6 kodlu numunelerden yaptırılan sıvı yakıt analizlerinde JLJ-4 kodlu numune için viskozite değeri 1,864 mm<sup>2</sup>/s olarak ve JLJ-6 kodlu numune için viskozite değeri 1,292 mm<sup>2</sup>/s olarak belirlenmiştir. Bu numunelerden yaptırılan analizlere göre JLJ-4 kodlu numunede viskozite değeri standart değer aralığına daha yakın olarak belirlenmiştir ve Tablo 46’da değer gri renk ile işaretlenmiştir. Yaptırılan analizlere göre PET hammadde kullanılarak elde edilen her iki numunede standart değer aralığında olmadığı belirlenmiştir. Buna bağlı olarak bu numunelerin viskozite özellikleri göz önünde tutulacak şekilde yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde iyileştirme çalışmaları yapılmadan kullanılabilmesi öngörülmemektedir.

Tablo 47. PVC ve PET hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin viskozite değerlerinin karşılaştırması

<b>Viskozite 40 °C (TS 1451 EN ISO 3104) (mm<sup>2</sup>/s)</b>			
<b>Standart Değer Aralığı</b>	<b>JLJ-7</b>	<b>JLJ-8</b>	<b>JLJ-9</b>
2 – 4,5	2,159	1,199	1,223

PVC ve PET hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen örnek numunelerin viskozite değerleri karşılaştırıldığında JLJ-7 kodlu numune için viskozite değeri 2,159 mm<sup>2</sup>/s, JLJ-8 kodlu numune için viskozite değeri 1,199 mm<sup>2</sup>/s, JLJ-9 kodlu numune için viskozite değeri 1,223 mm<sup>2</sup>/s olarak belirlenmiştir. Yaptırılan analizlere göre JLJ-7 kodlu numunede viskozite değeri standart değer aralığında olarak belirlenmiştir ve Tablo 47’de değer gri renk ile işaretlenmiştir. Yaptırılan analizlere göre PVC ve PET hammadde kullanılarak elde edilen JLJ-7 kodlu numunenin standart değer aralığında

belirlenmiş fakat JLJ-8 ve JLJ-9 kodlu numunelerin standart değer aralığında olmadığı belirlenmiştir. Buna bağlı olarak JLJ-7 kodlu numunenin viskozite özelliği göz önünde tutularak yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde kullanılabilmesi öngörülebilmektedir. JLJ-8 ve JLJ-9 kodlu numunelerin viskozite özellikleri göz önünde tutulacak şekilde yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde iyileştirme çalışmaları yapılmadan kullanılabilmeleri öngörülmemektedir.

Tablo 48. PVC, PET ve OEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin viskozite değerlerinin karşılaştırması

<b>Viskozite 40 °C (TS 1451 EN ISO 3104) (mm<sup>2</sup>/s)</b>		
<b>Standart Değer Aralığı</b>	<b>JLJ-11</b>	<b>JLJ-12</b>
2 – 4,5	2,077	2,265

PVC, PET ve OEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen örnek numunelerin viskozite değerleri karşılaştırıldığında JLJ-11 kodlu numune için viskozite değeri 2,077 mm<sup>2</sup>/s ve JLJ-12 kodlu numune için viskozite değeri 2,265 mm<sup>2</sup>/s olarak belirlenmiştir. Yapıtılan analizlere göre JLJ-12 kodlu numunede viskozite değeri standart değer aralığında daha yüksek olarak belirlenmiştir ve Tablo 48’de değer gri renk ile işaretlenmiştir. Yapıtılan analizlere göre PVC, PET ve OEA hammadde kullanılarak elde edilen JLJ-11 ve JLJ-12 kodlu numunelerin standart değer aralığında olduğu belirlenmiştir. Buna bağlı olarak bu numunelerin viskozite özellikleri göz önünde tutulacak şekilde yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde kullanılabilmeleri öngörülebilmektedir.

Tablo 49. PET ve OEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin viskozite değerlerinin karşılaştırması

<b>Viskozite 40 °C (TS 1451 EN ISO 3104) (mm<sup>2</sup>/s)</b>			
<b>Standart Değer Aralığı</b>	<b>JLJ-13</b>	<b>JLJ-15</b>	<b>JLJ-16</b>
2 – 4,5	2,315	1,538	2,432

PET ve OEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen örnek numunelerin viskozite değerleri karşılaştırıldığında JLJ-13 kodlu numune için viskozite değeri 2,315 mm<sup>2</sup>/s, JLJ-15 kodlu numune için viskozite değeri 1,538 mm<sup>2</sup>/s, JLJ-16 kodlu numune için viskozite değeri 2,432 mm<sup>2</sup>/s olarak belirlenmiştir. Yapıtılan analizlere

göre JLJ-13 ve JLJ-16 kodlu numunede viskozite değeri standart değer aralığında olarak belirlenmiştir ve Tablo 49'da değerler gri renk ile işaretlenmiştir. Yaptırılan analizlere göre PET ve OEA hammadde kullanılarak elde edilen JLJ-13 ve JLJ-16 kodlu numuneler standart değer aralığında olarak belirlenmiş fakat JLJ-15 kodlu numunenin standart değer aralığında olmadığı belirlenmiştir. Buna bağlı olarak JLJ-13 ve JLJ-16 kodlu numunelerin viskozite özellikleri göz önünde tutulacak şekilde yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde kullanılabilmesi öngörülebilmektedir. JLJ-15 kodlu numunenin viskozite özellikleri göz önünde tutulacak şekilde yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde iyileştirme çalışmaları yapılmadan kullanılabilmesi öngörülmemektedir.

Tablo 50. PVC ve OEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin viskozite değerlerinin karşılaştırması

<b>Viskozite 40 °C (TS 1451 EN ISO 3104) (mm<sup>2</sup>/s)</b>		
<b>Standart Değer Aralığı</b>	<b>JLJ-14</b>	<b>JLJ-17</b>
2 – 4,5	2,063	1,576

PVC ve OEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen örnek numunelerin viskozite değerleri karşılaştırıldığında JLJ-14 kodlu numune için viskozite değeri 2,063 mm<sup>2</sup>/s, JLJ-17 kodlu numune için viskozite değeri 1,576 mm<sup>2</sup>/s olarak belirlenmiştir. Yaptırılan analizlere göre JLJ-14 kodlu numunede viskozite değeri standart değer aralığında olarak belirlenmiştir ve Tablo 50'de değer gri renk ile işaretlenmiştir. Yaptırılan analizlere göre PVC ve OEA hammadde kullanılarak elde edilen JLJ-14 kodlu numune standart değer aralığı içerisinde olarak belirlenmiş fakat JLJ-17 kodlu numunenin standart değer aralığında olmadığı belirlenmiştir. Buna bağlı olarak JLJ-14 kodlu numunenin viskozite özellikleri göz önünde tutulacak şekilde yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde kullanılabilmesi öngörülebilmektedir. JLJ-17 kodlu numunenin viskozite özellikleri göz önünde tutulacak şekilde yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde iyileştirme çalışmaları yapılmadan kullanılabilmesi öngörülmemektedir.

Tablo 51. KEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin viskozite değerlerinin karşılaştırması

<b>Viskozite 40 °C (TS 1451 EN ISO 3104) (mm<sup>2</sup>/s)</b>			
<b>Standart Değer Aralığı</b>	<b>JLJ-18</b>	<b>JLJ-19</b>	<b>JLJ-20</b>
2 – 4,5	1,588	1,322	1,302

KEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen örnek numunelerin viskozite değerleri karşılaştırıldığında JLJ-18 kodlu numune için viskozite değeri 1,588 mm<sup>2</sup>/s, JLJ-19 kodlu numune için viskozite değeri 1,322 mm<sup>2</sup>/s, JLJ-20 kodlu numune için viskozite değeri 1,302 mm<sup>2</sup>/s olarak belirlenmiştir. Yaptırılan analizlere göre bütün numunelerde viskozite değerleri birbirlerine çok yakın değerlerde gözlemlenmiştir fakat JLJ-18 kodlu numunede viskozite değeri standart değer aralığına daha yakın olarak belirlenmiştir ve Tablo 51’de değer gri renk ile işaretlenmiştir. Yaptırılan analizlere göre PET ve OEA hammadde kullanılarak elde edilen JLJ-18, JLJ-19 ve JLJ-20 kodlu numunelerin hepsinin standart değer aralığında olmadığı belirlenmiştir. Buna bağlı olarak bu numunelerin viskozite özellikleri göz önünde tutulacak şekilde yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde iyileştirme çalışmaları yapılmadan kullanılabilirliği öngörülmemektedir.

Tablo 52. PVC hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin viskozite değerleri

<b>Viskozite 40 °C (TS 1451 EN ISO 3104) (mm<sup>2</sup>/s)</b>	
<b>Standart Değer Aralığı</b>	<b>JLJ-2</b>
2 – 4,5	2,794

PVC hammadde kullanılarak yalnızca bir adet deney yapılmıştır ve elde edilen JLJ-2 kodlu numune için yaptırılan analizlerde viskozite değeri 2,794 mm<sup>2</sup>/s olarak belirlenmiştir (Tablo 52). Yaptırılan analizlere göre PVC hammadde kullanılarak elde edilen JLJ-2 kodlu numunenin standart değer aralığı içerisinde olduğu belirlenmiştir. Buna bağlı olarak bu numunenin viskozite özellikleri göz önünde tutulacak şekilde yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde kullanılabilirliği öngörülebilmektedir.

Tablo 53. OEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin viskozite değerleri

<b>Viskozite 40 °C (TS 1451 EN ISO 3104) (mm<sup>2</sup>/s)</b>	
<b>Standart Değer Aralığı</b>	<b>JLJ-10</b>
2 – 4,5	2,075

OEA hammadde kullanılarak yalnızca bir adet deney yapılmıştır ve elde edilen JLJ-10 kodlu numune için yaptırılan analizlerde viskozite değeri 2,075 mm<sup>2</sup>/s olarak belirlenmiştir (Tablo 53). Yaptırılan analizlere göre OEA hammadde kullanılarak elde edilen JLJ-10 kodlu numunenin standart değer aralığı içerisinde olduğu belirlenmiştir. Buna bağlı olarak bu numunenin viskozite özellikleri göz önünde tutulacak Şekilde yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde kullanılabilmesi öngörülebilmektedir.

Çalışmada yapılan deneylerde elde edilen numunelerin yaptırılan parlama noktası analizlerinde, bütün numunelerde parlama noktası 40 °C'ın altında ölçülmüştür ve bu yüzden olması gereken standartlarla karşılaştırması yapılamamıştır. Buna bağlı olarak bu numunelerin parlama noktası özellikleri göz önünde tutulacak Şekilde yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde herhangi bir iyileştirme yapılmadan kullanılabilmesi öngörülememektedir.

Çalışmada yapılan deneylerde elde edilen numunelerin akma noktası değerlerinin karşılaştırması Tablo 22 ve Şekil 33'de yapılmıştır. Akma noktası yakıtın akma özelliğini yani hareket yeteneğini yitirdiği en düşük sıcaklık olduğundan yapılan denemelerde alınan sonuçlara göre JLJ-2 kodlu numune hareket yeteneğini -6 °C'da, JLJ-4 kodlu numune hareket yeteneğini 15 °C'da, JLJ-6 kodlu numune hareket yeteneğini 0 °C'da, JLJ-7 kodlu numune hareket yeteneğini 6 °C'da, JLJ-8 kodlu numune hareket yeteneğini 0 °C'da, JLJ-9 kodlu numune hareket yeteneğini -3 °C'da, JLJ-10 kodlu numune hareket yeteneğini 12 °C'da, JLJ-11 kodlu numune hareket yeteneğini 9 °C'da, JLJ-12 kodlu numune hareket yeteneğini 12 °C'da, JLJ-13 kodlu numune hareket yeteneğini 18 °C'da, JLJ-14 kodlu numune hareket yeteneğini 15 °C'da, JLJ-15 kodlu numune hareket yeteneğini 6 °C'da, JLJ-16 kodlu numune hareket yeteneğini 3 °C'da, JLJ-17 kodlu numune hareket yeteneğini 6 °C'da, JLJ-18 kodlu numune hareket yeteneğini 12 °C'da, JLJ-19 kodlu numune hareket yeteneğini 12 °C'da, JLJ-20 kodlu numune hareket yeteneğini -3 °C'da kaybetmektedir (Tablo 23).

Çalışmada yaptırılan akma noktası analizlerinde standartlara göre en iyi alınan sonuç JLJ-2, JLJ-9 ve JLJ-20 numaralı numunelerde sırasıyla -6 °C, -3 °C ve -3 °C olarak gözlemlenmiştir. En düşük alınan sonuç ise JLJ-13 numaralı numunede 18 °C olarak gözlemlenmiştir (Şekil-34).

Tablo 54. PET hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin akma noktası değerlerinin karşılaştırması

<b>Akma Noktası °C (TS 1233 ISO 3016) (°C)</b>					
<b>Standart Değer Aralığı</b>	<b>JLJ-1</b>	<b>JLJ-3</b>	<b>JLJ-4</b>	<b>JLJ-5</b>	<b>JLJ-6</b>
-	--	--	15	--	0

Yalnızca PET hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen örnek numunelerin akma noktası değerleri karşılaştırıldığında JLJ-1, JLJ-3 ve JLJ-5 numuneleri için sıvı yakıt analizleri yaptırılmamıştır. Yalnızca JLJ-4 ve JLJ-6 kodlu numunelerden yaptırılan sıvı yakıt analizlerinde JLJ-4 kodlu numune için akma noktası değeri 15 °C olarak ve JLJ-6 kodlu numune için akma noktası değeri 0 °C olarak belirlenmiştir. Bu numunelerden yaptırılan analizlere göre JLJ-6 kodlu numune 0 °C hareket yeteneğini kaybederken JLJ-4 kodlu numune hareket yeteneğini 15 °C kaybetmektedir (Tablo 54). Yaptırılan analizlere göre PET hammadde kullanılarak elde edilen JLJ-6 kodlu numunenin akma noktası özellikleri göz önünde tutulacak şekilde yaz ve kış aylarında yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde kullanılabilir olduğu gözlemlenirken. JLJ-4 numunenin akma noktası özellikleri göz önünde tutulacak şekilde yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde iyileştirme çalışmaları yapılmadan kullanılabilmesi öngörülmemektedir.

Tablo 55. PVC ve PET hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin akma noktası değerlerinin karşılaştırması

<b>Akma Noktası °C (TS 1233 ISO 3016) (°C)</b>			
<b>Standart Değer Aralığı</b>	<b>JLJ-7</b>	<b>JLJ-8</b>	<b>JLJ-9</b>
-	6	0	-3

PVC ve PET hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen örnek numunelerin akma noktası değerleri karşılaştırıldığında JLJ-7 kodlu numune için akma

noktası değeri 6 °C, JLJ-8 kodlu numune için akma noktası değeri 0 °C, JLJ-9 kodlu numune için akma noktası değeri -3 °C olarak belirlenmiştir. Bu numunelerden yaptırılan analizlere göre JLJ-7 kodlu numune 6 °C hareket yeteneğini kaybederken JLJ-8 kodlu numune hareket yeteneğini 0 °C'de kaybetmektedir ve JLJ-9 kodlu numune hareket yeteneğini -3 °C'de kaybetmektedir. Burada en iyi oranda elde edilen akma noktası derecesi Tablo 55'de gri renk ile işaretlenen JLJ-9 kodlu numunede gözlemlenmiştir. Yaptırılan analizlere göre PVC ve PET hammadde kullanılarak elde edilen JLJ-7, JLJ-8 ve JLJ-9 kodlu numunelerin akma noktası özellikleri göz önünde tutulacak şekilde JLJ-7 kodlu numune özellikle yaz aylarında JLJ-8 ve JLJ-9 kodlu numunelerin yaz ve kış aylarında yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde kullanılabilir olduğu gözlemlenmiştir.

Tablo 56. PVC, PET ve OEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin akma noktası değerlerinin karşılaştırması

<b>Akma Noktası °C (TS 1233 ISO 3016) (°C)</b>		
<b>Standart Değer Aralığı</b>	<b>JLJ-11</b>	<b>JLJ-12</b>
-	9	12

PVC, PET ve OEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen örnek numunelerin akma noktası değerleri karşılaştırıldığında JLJ-11 kodlu numune için akma noktası değeri 9 °C ve JLJ-12 kodlu numune için akma noktası değeri 12 °C olarak belirlenmiştir. Bu numunelerden yaptırılan analizlere göre JLJ-7 kodlu numune 9 °C hareket yeteneğini kaybederken JLJ-12 kodlu numune hareket yeteneğini 12 °C'de kaybetmektedir. Burada en iyi oranda elde edilen akma noktası derecesi Tablo 56'da gri renk ile işaretlenen JLJ-11 kodlu numunede gözlemlenmiştir. Yaptırılan analizlere göre PVC, PET ve OEA hammadde kullanılarak elde edilen JLJ-11 ve JLJ-12 kodlu numunelerin akma noktası özellikleri göz önünde tutulacak şekilde bu numunelerin yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde kullanılabilir olmadığı gözlemlenmiştir.



Tablo 57. PET ve OEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin akma noktası değerlerinin karşılaştırması

<b>Akma Noktası °C (TS 1233 ISO 3016) (°C)</b>			
<b>Standart Değer Aralığı</b>	<b>JLJ-13</b>	<b>JLJ-15</b>	<b>JLJ-16</b>
-	18	6	3

PET ve OEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen örnek numunelerin akma noktası değerleri karşılaştırıldığında JLJ-13 kodlu numune için akma noktası değeri 18 °C, JLJ-15 kodlu numune için akma noktası değeri 6 °C, JLJ-16 kodlu numune için akma noktası değeri 3 °C olarak belirlenmiştir. Bu numunelerden yaptırılan analizlere göre JLJ-13 kodlu numune 18 °C hareket yeteneğini kaybederken JLJ-15 kodlu numune hareket yeteneğini 6 °C'de kaybetmektedir ve JLJ-16 kodlu numune hareket yeteneğini 3 °C'de kaybetmektedir. Burada en iyi oranda elde edilen akma noktası derecesi Tablo 57'de gri renk ile işaretlenen JLJ-16 kodlu numunede gözlemlenmiştir. Yaptırılan analizlere göre PVC ve PET hammadde kullanılarak elde edilen JLJ-13, JLJ-15 ve JLJ-16 kodlu numunelerin akma noktası özellikleri göz önünde tutulacak şekilde JLJ-15 ve JLJ-16 kodlu numuneler özellikle yaz aylarında yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde kullanılabilir olduğu gözlemlenmiştir. JLJ-13 kodlu numunenin yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde akma noktası özelliklerine göre kullanılabilir olmadığı gözlemlenmiştir.

Tablo 58. PVC ve OEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin akma noktası değerlerinin karşılaştırması

<b>Akma Noktası °C (TS 1233 ISO 3016) (°C)</b>		
<b>Standart Değer Aralığı</b>	<b>JLJ-14</b>	<b>JLJ-17</b>
-	15	6

PVC ve OEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen örnek numunelerin akma noktası değerleri karşılaştırıldığında JLJ-14 kodlu numune için akma noktası değeri 15 °C ve JLJ-17 kodlu numune için akma noktası değeri 6 °C olarak belirlenmiştir. Bu numunelerden yaptırılan analizlere göre JLJ-14 kodlu numune 15 °C'de hareket yeteneğini kaybederken JLJ-17 kodlu numune hareket yeteneğini 6 °C'de kaybetmektedir. Burada en iyi oranda elde edilen akma noktası derecesi Tablo 58'de gri

renk ile işaretlenen JLJ-17 kodlu numunede gözlemlenmiştir. Yaptırılan analizlere göre PVC ve OEA hammadde kullanılarak elde edilen JLJ-17 kodlu numune akma noktası özellikleri göz önünde tutulacak şekilde özellikle yaz aylarında yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde kullanılabilir olduğu gözlemlenmiştir. JLJ-14 kodlu numune akma noktası özellikleri göz önünde tutulacak şekilde yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde kullanılabilir olmadığı gözlemlenmiştir.

Tablo 59. KEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin akma noktası değerlerinin karşılaştırması

<b>Akma Noktası °C (TS 1233 ISO 3016) (°C)</b>			
<b>Standart Değer Aralığı</b>	<b>JLJ-18</b>	<b>JLJ-19</b>	<b>JLJ-20</b>
-	12	12	-3

KEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen örnek numunelerin akma noktası değerleri karşılaştırıldığında JLJ-18 kodlu numune için akma noktası değeri 12 °C, JLJ-19 kodlu numune için akma noktası değeri 12 °C, JLJ-20 kodlu numune için akma noktası değeri -3 °C olarak belirlenmiştir. Bu numunelerden yaptırılan analizlere göre JLJ-18 kodlu numune 12 °C’de hareket yeteneğini kaybederken JLJ-19 kodlu numune hareket yeteneğini 12 °C’de kaybetmektedir ve JLJ-20 kodlu numune hareket yeteneğini -3 °C’de kaybetmektedir. Burada en iyi oranda elde edilen akma noktası derecesi Tablo 59’da gri renk ile işaretlenen JLJ-20 kodlu numunede gözlemlenmiştir. Yaptırılan analizlere göre KEA hammadde kullanılarak elde edilen JLJ-18, JLJ-19 ve JLJ-20 kodlu numunelerin akma noktası özellikleri göz önünde tutulacak şekilde JLJ-20 kodlu numune özellikle yaz ve kış aylarında yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde kullanılabilir olduğu gözlemlenmiştir. JLJ-18 ve JLJ-19 kodlu numunelerin yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde akma noktası özelliklerine göre iyileştirme yapılmadan kullanılabilir olmadığı gözlemlenmiştir.

Tablo 60. PVC hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin akma noktası değerleri

<b>Akma Noktası °C (TS 1233 ISO 3016) (°C)</b>	
<b>Standart Değer Aralığı</b>	<b>JLJ-2</b>
-	-6

PVC hammadde kullanılarak yalnızca bir adet deney yapılmıştır ve elde edilen JLJ-2 kodlu numune için yaptırılan analizlerde akma noktası değeri -6 °C olarak belirlenmiştir (Tablo 60). Yaptırılan analizlere göre PVC hammadde kullanılarak elde edilen JLJ-2 kodlu numune hareket yeteneğini -6 °C’de kaybetmektedir. Buna bağlı olarak bu numunenin akma noktası özellikleri göz önünde tutularak kış ve yaz aylarında yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde kullanılabilmesi öngörülebilmektedir.

Tablo 61. OEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin akma noktası değerleri

<b>Akma Noktası °C (TS 1233 ISO 3016) (°C)</b>	
<b>Standart Değer Aralığı</b>	<b>JLJ-10</b>
-	12

OEA hammadde kullanılarak yalnızca bir adet deney yapılmıştır ve elde edilen JLJ-10 kodlu numune için yaptırılan analizlerde akma noktası değeri 12 °C olarak belirlenmiştir (Tablo 61). Yaptırılan analizlere göre PVC hammadde kullanılarak elde edilen JLJ-2 kodlu numune hareket yeteneğini 12 °C’de kaybetmektedir. Buna bağlı olarak bu numunenin akma noktası özellikleri göz önünde tutulacak şekilde yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde kullanılabilmesi öngörülememektedir.

Bu çalışmada yapılan deneylerde elde edilen numunelerden sadece JLJ-2, JLJ-6 ve JLJ-7 numuneler için su içeriği belirlenebilmiş ve diğer numunelerin hiçbirinde su içeriğine rastlanmamıştır. Burada JLJ-2 kodlu numune yalnızca PVC hammadde kullanılarak elde edilmiş, JLJ-6 kodlu numune yalnızca PET hammadde kullanılarak elde edilmiş ve JLJ-7 kodlu numune PVC ve PET hammadde kullanılarak elde edilmiştir. Analizlere göre JLJ-2 kodlu numune için su içeriği 0,1 %(m/m)’den küçük, ve JLJ-6 kodlu numune için su içeriği 0,1%(m/m) ve ve JLJ-7 kodlu numune için su içeriği 0,15 %(m/m) olarak belirlenmiştir (Tablo 24). Buna bağlı olarak bu numunelerin su içeriği özellikleri göz

önünde tutulacak şekilde yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde kullanılabilmesi öngörülebilmektedir.

Bu çalışmada yapılan deneylerde elde edilen numunelerin kül içeriği değerlerinin karşılaştırması Tablo 25 ve Şekil 35’de yapılmıştır. Yapılan denemelerde alınan numunelerin analiz sonuçlarına göre JLJ-2 kodlu numunenin kül içeriği 0,002 %(m/m) olarak, JLJ-4 kodlu numunenin kül içeriği 0,005 %(m/m) olarak, JLJ-6 kodlu numunenin kül içeriği 0,002 %(m/m) olarak, JLJ-7 kodlu numunenin kül içeriği 0,001 %(m/m) olarak, JLJ-8 kodlu numunenin kül içeriği 0,001 %(m/m) olarak, JLJ-9 kodlu numunenin kül içeriği 0,001 %(m/m) olarak, JLJ-10 kodlu numunenin kül içeriği 0,001 %(m/m) olarak, JLJ-11 kodlu numunenin kül içeriği 0,003 %(m/m) olarak, JLJ-12 kodlu numunenin kül içeriği 0,004 %(m/m) olarak, JLJ-13 kodlu numunenin kül içeriği 0,003 %(m/m) olarak, JLJ-14 kodlu numunenin kül içeriği 0,001 %(m/m) olarak, JLJ-15 kodlu numunenin kül içeriği 0,003 %(m/m) olarak, JLJ-16 kodlu numunenin kül içeriği 0,002 %(m/m) olarak, JLJ-17 kodlu numunenin kül içeriği 0,002 %(m/m) olarak, JLJ-18 kodlu numunenin kül içeriği 0,003 %(m/m) olarak, JLJ-19 kodlu numunenin kül içeriği 0,003 %(m/m) olarak, JLJ-20 kodlu numunenin kül içeriği 0,006 %(m/m) olarak belirlenmiştir (Tablo 25).

Bu çalışmada yapılan deneylerde elde edilen numunelerden en yüksek kül içeriğine sahip olan numune 0,006 %(m/m) olarak JLJ-20 kodlu numune olarak gözlemlenmiştir. Analizlere göre JLJ-7, JLJ-8, JLJ-9, JLJ-10 ve JLJ-14 kodlu numuneler 0,001 %(m/m) olarak en düşük kül içeriğine sahip numuneler olarak gözlemlenmişlerdir. Bu çalışmada yapılan analizlerde bütün numuneler 0,01 %(m/m) standart değerden düşük kül içeriğine sahip oldukları gözlemlenmektedir (Şekil 35).

Tablo 62. PET hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin kül içeriği değerlerinin karşılaştırması

<b>Kül İçeriği (TS EN ISO 6245) %(m/m)</b>					
<b>Standart Değer Aralığı</b>	<b>JLJ-1</b>	<b>JLJ-3</b>	<b>JLJ-4</b>	<b>JLJ-5</b>	<b>JLJ-6</b>
<0,01	--	--	0,005	--	0,002

Yalnızca PET hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen örnek numunelerin kül içerik değerleri karşılaştırıldığında JLJ-1, JLJ-3 ve JLJ-5 numuneleri için sıvı yakıt analizleri yaptırılmamıştır. Yalnızca JLJ-4 ve JLJ-6 kodlu numunelerden

yaptırılan sıvı yakıt analizlerinde JLJ-4 kodlu numune için kül içerik değeri 0,005 %(m/m) olarak ve JLJ-6 kodlu numune için kül içerik değeri 1,292 %(m/m) olarak belirlenmiştir. Bu numunelerden yaptırılan analizlere göre JLJ-6 kodlu numunede kül içerik değeri standart değer aralığına göre çok daha düşük olarak belirlenmiştir ve Tablo 62’de değer yıldız ile işaretlemiştir. Yaptırılan analizlere göre PET hammadde kullanılarak elde edilen her iki numunede standart değer aralığının içerisinde olduğu belirlenmiştir. Buna bağlı olarak bu numunelerin kül içerik özellikleri göz önünde tutulacak şekilde yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde kullanılabilirliği öngörülebilir.

Tablo 63. PVC ve PET hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin kül içeriği değerlerinin karşılaştırması

<b>Kül İçeriği (TS EN ISO 6245) (%(m/m))</b>			
<b>Standart Değer Aralığı</b>	<b>JLJ-7</b>	<b>JLJ-8</b>	<b>JLJ-9</b>
<0,01	0,001	0,001	0,001

PVC ve PET hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen örnek numunelerin kül içerik değerleri karşılaştırıldığında JLJ-7 kodlu numune için kül içerik değeri 0,001 %(m/m), JLJ-8 kodlu numune için kül içerik değeri 0,001 %(m/m), JLJ-9 kodlu numune için kül içerik değeri 0,001 %(m/m) olarak belirlenmiştir. Yaptırılan analizlere göre bütün numunelerde kül içerik değeri standart değer aralığında olarak belirlenmiştir (Tablo 63). Buna bağlı olarak JLJ-7, JLJ-8 ve JLJ-9 kodlu numunelerin kül içerik özelliği göz önünde tutularak yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde kullanılabilirliği öngörülebilir.

Tablo 64. PVC, PET ve OEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin kül içeriği değerlerinin karşılaştırması

<b>Kül İçeriği (TS EN ISO 6245) (%(m/m))</b>		
<b>Standart Değer Aralığı</b>	<b>JLJ-11</b>	<b>JLJ-12</b>
<0,01	0,003	0,004

PVC, PET ve OEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen örnek numunelerin kül içerik değerleri karşılaştırıldığında JLJ-11 kodlu numune için kül içerik değeri 0,003 %(m/m) ve JLJ-12 kodlu numune için kül içerik değeri 0,004 %(m/m) olarak

belirlenmiştir. Yaptırılan analizlere göre JLJ-11 kodlu numunede kül içerik değeri standart değer aralığında daha iyi olarak belirlenmiştir ve Tablo 64’de değer gri renk ile işaretlenmiştir. Yaptırılan analizlere göre PVC, PET ve OEA hammadde kullanılarak elde edilen JLJ-11 ve JLJ-12 kodlu numunelerin standart değer aralığında olduğu belirlenmiştir. Buna bağlı olarak bu numunelerin kül içerik özellikleri göz önünde tutulacak şekilde yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde kullanılabilirliği öngörülebilmektedir.

Tablo 65. PET ve OEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin kül içeriği değerlerinin karşılaştırması

<b>Kül İçeriği (TS EN ISO 6245) (%(m/m))</b>			
<b>Standart Değer Aralığı</b>	<b>JLJ-13</b>	<b>JLJ-15</b>	<b>JLJ-16</b>
<0,01	0,003	0,003	0,002

PET ve OEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen örnek numunelerin kül içerik değerleri karşılaştırıldığında JLJ-13 kodlu numune için kül içerik değeri 0,003 %(m/m), JLJ-15 kodlu numune için kül içerik değeri 0,003 %(m/m), JLJ-16 kodlu numune için kül içerik değeri 0,002 %(m/m) olarak belirlenmiştir. Yaptırılan analizlere göre JLJ-16 kodlu numunede kül içerik değeri diğerlerine göre standart değer aralığında daha iyi olarak belirlenmiştir ve Tablo 65’de değer gri renk ile işaretlenmiştir. Yaptırılan analizlere göre PET ve OEA hammadde kullanılarak elde edilen JLJ-13, JLJ-15 ve JLJ-16 kodlu numuneler standart değer aralığında olarak belirlenmiştir. Buna bağlı olarak JLJ-13, JLJ-15 ve JLJ-16 kodlu numunelerin kül içerik özellikleri göz önünde tutulacak şekilde yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde kullanılabilirliği öngörülebilmektedir.

Tablo 66. PVC ve OEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin kül içeriği değerlerinin karşılaştırması

<b>Kül İçeriği (TS EN ISO 6245) (%(m/m))</b>		
<b>Standart Değer Aralığı</b>	<b>JLJ-14</b>	<b>JLJ-17</b>
<0,01	0,001	0,002

PVC ve OEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen örnek numunelerin kül içerik değerleri karşılaştırıldığında JLJ-14 kodlu numune için kül içerik

değeri 0,001 %(m/m), JLJ-17 kodlu numune için kül içerik değeri 0,002 %(m/m) olarak belirlenmiştir. Yaptırılan analizlere göre JLJ-14 kodlu numunede kül içerik değeri standart değer aralığında daha iyi olarak belirlenmiştir ve Tablo 66'da değer gri renk ile işaretlenmiştir. Yaptırılan analizlere göre PVC ve OEA hammadde kullanılarak elde edilen JLJ-14 ve JLJ-17 kodlu numuneler standart değer aralığı içerisinde olarak belirlenmiştir. Buna bağlı olarak JLJ-14 ve JLJ-17 kodlu numunelerin kül içerik özellikleri göz önünde tutulacak şekilde yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde kullanılabilmesi öngörülebilmektedir.

Tablo 67. KEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin kül içeriği değerlerinin karşılaştırması

<b>Kül İçeriği (TS EN ISO 6245) %(m/m)</b>			
<b>Standart Değer Aralığı</b>	<b>JLJ-18</b>	<b>JLJ-19</b>	<b>JLJ-20</b>
<0,01	0,003	0,003	0,006

KEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen örnek numunelerin kül içerik değerleri karşılaştırıldığında JLJ-18 kodlu numune için kül içerik değeri 0,003 %(m/m), JLJ-19 kodlu numune için kül içerik değeri 0,003 %(m/m), JLJ-20 kodlu numune için kül içerik değeri 0,006 %(m/m) olarak belirlenmiştir. Yaptırılan analizlere JLJ-18 ve JLJ-19 kodlu numunelerde kül içerik değeri standart değer aralığında JLJ-20 kodlu numuneye göre daha iyi olarak belirlenmiştir ve Tablo 67'de değerler gri renk ile işaretlenmiştir. Yaptırılan analizlere göre PET ve OEA hammadde kullanılarak elde edilen JLJ-18, JLJ-19 ve JLJ-20 kodlu numunelerin hepsinin standart değer aralığında olduğu belirlenmiştir. Buna bağlı olarak bu numunelerin kül içerik özellikleri göz önünde tutulacak şekilde yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde yapılmadan kullanılabilmeleri öngörülebilmektedir.

Tablo 68. PVC hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin kül içeriği değerleri

<b>Kül İçeriği (TS EN ISO 6245) %(m/m)</b>	
<b>Standart Değer Aralığı</b>	<b>JLJ-2</b>
<0,01	0,002

PVC hammadde kullanılarak yalnızca bir adet deney yapılmıştır ve elde edilen JLJ-2 kodlu numune için yaptırılan analizlerde kül içerik değeri 0,002 %(m/m) olarak belirlenmiştir (Tablo 68). Yaptırılan analizlere göre PVC hammadde kullanılarak elde edilen JLJ-2 kodlu numunenin standart değer aralığı içerisinde olduğu belirlenmiştir. Buna bağlı olarak bu numunenin kül içerik özellikleri göz önünde tutulacak şekilde yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde kullanılabilmesi öngörülebilmektedir.

Tablo 69. OEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin kül içeriği değerleri

<b>Kül İçeriği (TS EN ISO 6245) %(m/m)</b>	
<b>Standart Değer Aralığı</b>	<b>JLJ-10</b>
<0,01	0,001

OEA hammadde kullanılarak yalnızca bir adet deney yapılmıştır ve elde edilen JLJ-10 kodlu numune için yaptırılan analizlerde kül içerik değeri 0,001 %(m/m) olarak belirlenmiştir (Tablo 69). Yaptırılan analizlere göre OEA hammadde kullanılarak elde edilen JLJ-10 kodlu numunenin standart değer aralığı içerisinde olduğu belirlenmiştir. Buna bağlı olarak bu numunenin kül içerik özellikleri göz önünde tutulacak şekilde yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde kullanılabilmesi öngörülebilmektedir.

Yapılan deneylerde elde edilen numunelerin yanma ısısı (üst ısı değer) değerlerinin karşılaştırması Tablo 26 ve Şekil 36'da yapılmıştır. Yapılan denemelerde alınan numunelerin analiz sonuçlarına göre bütün numuneler TS, EN ve ISO yanma ısısı standart alt sınır değeri 35.000 J/g değerinin üzerinde ölçülmüştür (Tablo 26).

Bu çalışmada yapılan deneylerde elde edilen numunelerden en yüksek yanma ısısı (üst ısı değer) gösteren numune JLJ-2 kodlu numunede 46.500 J/g olarak ölçülmüştür. Analizlere göre en düşük yanma ısısı (üst ısı değer) gösteren numune JLJ-6 kodlu numunede 44.900 J/g olarak ölçülmüştür. Bu çalışmada yapılan analizlerde bütün numuneler 35.000 J/g standart değerden yüksek yanma ısısı (üst ısı değer) değerine sahip oldukları gözlemlenmektedir (Şekil 36).



Tablo 70. PET hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin yanma ısısı (üst ısıl değer) değerlerinin karşılaştırması

<b>Yanma Isısı (Üst Isıl Değer) (DIN 51900-2) (J/g)</b>					
<b>Standart Değer Aralığı</b>	<b>JLJ-1</b>	<b>JLJ-3</b>	<b>JLJ-4</b>	<b>JLJ-5</b>	<b>JLJ-6</b>
35.000>	--	--	45.710	--	44.900

Yalnızca PET hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen örnek numunelerin yanma ısısı (üst ısıl değer) değerleri karşılaştırıldığında JLJ-1, JLJ-3 ve JLJ-5 numuneleri için sıvı yakıt analizleri yaptırılmamıştır. Yalnızca JLJ-4 ve JLJ-6 kodlu numunelerden yaptırılan sıvı yakıt analizlerinde JLJ-4 kodlu numune için yanma ısısı (üst ısıl değer) değeri 45.710 J/g olarak ve JLJ-6 kodlu numune için yanma ısısı (üst ısıl değer) değeri 44.900 J/g olarak belirlenmiştir. Bu numunelerden yaptırılan analizlere göre JLJ-4 kodlu numunede yanma ısısı (üst ısıl değer) değeri JLJ-6 kodlu numuneye göre çok daha iyi olarak belirlenmiştir ve Tablo 70'de değer gri renk ile işaretlenmiştir. Yaptırılan analizlere göre PET hammadde kullanılarak elde edilen her iki numunede standart değer aralığının içerisinde olduğu belirlenmiştir. Buna bağlı olarak bu numunelerin yanma ısısı (üst ısıl değer) özellikleri göz önünde tutulacak şekilde yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde kullanılabilirliği öngörülebilmektedir.

Tablo 71. PVC ve PET hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin yanma ısısı (üst ısıl değer) değerlerinin karşılaştırması

<b>Yanma Isısı (Üst Isıl Değer) (DIN 51900-2) (J/g)</b>			
<b>Standart Değer Aralığı</b>	<b>JLJ-7</b>	<b>JLJ-8</b>	<b>JLJ-9</b>
35.000>	45.890	44.940	45.370

PVC ve PET hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen örnek numunelerin yanma ısısı (üst ısıl değer) değerleri karşılaştırıldığında JLJ-7 kodlu numune için yanma ısısı (üst ısıl değer) değeri 45.890 J/g, JLJ-8 kodlu numune için yanma ısısı (üst ısıl değer) değeri 44.940 J/g, JLJ-9 kodlu numune için yanma ısısı (üst ısıl değer) değeri 45.370 J/g olarak belirlenmiştir. Yaptırılan analizlere göre bütün numunelerde yanma ısısı (üst ısıl değer) değeri standart değer aralığında olarak belirlenmiştir (Tablo 71). Buna bağlı olarak JLJ-7, JLJ-8 ve JLJ-9 kodlu numunelerin yanma ısısı (üst ısıl değer) özelliği göz

önünde tutularak yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde kullanılabilmesi öngörülebilmektedir.

Tablo 72. PVC, PET ve OEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin yanma ısısı (üst ısıl değer) değerlerinin karşılaştırması

<b>Yanma Isısı (Üst Isıl Değer) (DIN 51900-2) (J/g)</b>		
<b>Standart Değer Aralığı</b>	<b>JLJ-11</b>	<b>JLJ-12</b>
35.000>	45.530	45.770

PVC, PET ve OEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen örnek numunelerin yanma ısısı (üst ısıl değer) değerleri karşılaştırıldığında JLJ-11 kodlu numune için yanma ısısı (üst ısıl değer) değeri 45.530 J/g ve JLJ-12 kodlu numune için yanma ısısı (üst ısıl değer) değeri 45.770 J/g olarak belirlenmiştir. Yaptırılan analizlere göre JLJ-2 kodlu numunede yanma ısısı (üst ısıl değer) değeri JLJ-11 kodlu numuneye göre daha iyi olarak belirlenmiştir ve Tablo 72’de değer gri renk ile işaretlenmiştir. Yaptırılan analizlere göre PVC, PET ve OEA hammadde kullanılarak elde edilen JLJ-11 ve JLJ-12 kodlu numunelerin standart değer aralığında olduğu belirlenmiştir. Buna bağlı olarak bu numunelerin yanma ısısı (üst ısıl değer) özellikleri göz önünde tutulacak şekilde yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde kullanılabilmeleri öngörülebilmektedir.

Tablo 73. PET ve OEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin yanma ısısı (üst ısıl değer) değerlerinin karşılaştırması

<b>Yanma Isısı (Üst Isıl Değer) (DIN 51900-2) (J/g)</b>			
<b>Standart Değer Aralığı</b>	<b>JLJ-13</b>	<b>JLJ-15</b>	<b>JLJ-16</b>
35.000>	45.940	45.200	45.910

PET ve OEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen örnek numunelerin yanma ısısı (üst ısıl değer) değerleri karşılaştırıldığında JLJ-13 kodlu numune için yanma ısısı (üst ısıl değer) değeri 45.940 J/g, JLJ-15 kodlu numune için yanma ısısı (üst ısıl değer) değeri 45.200 J/g, JLJ-16 kodlu numune için yanma ısısı (üst ısıl değer) değeri 45.910 J/g olarak belirlenmiştir. Yaptırılan analizlere göre JLJ-13 kodlu numunede yanma ısısı (üst ısıl değer) değeri diğerlerine göre standart değer aralığında daha iyi olarak belirlenmiştir ve Tablo 73’de değer gri renk ile işaretlemiştir. Yaptırılan analizlere göre

PET ve OEA hammadde kullanılarak elde edilen JLJ-13, JLJ-15 ve JLJ-16 kodlu numuneler standart değer aralığında olarak belirlenmiştir. Buna bağlı olarak JLJ-13, JLJ-15 ve JLJ-16 kodlu numunelerin yanma ısısı (üst ısıl değer) özellikleri göz önünde tutulacak şekilde yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde kullanılabilirliği öngörülebilmektedir.

Tablo 74. PVC ve OEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin yanma ısısı (üst ısıl değer) değerlerinin karşılaştırması

<b>Yanma Isısı (Üst Isıl Değer) (DIN 51900-2) (J/g)</b>		
<b>Standart Değer Aralığı</b>	<b>JLJ-14</b>	<b>JLJ-17</b>
35.000>	44.920	45.860

PVC ve OEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen örnek numunelerin yanma ısısı (üst ısıl değer) değerleri karşılaştırıldığında JLJ-14 kodlu numune için yanma ısısı (üst ısıl değer) değeri 44.920 J/g, JLJ-17 kodlu numune için yanma ısısı (üst ısıl değer) değeri 45.860 J/g olarak belirlenmiştir. Yaptırılan analizlere göre JLJ-17 kodlu numunede yanma ısısı (üst ısıl değer) değeri standart değer aralığında JLJ-14 kodlu numuneye göre daha iyi olarak belirlenmiştir ve Tablo 74'de değer gri renk ile işaretlenmiştir. Yaptırılan analizlere göre PVC ve OEA hammadde kullanılarak elde edilen JLJ-14 ve JLJ-17 kodlu numuneler standart değer aralığı içerisinde olarak belirlenmiştir. Buna bağlı olarak JLJ-14 ve JLJ-17 kodlu numunelerin yanma ısısı (üst ısıl değer) özellikleri göz önünde tutulacak şekilde yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde kullanılabilirliği öngörülebilmektedir.

Tablo 75. KEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin yanma ısısı (üst ısıl değer) değerlerinin karşılaştırması

<b>Yanma Isısı (Üst Isıl Değer) (DIN 51900-2) (J/g)</b>			
<b>Standart Değer Aralığı</b>	<b>JLJ-18</b>	<b>JLJ-19</b>	<b>JLJ-20</b>
35.000>	46.430	45.230	45.380

KEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen örnek numunelerin yanma ısısı (üst ısıl değer) değerleri karşılaştırıldığında JLJ-18 kodlu numune için yanma ısısı (üst ısıl değer) değeri 46.430 J/g, JLJ-19 kodlu numune için yanma ısısı (üst ısıl değer)

değeri 45.230 J/g, JLJ-20 kodlu numune için yanma ısısı (üst ısıl değer) değeri 45.380 J/g olarak belirlenmiştir. Yaptırılan analizlere JLJ-18 kodlu numunede kül içerik değeri diğerlerine göre daha iyi olarak belirlenmiştir ve Tablo 75’de değer gri renk ile işaretlenmiştir. Yaptırılan analizlere göre KEA hammadde kullanılarak elde edilen JLJ-18, JLJ-19 ve JLJ-20 kodlu numunelerin hepsinin standart değer aralığında olduğu belirlenmiştir. Buna bağlı olarak bu numunelerin yanma ısısı (üst ısıl değer) özellikleri göz önünde tutulacak şekilde yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde yapılmadan kullanılabilirleri öngörülebilir.

Tablo 76. PVC hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin yanma ısısı (üst ısıl değer) değerleri

<b>Yanma Isısı (Üst Isıl Değer) (DIN 51900-2) (J/g)</b>	
<b>Standart Değer Aralığı</b>	<b>JLJ-2</b>
35.000>	46.500

PVC hammadde kullanılarak yalnızca bir adet deney yapılmıştır ve elde edilen JLJ-2 kodlu numune için yaptırılan analizlerde yanma ısısı (üst ısıl değer) değeri 46.500 J/g olarak belirlenmiştir (Tablo 76). Yaptırılan analizlere göre PVC hammadde kullanılarak elde edilen JLJ-2 kodlu numunenin standart değer aralığı içerisinde olduğu belirlenmiştir. Buna bağlı olarak bu numunenin yanma ısısı (üst ısıl değer) özellikleri göz önünde tutulacak şekilde yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde kullanılabilmesi öngörülebilir.

Tablo 77. OEA hammadde kullanılarak yapılan deneylerde elde edilen numunelerin yanma ısısı (üst ısıl değer) değerleri

<b>Yanma Isısı (Üst Isıl Değer) (DIN 51900-2) (J/g)</b>	
<b>Standart Değer Aralığı</b>	<b>JLJ-10</b>
35.000>	45.690

OEA hammadde kullanılarak yalnızca bir adet deney yapılmıştır ve elde edilen JLJ-10 kodlu numune için yaptırılan analizlerde yanma ısısı (üst ısıl değer) değeri 45.690 J/g olarak belirlenmiştir (Tablo 77). Yaptırılan analizlere göre OEA hammadde kullanılarak elde edilen JLJ-10 kodlu numunenin standart değer aralığı içerisinde olduğu belirlenmiştir. Buna bağlı olarak bu numunenin yanma ısısı (üst ısıl değer) özellikleri göz önünde tutulacak şekilde yakıt olarak motorlu araçlarda ve iş makinelerinde kullanılabilmesi öngörülebilmektedir.



## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

1. Çalışmada yapılan deneylerde hesaplanan yüzde değerlere göre en yüksek verim hammadde olarak PVC ve PET atıkların yarı yarıya eklenmesi ve 75 gr klinoptilolit ve 500 gr MCS23 katkıları eklenerek yapılan Deney 9'da %93,33 olarak elde edilmiştir, ayrıca yapılan deneyde herhangi bir katı kalıntısı gözlemlenmemiştir. Deney 9'a kadar yapılan deneylerde klinoptilolit ve MCS23 katkıları farklı oranlarda kullanılmış fakat MCS23 katkısının 500 gr'dan fazla veya yüksek katılması ile birlikte yine verim düşüşleri yaşanmıştır. Bu çalışmada en yüksek verim doğruluğu organik atık haricinde %50 PVC ve %50 PET içerisine hammadde miktarına göre % 5 klinoptilolit ve % 34 MCS23 katkısı katılarak yapılan deney olmuştur.

2. Organik evsel atıklar (OEA), PVC ve PET kullanılarak yapılan çalışmalarda en yüksek verim %69,16 olarak Deney 11'de elde edilmiştir. Bu çalışmada bütün atıklar eşit miktarda katılarak (OEA=PVC=PET) hammadde miktarına göre % 34 MCS23 ve % 6,25 klinoptilolit katkısı kullanılarak en yüksek verime ulaşılmıştır.

3. Karışık evsel atıklar (KEA) kullanılarak yapılan çalışmalarda verim yüzdeleri genellikle %80 üstü olarak gözlemlenmiştir. KEA hammadde kullanılarak yapılan çalışmalarda en yüksek verim %85,33 olarak Deney 20'de gözlemlenmiştir. KEA hammadde kullanılarak elde edilen en yüksek verim KEA hammadde miktarına göre % 34 MCS23 ve %10 klinoptilolit katkı maddesi kullanılarak elde edilmiştir. Bu çalışmalarda yapılan gözlemlerde sonuç olarak en verimli olarak tamamen karışık atıklarla yapılan deneylerin daha yüksek verimler verdiği belirlenmiştir.

4. PET ve OEA hammadde kullanılarak yapılan çalışmalarda en yüksek verim %84,38 olarak Deney 15'de gözlemlenmiştir. Yapılan deneylerde OEA hammadde yükseldikçe sıvı ürün verim miktarının düştüğü gözlemlenmiştir. PET ve OEA hammadde kullanılarak elde edilen en yüksek verim % 50 PET ve % 50 OEA hammadde miktarına göre % 31 MCS23 ve % 9 klinoptilolit katkı maddesi kullanılarak elde edilmiştir.

5. PVC ve OEA hammadde kullanılarak yapılan çalışmalarda en yüksek verim % 68,75 olarak Deney 14'de gözlemlenmiştir. Yapılan deneylerde OEA hammadde yükseldikçe sıvı ürün verim miktarının düştüğü gözlemlenmiştir. PVC ve OEA hammadde

kullanılarak elde edilen en yüksek verim % 50 PVC ve % 50 OEA hammadde miktarına göre % 31 MCS23 ve % 9 klinoptilolit katkı maddesi kullanılarak elde edilmiştir.

6. PET hammadde kullanılarak yapılan çalışmalarda en yüksek verim % 64,81 olarak Deney 6'da gözlemlenmiştir. Yapılan deneylerde MCS23 katkı maddesi yükseldikçe sıvı ürün verim miktarının arttığı gözlemlenmiştir. PET hammadde kullanılarak elde edilen en yüksek verim hammadde miktarına göre % 74 MCS23 ve % 5 klinoptilolit katkı maddesi kullanılarak elde edilmiştir.

7. Yapılan % sıvı ürün verim hesaplamalarına göre en yüksek oranda ve katı kalıntı miktarı olmadan PVC ve PET atıkların eşit miktarlarda kullanıldığı deneylerde gözlemlenmiştir. Bu çalışmada PVC, PET ve OEA hammaddelerinin tek başına kullanıldığı çalışmalarda sıvı ürün verim yüzdelerinin düştüğü belirlenmiştir bunun yanı sıra en yüksek oranlarda ve standart bir şekilde verim eldesi karışık evsel atıkların kullanıldığı çalışmalarda elde edilmiştir.

8. Yaptırılan analizlerde elde edilen numune analizleri TS, EN ve ISO yakıt standartları değerlerine göre karşılaştırıldığında en iyi oranda yoğunluk değeri Deney 12'den elde edilen JLJ-12 kodlu numunede  $797,8 \text{ kg/m}^3$  olarak belirlenmiştir. Deney 12 içerisinde hammadde olarak 250 gr PVC, 250 gr PET ve 500 gr OEA yanında 75 gr klinoptilolit ve 250 gr MCS23 katkı maddesi kullanılmış olup 600 gr (% 61 verim) sıvı yakıt ve 235 gr katı kalıntı elde edilmiştir. Standartlara göre ürünlerin yoğunluk özelliklerinin  $820-845 \text{ kg/m}^3$  değer aralığının içerisinde olması gerekirken yapılan deneylerin hiçbirinde bu değer aralığında üretim yapılamamıştır. Bu durumda elde edilen ürünlerin standart değerleri içerisinde olan yakıtlarla karıştırılarak kullanılması önerilmektedir.

9. Yaptırılan analizlerde elde edilen numune analizleri TS, EN ve ISO yakıt standartları değerlerine göre viskozite değerleri karşılaştırıldığında JLJ-2, JLJ-7, JLJ-10, JLJ-11, JLJ-12, JLJ-13, JLJ-14 ve JLJ-16 kodlu numuneler standart değer aralığında ( $2-4,5 \text{ mm}^2/\text{s}$ ) özellik gösterdikleri belirlenmiştir. En iyi oranda viskozite değeri Deney 2'den elde edilen JLJ-2 kodlu numunede  $2,794 \text{ mm}^2/\text{s}$  olarak belirlenmiştir. Deney 2 içerisinde hammadde olarak 2510 gr PVC yanında 50 gr klinoptilolit ve 150 gr MCS23 katkı maddesi kullanılmış olup 1580 gr (% 62,94 verim) sıvı yakıt ve 151 gr katı kalıntı elde edilmiştir. Fakat bu numuneler içerisinde en iyi verim (% 75) ve viskozite ( $2,075 \text{ mm}^2/\text{s}$ ) değerini barındıran numune JLJ-10 kodlu numune olarak belirlenmiştir. JLJ-10 kodlu numune

içerisinde hammadde olarak 800 gr OEA ve 75 gr klinoptilolit ve 250 gr MCS23 katkısı bulunmaktadır. Buna bağlı olarak standart aralığında viskozitelere sahip örnekler incelendiğinde yoğun olarak OEA kullanılan numunelerde viskozite değerlerinin diğer deneylere göre daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

10. Yaptırılan analizlerde elde edilen numune analizleri TS, EN ve ISO yakıt standartları değerlerine göre parlama noktası değerleri karşılaştırıldığında bütün numunelerde parlama noktası değerlerin 40 °C'nin altında olduğu belirlenmiştir. Standartlara göre yakıtların motorlu taşıtlarda ve iş makinelerinde kullanılabilmesi için ürünlerin parlama noktası özelliklerinin 55 °C'nin üzerinde olması gerekirken yapılan deneylerin hiçbirinde bu değerlerde üretim yapılamamıştır. Bu durumda elde edilen ürünlerin standart değerleri içerisinde olan yakıtlarla karıştırılarak kullanılması önerilmektedir.

11. Yaptırılan analizlerde elde edilen numune analizleri TS, EN ve ISO yakıt standartları değerlerine göre akma noktası değerleri karşılaştırıldığında JLJ-2, JLJ-9 ve JLJ-20 kodlu numuneler standartlara göre akma özelliklerini (hareket yeteneklerini) yaz ve kış aylarında da koruyabilmektedirler. En iyi oranda akma noktası değeri Deney 2'den elde edilen JLJ-2 kodlu numunede -6 °C olarak belirlenmiştir. Deney 2 içerisinde hammadde olarak 2510 gr PVC yanında 50 gr klinoptilolit ve 150 gr MCS23 katkı maddesi kullanılmış olup 1580 gr (% 62,94 verim) sıvı yakıt ve 151 gr katı kalıntı elde edilmiştir. Fakat bu numuneler içerisinde en iyi verim (% 93,33) ve akma noktası (-3 °C) değerini barındıran numune JLJ-9 kodlu numune olarak belirlenmiştir. JLJ-9 kodlu numune içerisinde hammadde olarak 750 gr PVC ve 750 gr PET yanında 75 gr klinoptilolit ve 500 gr MCS23 katkısı bulunmaktadır.

12. Yaptırılan analizlerde elde edilen numune analizleri TS, EN ve ISO yakıt standartları değerlerine göre su içeriği değerleri karşılaştırıldığında sadece JLJ-2, JLJ-6 ve JLJ-7 kodlu numunelerin su içerikleri belirlenebilmiş ve bu numunelerin hepsinde su içeriği değerlerinin standart değer aralığında (0-0,2 %(m/m)) oldukları belirlenmiştir. Standartlara göre yakıtların motorlu taşıtlarda ve iş makinelerinde kullanılabilmesi için ürünlerin su içeriği özelliklerinin 0,2 %(m/m)'nin altında olması gerekmektedir ve yapılan deneylerin hepsinde bu değerlerde üretim yapılmıştır.

13. Yaptırılan analizlerde elde edilen numune analizleri TS, EN ve ISO yakıt standartları değerlerine göre kül içeriği değerleri karşılaştırıldığında numunelerin hepsinde



kül içeriği değerlerinin standart değer aralığında (0-0,01 %(m/m)) oldukları belirlenmiştir. Standartlara göre yakıtların motorlu taşıtlarda ve iş makinelerinde kullanılabilmesi için ürünlerin su içeriği özelliklerinin 0,01 %(m/m)'nin altında olması gerekmektedir ve yapılan deneylerin hepsinde bu değerlerde üretim yapılmıştır.

14. Yaptırılan analizlerde elde edilen numune analizleri TS, EN ve ISO yakıt standartları değerlerine göre yanma ısı (üst ısıl değer) değerleri karşılaştırıldığında numunelerin hepsinde yanma ısı (üst ısıl değer) değerlerinin standart değer aralığında (35.000> J/g) oldukları belirlenmiştir. Standartlara göre yakıtların motorlu taşıtlarda ve iş makinelerinde kullanılabilmesi için ürünlerin yanma ısı (üst ısıl değer) özelliklerinin 35.000 J/g'ın üstünde olması gerekmektedir ve yapılan deneylerin hepsinde bu değerlerde üretim yapılmıştır.

15. Bu çalışmada yapılan deneylerde MCS23 ve klinoptilolit katkılarının birlikte kullanılması elde edilen sıvı yakıt ürünlerinin daha yüksek verimlere ulaşması ve yakıt özellikleri açısından bakıldığında daha iyi değerler elde edilmesine direkt katkısı olduğu gözlemlenmektedir.

16. Çalışmada elde edilen numunelerin yetersiz ekonomi yüzünden bütün yakıt özellikleri incelenememiş olup daha sonra yapılacak çalışmalarda numune sayısının artırılıp bütün yakıt özellikleri deneylerinin yaptırılması çalışmanın özgünlüğü açısından daha belirgin sonuçlar doğuracaktır.

17. Çalışmada elde edilen numunelerden sonra kalan katı kalıntıların verim değer ölçümleri yapılmıştır fakat bu katı kalıntı ürünlerin yetersiz bütçe yüzünden kimyasal analizleri yaptırılmamıştır. Çalışmanın daha iyi anlaşılabilmesi ve çok yönlü araştırma yapılabilmesi açısından daha sonra yapılacak olan çalışmalarda katı kalıntı ürünlerinin kimyasal analizlerinin yaptırılması önerilmektedir.

18. Yapılan çalışmada sıvı ve katı ürünlerinin yanı sıra yapılan bütün deneylerde belirli oranlarda gaz ürün çıkışı olmuştur. Gaz ürünlerin değer ölçümleri çalışmada kullanılan sistemin yetersizliğinden yapılamamıştır ve belirli bir yerde depolanamamıştır. Bu yüzden gaz ürünlerin kimyasal analizleride bu çalışmada yaptırılmamıştır. Daha sonra yapılacak olan çalışmalarda gaz ürün özellik deneylerinin yaptırılması çalışmanın özgünlüğü ve elde edilen gaz ürünlerin kullanım alanları açısından daha belirgin sonuçlar doğuracağı öngörülmektedir.

## 6. KAYNAKLAR

- Ankara Üniversitesi, 2012. Ders Kodu KYM453, Kimya Mühendisliği Lab. II Föyü, Kalorimetre
- Borat, O., Balcı, M. ve Sürmen, A., 1992. İçten Yanmalı Motorlar, Ders Aletleri Yapım Merkezi Matbaası, Ankara
- Çengel Y.A. ve Bowles N.A., 1994. Thermodynamics and engineering approach. 2nd edn., McGraw Hill, New York
- Çepelioğullar, Ö. ve Pütün, A.E., 2014. Products characterization study of a slow pyrolysis of biomass-plastic mixtures in a fixed-bed reactor. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 110, 363-374.
- Daniel, M.P., Kumar, K.V., Prasad, B.D. and Puli, R.K., 2017. Performance and emission characteristics of diesel engine operated on plastic pyrolysis oil with exhaust gas recirculation. International Journal Of Ambient Energy, 38, 295-299.
- DIN, DIN 51900-2, 2003. Petrol ürünleri – Petrol ürünleri- Yanma Isısı Tayini – Bomba Kalorimetresi Yöntemi, Alman Standartlar Enstitüsü, Berlin.
- Dorado, C., Mullen, C.A. and Boateng, A.A., 2014. Origin of carbon in aromatic and olefin products derived from HZSM-5catalyzed co-pyrolysis of cellulose and plastics via isotopic labeling. Applied Catalysis B: Environmental, 162, 338-345.
- Erkan, Z., 2002. Balıkesir-Sındırgı Duvartepe bölgesi düşüktepe mevkii Kaolin cevherinin zenginleştirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, DEU Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Erşen, T. ve Pehlivan, D., 2011. Yüksek yoğunluklu polietilen – Odun karışımlarının birlikte pirolizi. Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi, 26, 607-612.
- Hey, Max H., and F. A. Bannister., 1934. "Studies on the zeolites. Part VII 1. 'Clinoptilolite', a silica-rich variety of heulandite." Mineralogical Magazine and Journal of the Mineralogical Society 23, 145, 556-559.
- Kalargaris, I., Tian, G. and Gu, S., 2017. The utilisation of oils produced from plastic waste at different pyrolysis temperatures in a DI diesel engine. Energy, 131, 179-185.
- Kaminsky, W. ve Kim, J.S., 1999. Pyrolysis of mixed plastics into aromatics. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 51, 127-134.
- Kaminsky, W., Predel, M. and Sadiki, A., 2004. Feedstock recycling of polymers by pyrolysis in a fluidised bed. Polymer Degradation and Stability, 85, 1045-1050.

- Kinast, J. A., 2003. Production of Biodiesels from Multiple Feedstocks and Properties of Biodiesels and Biodiesel / Biodiesel Blends, NREL/SR-510-31460, Colorado, USA.
- Kumar, N. ve Godara, S., 2014. Study of Catalytic conversion of plastic waste using different catalysts: focus on waste PVC. International Journal of Engineering and Technical Research (IJETR), 3, 35-36.
- Li, X., Li, J., Zhou, G., Feng, Y., Wang, Y., Yu, G., Deng, S., Huang, J. and Wang, B., 2014. Enhancing the production of renewable petrochemicals by co-feeding of biomass with plastics in catalytic fast pyrolysis with ZSM-5 zeolites. Applied Catalysis A: General, 481, 173-182.
- Miranda, R., Pakdel, H., Roy, C. and Vasile, C., 2001. Vacuum pyrolysis of commingled plastics containing PVC II. Product analysis. Polymer Degradation and Stability, 73, 47-67.
- Paradela, F., Pinto, F., Ramos, A.M., Gülyurtlu, I. and Cabrita, I., 2009. Study of the Slow Batch Pyrolysis of Mixtures of Plastics, Tires and Forestry Biomass Wastes. Effect of the Experimental Conditions in the Liquid Compounds. Comunicação apresentada na ISWA/APESB 2009: Turning waste into ideas, Lisbon, October, Portugal.
- Pinto, F., Costa, P., Gülyurtlu, I. and Cabrita, I., 1999. Pyrolysis of plastic wastes. 1. Effect of plastic waste composition on product yield. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 51, 39-55.
- Pinto, F., Costa, P., Gülyurtlu, I. and Cabrita, I., 1999. Pyrolysis of plastic wastes 2. Effect of catalyst on product yield. Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 51, 57-71.
- Pratama, N.N. ve Saptoadi, H., 2014. Characteristics of Waste Plastics Pyrolytic Oil and Its Applications as Alternative Fuel on Four Cylinder Diesel Engines. Int. Journal of Renewable Energy Development, 3, 13-20.
- Schaller, W. T., 1923. "Ptilolite and related zeolites. In proc." Society (ET Wherry, ed). Am. Mineral, 8, 93-94.
- Sharma, B.K., Moser, B.R., Vermillion, K.E., Doll, K.M. and Rajagopalan, N., 2014. Production, characterization and fuel properties of alternative diesel fuel from pyrolysis of waste plastic grocery bags. Fuel Processing Technology, 122, 79-90.
- Sharma, M.C. and Soni, N., 2013. Production of Alternative Diesel Fuel from Waste Oils and Comparison with Fresh Diesel:-A Review. The International Journal Of Engineering And Science (IJES), 4, 54-58.
- Syamsiro, M., Saptoadi, H., Norsujianto, T., Noviasri, P., Cheng, S., Alimuddin, Z. and Yoshikawa, K., 2014. Fuel Oil Production from Municipal Plastic Wastes in Sequential Pyrolysis and Catalytic Reforming Reactors. Energy Procedia, 47, 180-188.

- TS, TS 1233 ISO 3016, 1997. Petrol ürünleri-Akma noktası tayini, Ankara.
- TS, TS 1451 EN ISO 3104, 1999. Petrol ürünleri-Saydam ve opak sıvılar-Kinematik viskozite tayini ve dinamik viskozitenin hesaplanması, Ankara.
- TS, TS 6147 EN ISO 12937, 2002. Petrol ürünleri- Su tayini- Kulometrik karl fischer titrasyon metodu, Ankara.
- TS, TS EN ISO 12185, 2007. Ham petrol ve petrol ürünleri - Yoğunluk tayini - salınım yapan u-Tüpü yöntemi, Ankara.
- TS, TS EN ISO 2719, 2016. Petrol ürünleri ve yağlayıcılar- Parlama noktası tayini - Pensky Martens kapalı kap metodu, Ankara.
- TS, TS EN ISO 6245, 2006. Petrol ürünleri – Kül tayini, Ankara.
- Vasukmar, N., Subramanyam, D. and Tammineni, L., 2017. Performance Investigation of Diesel Engine Using Waste Plastic Pyrolysis Oil and Diesel Blends. International Journal of Engineering Science and Computing, 7, 15645-15650.
- Williams, P. T. ve Slaney, E., 2007. Analysis of products from the pyrolysis and liquefaction of single plastics and waste plastic mixtures. Resources, Conservation and Recycling, 51, 754-769.
- Williams, P.T. and Williams, E.A., 1999. Interaction of Plastics in Mixed-Plastics Pyrolysis. Energy & Fuels, 13, 188-196.
- Yağız, M., 1998. Kadmiyum-Kurşun-Çinko-Bakır Katyonlarının Doğal ve Yapay Zeolitlerle İyon Değişiminin İncelenmesi, Doktora Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Haziran.
- Yaşar H. , 2001. “Plastikler Dünyası”, MMO Yayınları, Ankara, 2. Baskı
- Zhang, H., Nie, J., Xiao, R., Jin, B., Dong, C. and Xaio, G., 2014. Catalytic Co-pyrolysis of Biomass and Different Plastics (Polyethylene, Polypropylene, and Polystyrene) To Improve Hydrocarbon Yield in a Fluidized-Bed Reactor. Energy Fuels, 28, 1940-1947.

## **ÖZGEÇMİŞ**

1987 yılında Samsun da doğdu. İlkokulu Özel Ergin Koleji'nde okudu. Öğrenim hayatına Merzifon Lisesini bitirerek devam etti. 2005 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünü kazandı. 2014 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünü tamamladı. Öğrenim hayatına halen Karadeniz Teknik Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Jeoloji Mühendisliği Bölümünde Yüksek Lisans öğrencisi olarak devam etmektedir.

