

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

KİMYA ANABİLİM DALI

BİYOKÜTLE KAYNAKLARININ KİMYASAL EKSERJİ DEĞERLERİNİN HESAPLANMASI

DOKTORA TEZİ

Lokman Murat AYYILDIZ

**TEMMUZ 2022
TRABZON**



KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

KİMYA ANABİLİM DALI

**BİYOKÜTLE KAYNAKLARININ KİMYASAL EKSERJİ
DEĞERLERİNİN HESAPLANMASI**

Lokman Murat AYYILDIZ

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
"DOKTOR(KİMYA)"
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 15 / 06 / 2022

Tezin Savunma Tarihi : 01 / 07 / 2022

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Selçuk BİLGİN

Trabzon 2022

ÖNSÖZ

Bu çalışmada, biyokütle kaynaklarının kimyasal ekserji değerlerinin hesaplanması amaçlanmıştır. Literatürdeki veriler kullanılarak ve bu veriler arasında korelasyon yapılarak yeni formüller türetildi. Bu formüller bir yardımıyla, karmaşık görünen birçok basamaklı eşitlikleri tek basamağa indirip basit yoldan gerçek sonuca en yakın değerleri bulmak hedeflenmiştir.

Danışmanlığımı üstlenen, önerileriyle çalışmamı yönlendiren, ilgi, hoşgörü ve desteklerini esirgemeyen değerli hocam Prof. Dr. Selçuk BİLGİN'e, bugüne ulaşmamda bana daima maddi manevi desteklerini ve yardımlarını esirgemeyen aileme, çok değerli eşime ve oğluma sonsuz teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Lokman Murat AYYILDIZ

Trabzon 2022

TEZ ETİK BEYANNAMESİ

Doktora Tezi olarak sunduğum “Biyokütle Kaynaklarının Kimyasal Ekserji Değerlerinin Hesaplanması” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Selçuk BİLGİN’in sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı, deneyleri/analizleri ilgili laboratuvarlarda yaptığımı/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. 01/07/2022

Lokman Murat AYYILDIZ

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ.....	III
TEZ ETİK BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET.....	VII
SUMMARY.....	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IX
TABLolar DİZİNİ.....	X
SEMBOLLER DİZİNİ.....	XIII
1. GENEL BİLGİLER.....	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Enerji.....	2
1.2.1. Enerji Tanımı ve Kapsamı.....	2
1.2.2. Enerji ve Çevre.....	3
1.2.3. Enerji Kaynakları.....	3
1.2.3.1. Yenilenemez Enerji Kaynakları.....	3
1.2.3.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları.....	5
1.2.4. Dünyada ve Türkiye’de Enerji.....	7
1.3. Biyokütle.....	9
1.3.1. Biyokütlenin Temel Bileşenleri.....	10
1.3.1.1. Selüloz.....	11
1.3.1.2. Hemiselüloz.....	12
1.3.1.3. Lignin.....	13
1.3.1.4. Ekstraktif Maddeler.....	14
1.3.2. Dünyada ve Türkiye’de Biyokütle Potansiyeli.....	15
1.3.3. Biyokütlenin Avantajları ve Dezavantajları.....	16
1.3.4. Biyokütle Kaynakları.....	18
1.3.4.1. Bitkisel Biyokütle Kaynakları.....	19

1.3.4.2.	Hayvansal Biyokütle kaynakları.....	19
1.3.4.3.	Ormansal Biyokütle kaynakları.....	20
1.3.4.4.	Sulu Biyokütle kaynakları.....	21
1.3.4.5.	Atık Biyokütle kaynakları.....	21
1.4.	Ekserji Analizi.....	22
1.4.1.	Ekserjinin Tanımı ve Nitelikleri.....	23
1.4.2.	Ekserji ve Enerji.....	24
1.4.3.	Ölü Hal ve Sınırlı Ölü Hal.....	25
1.4.4.	Ekserji Bileşenleri.....	26
1.4.4.1.	Kimyasal Ekserji.....	27
1.4.4.2.	Yakıtların Standart Kimyasal Ekserjileri.....	27
1.4.5.	Endüstriyel Proseslerde Ekserji Kullanımı.....	29
1.4.6.	Ekserji Verimi.....	30
2.	YAPILAN ÇALIŞMALAR.....	33
3.	BULGULAR.....	71
3.1.	Bitkisel Biyokütle Kaynakları.....	71
3.2.	Hayvansal Biyokütle Kaynakları.....	115
3.3.	Ormansal Biyokütle Kaynakları.....	119
3.4.	Sulu Biyokütle Kaynakları.....	145
3.5.	Atık Biyokütle Kaynakları.....	153
4.	SONUÇLAR VE TARTIŞMA.....	161
5.	ÖNERİLER.....	167
6.	KAYNAKLAR.....	168
ÖZGEÇMİŞ		

Doktora Tezi

ÖZET

BİYOKÜTLE KAYNAKLARININ KİMYASAL EKSERJİ DEĞERLERİNİN HESAPLANMASI

Lokman Murat AYYILDIZ

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Kimya Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Selçuk BİLGİN
2022, 178 Sayfa

Dünyada, enerji tüketiminden kaynaklanan sera gazı emisyonları hızla artmaktadır. Yenilenebilir enerji sistemleri, enerji sektöründen kaynaklanan sera gazı emisyonları azaltıcı yönde etki göstermektedir. Bu yüzden, temiz ve sürdürülebilir enerji gelişimi için en verimli ve etkili çözümlerden biri olarak yenilenebilir enerji kaynakları görünmektedir. Bu yenilenebilir enerji kaynakları arasında biyokütle, sera gazı azaltımında fosil yakıtların yerini alacak bir enerji kaynağı olarak rol oynayabilir.

Enerji kaynaklarıyla ilgili sorunların artması, bu kaynakların dönüşüm süreçlerinin tanımlanmasının ve anlaşılmasının önemini artırmıştır. Bu dönüştürme işlemlerinin daha iyi anlayabilmek için ekserji son derece önemli bir kavram olarak ortaya çıkmaktadır. Ekserji fonksiyonu başlangıçta mühendislik alanlarında geliştirilmiştir. Bununla birlikte, ekserji günümüzde enerji dönüşüm sistemlerini analiz etmek için en faydalı fonksiyon olarak kabul edilebilir. Ekserji; çevresel etki değerlendirmesine, ekolojik maliyet değerlendirmesine, doğal kaynakların değerlendirilmesine ve ekolojik modellemeye başarıyla uygulanmaktadır.

Bu tezde, biyokütle kaynakları beş temel bölüme ayrılarak kimyasal ekserji değerleri literatürde verilen eşitlikler kullanarak hesaplanmıştır. Amaç, gelecekteki biyoyakıt seçenekleri için karar vermede temel teşkil edebilecek arzu edilen özellikleri belirlemektir. Hesaplamalar, biyokütle kaynaklarının kimyasal bileşiminin kimyasal ekserji değerlerini güçlü bir şekilde etkilediğini göstermiştir. Karbon veya hidrojene kıyasla yüksek oksijen oranları genellikle bu biyokütle numunelerinin kimyasal ekserjisini azaltmaktadır. Bu çalışmada ayrıca biyokütle kaynaklarının kimyasal ekserjilerini elementel analiz değerlerinden hesaplamak için formüller geliştirilmiştir.

Anahtar kelimeler: Biyokütle, Yenilenebilir Enerji, Ekserji, Yakıt, Çevre

PhD. Thesis

SUMMARY

CALCULATION OF CHEMICAL EXERGY VALUES OF BIOMASS RESOURCES

Lokman Murat AYYILDIZ

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Chemistry Graduate Program
Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Selçuk BİLGEN
2022, 178 Pages

In the world, greenhouse gas emissions resulting from energy consumption are increasing rapidly. Renewable energy systems have a reducing effect on greenhouse gas emissions originating from the energy sector. Therefore, renewable energy sources seem to be one of the most efficient and effective solutions for clean and sustainable energy development. Among these renewable energy sources, biomass can play a role as an energy source to replace fossil fuels in reducing greenhouse gasses.

The increase in problems related to energy resources has increased the importance of defining and understanding the conversion processes of these resources. Exergy emerges as an extremely important concept in order to better understand these conversion processes. The exergy function was originally developed in engineering fields. However, exergy can be considered as the most useful function for analyzing energy conversion systems today. Exergy has been successfully applied to environmental impact assessment, ecological cost assessment, natural resource assessment and ecological modelling.

In this thesis, biomass resources are divided into five basic parts and chemical exergy values are calculated using the equations given in the literature. The aim is to identify desirable properties that could serve as the basis for decision-making for future biofuel options. Calculations have shown that the chemical composition of biomass sources strongly influences the chemical exergy values. High oxygen ratios compared to carbon or hydrogen generally reduce the chemical exergy of these biomass samples. In this study, formulas have also been developed to calculate chemical exergy of biomass resources from elemental analysis values.

Key Words: Biomass, Renewable Energy, Exergy, Fuel, Environment

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 1. Biyokütlenin bileşenleri.....	11
Şekil 2. Selülozun yapısı.....	12
Şekil 3. Hemiselülozun yapısı.....	13
Şekil 4. Ligninin yapısı.....	14
Şekil 5. Bir hidrokarbon yakıtın (C_aH_b) kimyasal ekserjisinin hesabı için gerekli düzenek.....	28
Şekil 6. Bitkisel biyokütle kaynakları için Eşitlik 18 ile Eşitlik 35 arasındaki korelasyon.....	114
Şekil 7. Bitkisel biyokütle kaynakları için Eşitlik 18 ile Eşitlik 40 arasındaki korelasyon.....	114
Şekil 8. Hayvansal biyokütle kaynakları için Eşitlik 18 ile Eşitlik 36 arasındaki korelasyon.....	118
Şekil 9. Hayvansal biyokütle kaynakları için Eşitlik 18 ile Eşitlik 40 arasındaki korelasyon.....	118
Şekil 10. Ormansal biyokütle kaynakları için Eşitlik 18 ile Eşitlik 37 arasındaki korelasyon.....	144
Şekil 11. Ormansal biyokütle kaynakları için Eşitlik 18 ile Eşitlik 40 arasındaki korelasyon.....	144
Şekil 12. Sulu biyokütle kaynakları için Eşitlik 18 ile Eşitlik 38 arasındaki korelasyon.....	152
Şekil 13. Sulu biyokütle kaynakları için Eşitlik 18 ile Eşitlik 40 arasındaki korelasyon.....	152
Şekil 14. Atık biyokütle kaynakları için Eşitlik 18 ile Eşitlik 39 arasındaki korelasyon.....	160
Şekil 15. Atık biyokütle kaynakları için Eşitlik 18 ile Eşitlik 40 arasındaki korelasyon.....	160

TABLolar DİZİNİ

Sayfa No

Tablo 1. Dünya biyokütle potansiyeli.....	15
Tablo 2. Enerji ve ekserji arasındaki farklar	24
Tablo 3. Bitkisel biyokütle kaynaklarının kuru ve külsüz bazda elementel bileşimleri.....	34
Tablo 4. Hayvansal biyokütle kaynaklarının kuru ve külsüz bazda elementel bileşimleri.....	42
Tablo 5. Ormansal biyokütle kaynaklarının kuru ve külsüz bazda elementel bileşimleri.....	43
Tablo 6. Sulu biyokütle kaynaklarının kuru ve külsüz bazda elementel bileşimleri.....	48
Tablo 7. Atık biyokütle kaynaklarının kuru ve külsüz bazda elementel bileşimleri.....	49
Tablo 8. Bitkisel biyokütle kaynaklarının c, h, o, n ve s değerleri.....	50
Tablo 9. Hayvansal biyokütle kaynaklarının c, h, o, n ve s değerleri.....	57
Tablo 10. Ormansal biyokütle kaynaklarının c, h, o, n ve s değerleri.....	58
Tablo 11. Sulu biyokütle kaynaklarının c, h, o, n ve s değerleri.....	62
Tablo 12. Atık biyokütle kaynaklarının c, h, o, n ve s değerleri.....	63
Tablo 13. Bazı maddelerin 1 bar basınçta spesifik ısı, entalpi, mutlak entropi ve Gibbs fonksiyonunun sıcaklıkla değişimi.....	65
Tablo 14. Bazı maddeler için H^+ , S^+ , a, b, c, d sabitleri.....	66
Tablo 15. Çeşitli maddelerin 298.15 K ve p_o 'da standart molar kimyasal ekserjileri.....	67
Tablo 16. Bitkisel biyokütle kaynaklarının v_{CO_2} , v_{H_2O} , v_{SO_2} , v_{N_2} ve v_{O_2} değerleri.....	72
Tablo 17. Bitkisel biyokütle kaynaklarının S_{DAF} , HHV, LHV ve e^{CH} değerleri.....	79
Tablo 18. Bitkisel biyokütle kaynaklarının β değerleri.....	86
Tablo 19. Bitkisel biyokütle kaynaklarının korelasyon formüllerinden elde edilen kimyasal ekserji değerleri.....	93
Tablo 20. Bitkisel biyokütle kaynakları için korelasyon formüllerinden hesaplanan kimyasal ekserji değerlerinin % olarak değişimleri.....	99
Tablo 21. Bitkisel biyokütle kaynakları ve tüm biyokütle kaynakları için türetilen ekserji formüllerinin temel eşitlikle % olarak farkları.....	107
Tablo 22. Hayvansal biyokütle kaynaklarının v_{CO_2} , v_{H_2O} , v_{SO_2} , v_{N_2} ve v_{O_2} değerleri..	116
Tablo 23. Hayvansal biyokütle kaynaklarının S_{DAF} , HHV, LHV ve e^{CH} değerleri..	116
Tablo 24. Hayvansal biyokütle kaynaklarının β değerleri.....	116

Tablo 25. Hayvansal biyokütle kaynaklarının korelasyon formüllerinden elde edilen kimyasal ekserji değerleri.....	117
Tablo 26. Hayvansal biyokütle kaynakları için korelasyon formüllerinden hesaplanan kimyasal ekserji değerlerinin % olarak değişimleri.....	117
Tablo 27. Hayvansal biyokütle kaynakları ve tüm biyokütle kaynakları için türetilen ekserji formüllerinin temel eşitlikle % olarak farkları.....	117
Tablo 28. Ormansal biyokütle kaynaklarının v_{CO_2} , v_{H_2O} , v_{SO_2} , v_{N_2} ve v_{O_2} değerleri...	120
Tablo 29. Ormansal biyokütle kaynaklarının S_{DAF} , HHV, LHV ve e^{CH} değerleri.....	124
Tablo 30. Ormansal biyokütle kaynaklarının β değerleri.....	128
Tablo 31. Ormansal biyokütle kaynaklarının korelasyon formüllerinden elde edilen kimyasal ekserji değerleri.....	132
Tablo 32. Ormansal biyokütle kaynakları için korelasyon formüllerinden hesaplanan kimyasal ekserji değerlerinin % olarak değişimleri.....	136
Tablo 33. Ormansal biyokütle kaynakları ve tüm biyokütle kaynakları için türetilen ekserji formüllerinin temel eşitlikle % olarak farkları.....	140
Tablo 34. Sulu biyokütle kaynaklarının v_{CO_2} , v_{H_2O} , v_{SO_2} , v_{N_2} ve v_{O_2} değerleri.....	146
Tablo 35. Sulu biyokütle kaynaklarının S_{DAF} , HHV, LHV ve e^{CH} değerleri.....	147
Tablo 36. Sulu biyokütle kaynaklarının β değerleri.....	148
Tablo 37. Sulu biyokütle kaynaklarının korelasyon formüllerinden elde edilen kimyasal ekserji değerleri.....	149
Tablo 38. Sulu biyokütle kaynakları için korelasyon formüllerinden hesaplanan kimyasal ekserji değerlerinin % olarak değişimleri.....	150
Tablo 39. Sulu biyokütle kaynakları ve tüm biyokütle kaynakları için türetilen ekserji formüllerinin temel eşitlikle % olarak farkları.....	151
Tablo 40. Atık biyokütle kaynaklarının v_{CO_2} , v_{H_2O} , v_{SO_2} , v_{N_2} ve v_{O_2} değerleri.....	154
Tablo 41. Atık biyokütle kaynaklarının S_{DAF} , HHV, LHV ve e^{CH} değerleri.....	155
Tablo 42. Atık biyokütle kaynaklarının β değerleri.....	156
Tablo 43. Atık biyokütle kaynaklarının korelasyon formüllerinden elde edilen kimyasal ekserji değerleri.....	157
Tablo 44. Atık biyokütle kaynakları için korelasyon formüllerinden hesaplanan kimyasal ekserji değerlerinin % olarak değişimleri.....	158
Tablo 45. Atık biyokütle kaynakları ve tüm biyokütle kaynakları için türetilen ekserji formüllerinin temel eşitlikle % olarak farkları.....	159

SEMBOLLER DİZİNİ

c_p	: Spesifik ısı (kJ/kg.K)
DAF	: Kuru ve külsüz yakıt
e	: Kütle birimine göre toplam spesifik ekserji (MJ/kg)
$\bar{e}$	: Molar spesifik ekserji (MJ/kmol)
E	: Toplam ekserji (MJ)
$\dot{E}_D$	: Ekserji yıkımının zamanla değişim hızı (MW)
g	: Yer çekimi ivmesi (m/s ²)
$\bar{g}$	: Molar Gibbs fonksiyonu (MJ/kmol)
G	: Gibbs fonksiyonu (MJ)
$\bar{h}$	: Molar entalpi (MJ/kmol)
$\bar{h}_{RP}$	: Yanma entalpisi (MJ/kmol)
H	: Entalpi (MJ)
$\overline{HHV}$	: Üst ısı değeri (MJ/kmol)
LHV	: Alt ısı değeri (MJ/kmol)
n	: Mol sayısı (kmol)
p	: Basınç (bars)
$\dot{Q}$	: Isı aktarımının zamanla değişme hızı (MW)
$\bar{R}$	: Evrensel gaz sabiti (kJ/kmol.K)
s	: Spesifik entropi (kJ/kg.K)
S	: Entropi (MJ/K)
$\bar{s}$	: Molar entropi (kJ/kmol.K)
T	: Sıcaklık (K)
V	: Hız (m/s)
$\dot{W}$	: İş tarafından enerji transferinin zamanla değişme hızı (MW)
x	: Mol kesri (kmol/kmol)
z	: Yükseklik (m)
Δ	: Değişim

Alt indisler

A	: Atık
B	: Bitkisel
BB	: Bütün biyokütle
cv	: Kontrol hacmi
DAF	: Kuru ve külsüz yakıt
F	: Yakıt
H	: Hayvansal
int rev	: İçsel olarak tersinir
j	: yüzey veya ani
k	: Karışım bileşeni
max	: Maksimum
o	: Çevre veya kısıtlanmış ölü hal
O	: Ormansal
p	: Ürün
r	: Referans
S	: Sulu

Üst indisler

CH	: Kimyasal
KN	: Kinetik
PH	: Fiziksel
PT	: Potansiyel

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

Hayatta gereksinim duyduğumuz en önemli şeylerden birisi de enerjidir. Nüfusun hızla artması ve teknolojinin, sanayileşmenin, şehirleşmenin gelişmesi ile enerjiye olan gereksinim gün geçtikçe artmaktadır. Bu bağlamda, ülkelerin kendi enerji ihtiyaçlarını karşılamak üzere yeni enerji politikaları üretmek zorunda oldukları açıktır. Günümüzde enerji kaynaklarına alternatifler kaynaklar araştırılırken, hâlihazırdaki enerjinin de mümkün olan en düşük kayıpla kullanılması son derece önemlidir.

Enerjinin daha verimli kullanılması açısından enerjinin dönüştürülmesi ve alternatif enerji kaynaklarına yönlendirilmesi son derece önem arz etmektedir. Termodinamik, enerjiyi tüm yönleriyle ele alan bir bilim dalıdır. Termodinamikte iki temel analiz metodundan biri olan enerji analizleri, termodinamiğin birinci kanununa göre yapılan ve enerjinin niceliğiyle ilgili olan analizlerdir. Bu analiz metodu ile, enerjinin kullanılan ve kullanılmayan miktarlarını tayin etmek mümkün iken tersinmezlikleri belirlemek ise mümkün değildir. Termodinamikteki diğer bir temel analiz metodu olan ekserji analizi, termodinamiğin ikinci kanununa göre yapılan ve enerjinin niteliğiyle alakalı olan bir analizdir. Bu analiz metodu ile sistem bileşenlerindeki tersinmezlikler yani geri döndürülemeyecek enerji miktarları hesaplanarak hangi bileşenlerin geliştirilmesi gerektiği ile ilgili fikirler ileri sürülebilir. Sistemlerin gerçek durumunu ifade etmede daha etkili sonuçlar sunmasından dolayı ekserji analizi ile ilgili son zamanlarda fazlasıyla araştırma yapılmaktadır.

Petrol, kömür ve doğal gaz gibi fosil enerji kaynakları enerji ihtiyacımızın büyük bölümünü karşılamaktadır. Bununla birlikte, bu fosil kaynaklarının yakın zamanda tükenecek olması, alternatif enerji kaynaklarına olan ilgiyi daha da artırmaktadır. Bu alternatif enerji kaynakları, yenilenebilir olan güneş, rüzgar, hidrolik, jeotermal, dalga ve biyokütle gibi kaynakları kapsamaktadır. Bu enerji kaynakları içerisinde olan biyokütle gelecek için önemli bir role sahiptir. 1973'teki enerji krizinden sonra, ihtiyaç duyulan enerjiyi karşılamak üzere biyokütle ile alakalı birçok çalışma gerçekleştirilmiştir. Fotosentez yoluyla hassas kollektörler aracılığıyla bile depolanması zor olan düşük yoğunluğa sahip güneş enerjisini depolayabilen biyokütle kaynakları, bu depolanan enerji sayesinde bol miktarda ısı açığa çıkarabilmesi ile çok önemli bir alternatif enerji kaynağı haline gelmiştir.

Bu çalışmada hedef, dünyada fazlaca bulunan ve atıl olarak kullanılan biyokütle kaynaklarının bir enerji kaynağı olarak kullanılabilirliğini, enerji kalitesini en iyi şekilde ölçmede kullanabileceğimiz kimyasal ekserji değerlerini hesaplayarak tayin etmek ve bu hesaplamalar için yeni formüller geliştirmek suretiyle endüstriyel kullanımlar için literatüre yeni bir bakış açısı kazandırmaktır. Ayrıca, biyokütle kaynaklarının hangisinin enerji kaynağı olarak seçilmesinin daha faydalı olacağı konusunda karar vermede bize yol gösterecek nitelikleri tanımlamak ve bu suretle ilgili kişi, kurum ve kuruluşlara öncülük etmek tezimizin amaçları arasındadır.

1.2. Enerji

1.2.1. Enerji Tanımı ve Kapsamı

İktisat bilimi ile beraber kullanılmaya başlanan enerji kavramının bir üretim faktörü olduğu 1970’li yıllardan sonra kabul görmeye başlamıştır. Bu yıllarda yaşanan enerji krizleri ve küreselleşme nedeniyle ekonomik büyümedeki yavaşlama, ülkelerdeki gelişmişlik düzeylerinin farklılaşmasına katkıda bulunmuştur. Gelişmiş ülkeler ile gelişmekte olan ülkeler arasındaki bu farklılaşma, gelir düzeyi ve enerji bağımlılığı gibi nedenlerle oluşmuştur. Böylece, enerji çok önemli bir öge haline gelmiştir (Bayramoğlu, 2013).

Bir sistemin iş yapabilme kapasitesi enerji olarak ifade edilmektedir. Enerji başlıca nükleer, manyetik, mekanik, ısı, kimyasal, fiziksel, potansiyel ve kinetik enerji olmak üzere farklı şekillerde bulunabilmektedir. Termodinamiğin birinci kanununda ifade edildiği gibi var olan enerji yok edilemez ya da enerji yoktan var edilemez. Bununla birlikte, enerji bir biçimden diğer biçime dönüştürülebilir. Genel olarak kinetik, potansiyel ve iç enerji çok yaygın olarak kullanılır. Belirli bir hız ve kütle ile hareket eden cisimlerin enerjileri vardır. Bir cismin hareketinden dolayı sahip olduğu bu enerjiye kinetik enerji adı verilir (Burulday, 2019). Potansiyel enerji ise yer çekiminden dolayı bir sistemin yüksekliğine bağlı olarak sahip olduğu enerjidir. Kinetik ve potansiyel enerjiler makroskobik enerjilerdir ve bu enerjiler bir sistemin çözümünde sistemin bir dış referans noktasına göre sahip olduğu enerjilerdir. Mikroskobik enerjiler ise sistemdeki moleküllerinin hareketi ve moleküler yapısı ile ilgili enerjilerdir. İç enerji, bu mikroskobik enerjilerin toplamı şeklinde ifade edilir.

Termodinamik olarak bir sistemin analizinde belirli bir kütle ya da hacim esas alınır. Dolayısıyla, kütle geçişinin mümkün olmadığı kapalı sistemlerde enerji, ısı ya da iş şeklinde

aktarılır. Kontrol hacmi olarakta ifade edilen açık sistemlerde ise enerji kütle geçişi, ısı veya iş şeklinde gerçekleşir (Yılmaz, 2019).

1.2.2. Enerji ve Çevre

Dünya nüfusu her geçen gün daha da artmaktadır. Buna bağlı olarak da ekonominin sürekli olarak gelişmesi ve enerji olan talebin önümüzdeki on yıl boyunca dikkate değer ölçüde artması beklenmektedir. Enerji üretilirken ve kullanılırken oluşan problemlerin meydana gelmesinde en önemli etkenler fosil yakıtlar ve yakıtın enerji dönüşümünde kullanılan sistemlerdir (Gümülüğil, 2016).

Fosil kökenli yakıtlar; ucuz olmaları ve üretim teknolojilerindeki gelişmelere bağlı olarak yenilenebilir teknolojilere göre daha avantajlı bir konuma geldiklerinden dolayı son 200 yıllık periyotta yaygın olarak kullanılmaktadırlar. 1973 yılındaki petrol krizinden sonra petrol ve kömüre dayanan enerji çağına güvensizlik duyulmaya başlanmıştır. Bu yüzden, bütün dünya yenilenebilir enerji kaynaklarına büyük ilgi göstermeye başlamıştır. Böylece, enerji politikaları için enerji güvenliği ve enerji çeşitlendirilmesi kavramlar ilgi odağı haline gelmiştir.

Enerji kullanımı ile beraber asit yağmurları ve küresel ısınma gibi çevreyi olumsuz şekilde etkileyen sorunlarda bir artış gözleneceği açıktır. Bu yüzden, fosil kaynaklar yerine yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımı bu olumsuz etkilerin azaltılmasına katkıda bulunacağından hayati öneme sahiptir. Küresel ısınmanın en önemli sebeplerinden bir tanesi atmosferde yoğun olarak biriken karbondioksit gazıdır. Küresel ısınma sonucu gerçekleşen sıcaklık artışı; iklim değişikliğine, buzulların erimesine, deniz seviyelerinin yükselmesine ve buna bağlı olarak birçok verimli tarım topraklarının sular altında kalmasına sebebiyet verecektir. Bu olumsuz durumu engellemenin gerçekçi yolu, fosil yakıt kullanımından yenilenebilir enerji kullanımına geçmektir.

1.2.3. Enerji Kaynakları

1.2.3.1. Yenilenemez Enerji Kaynakları

Fosil yakıtların yakılmasıyla oluşan yenilenemez enerji kaynakları, doğada belli bir oranda bulunmaktadır. Fosil yakıtların tüketilmesi çevre için büyük problemler

oluşturmasına rağmen ekonomik nedenlerden dolayı yenilenemez kaynaklara talepte bir azalma görülmemektedir. Dolayısıyla yenilenemez enerji kaynakları tüketilmeye devam edilmektedir (Bayramoğlu, 2013).

Fosil kaynaklı enerji; fosil yakıtların yakılması sonucunda ısı, elektrik veya yakıt enerjisine dönüştürülmesiyle elde edilen enerjidir. Petrol, kömür ve doğalgaz fosil enerji kaynaklarının temelini oluşturmaktadır. Bu kaynaklar çevre için tehdit oluşturmalarına karşın, yüksek verimliliklerinden ötürü bütün dünyada en fazla tüketilen enerji kaynaklarıdır.

Birincil enerji kaynakları arasında önemli bir konuma sahip olan petrol, Türkiye'nin enerji ithalatında uzun zamandan beri çok önemli yer tutan ve daha uzun yıllar tutması beklenen bir fosil enerji kaynağıdır. Dünyadaki ve ülkemizdeki birincil enerji kaynakları kullanım açısından incelendiğinde, petrolün ilk sırada olduğu görülmektedir. Dolayısıyla, petrol ülkelerin refahı ve ekonomileri için vazgeçilemez bir kaynaktır. Petrolün kullanımı ile beraber dünyada yeni gelişmeleri olmuş ve petrol uluslararası politikada en önemli faktörlerden biri haline gelmiştir.

Kömür madeni; bünyesinde daha çok karbon, hidrojen ve oksijen çok az miktarda da kükürt ve azot bulunduran, hem kimyasal ve hem de fiziksel açıdan farklı yapıya sahip bir kayadır. Binlerce yıl öncesinde kullanılmaya başlanan kömür, sanayileşmenin ortaya çıkması ile beraber, 1300'lü yıllardan sonra yaygın bir şekilde enerji kaynağı olarak kullanılmaya başlanmıştır. Dünyadaki kömür rezervleri, diğer enerji kaynakları ile kıyaslandığında daha fazla miktarlarda bulunmaktadır.

Diğer bir temel enerji kaynağı olan doğalgaz ise yanıcı gaz olma niteliğine sahip bir çeşit petrol türevidir. Petrolü meydana getiren bileşenler doğalgazın meydana gelmesini de sağlarlar. Doğalgaz, birçok kimyasal ürünlerin temel hammaddesi olarak dikkat çekmekle birlikte dünyadaki enerji tüketiminin azımsanamayacak kadarlık bir kısmını da karşılamaktadır (Elinç, 2019).

Fosil yakıtlarının kullanımına bağlı olarak değişen küresel iklim şartları dünyada çokça tartışılmaktadır. Fosil yakıtların fazla kullanımı sonucunda buzullar hızlı bir şekilde erimektedir. Yapılan incelemeler gösterir ki küresel ısınma gün geçtikçe artmakta ve bu da dünyanın ekolojik durumunu oldukça fazla etkilemektedir.

19. yüzyılın ikinci yarısından itibaren ortalama küresel sıcaklık değeri artmaya başlamıştır. Buna bağlı olarak, her geçen yıl ortalama sıcaklığın daha fazla olduğu göze çarpmaktadır. 1950'li yıllardan sonra yeryüzüne düşen yağış oranında azalma gözlenmiş,

büyük fırtınalar ve tsunamiler kaydedilmiştir. Yapılan araştırmalar, bu iklim değişikliğine endüstri ve günlük hayat sırasındaki emisyonların sebep olduğunu göstermiştir (Bayrakçıken, 2019).

1.2.3.2. Yenilenebilir Enerji Kaynakları

Tükenmeyen enerji kaynakları olarak nitelendirilen yenilenebilir enerji kaynaklarını güneş, jeotermal, rüzgâr, dalga, hidroelektrik, hidrojen ve biyokütle olarak sınıflandırabiliriz. Bu enerji kaynaklarının önemi çevre dostu ve tükenmez olmaları sayesinde her geçen gün daha da artmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynaklarında karşılaşılan yatırım maliyetleri, teşvik ve teknik sorunların giderilmesi halinde bu kaynakların dünyadaki kullanımı artacak, ülkeler enerjide dışa bağımlılıklarını azaltacak ve yeni istihdam imkanları sağlanacaktır. Bununla birlikte, yenilenebilir enerji kaynaklarındaki teknik ve ekonomik imkanların yetersiz olmasının yanında günümüzde yenilenemez enerji kaynakları hala kullanılıyor olması, yenilenebilir enerji kullanımının beklenen hızda artmasına engel olmaktadır (Çepelioğullar, 2011).

Güneş enerjisi; potansiyelinin sınırsız olması ve çevre problemlerine sebep olmaması gibi etkenlerden ötürü büyük öneme sahiptir. Dünyaya bir yılda düşen güneş enerjisi (814×10^6 Mtep) oldukça büyük bir miktardadır. Bu miktar, bilinen kömür rezervinden 50 kat ve bilinen petrol rezervinden ise 800 kat daha fazladır. Güneş enerjisinden doğrudan ya da dolaylı olarak elektrik üretilir. Doğrudan elektrik üretimi, güneş pillerinin fotovoltaik çevrimi ile gerçekleştirilir. Dolaylı elektrik üretiminde ise farklı teknolojilerle güneş enerjisinin yoğunlaştırılması ve elde edilen ısı enerjinin konvansiyonel yöntemlerle elektrik enerjisine dönüştürülmesi esastır (Çepelioğullar, 2011).

Çok küçük basınç farkları altında hareket eden hava kütlesi rüzgar enerjisini oluşturmaktadır. Rüzgar enerjisinin büyüklüğü hava koşullarına ve topografik şartlara bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Rüzgardan enerji elde etmek için rüzgar, yatay ya da düşey eksenli rüzgar türbinleriyle mekanik enerjiye dönüştürülür. Daha sonra, elde edilen bu mekanik enerjiden su pompalama veya elektrik üretmek için faydalanılır. Bu enerji kaynağı, tamamıyla doğayla uyumlu ve tükenme olasılığı olmayan bir kaynaktır. Günümüzde, gelişen teknoloji ile beraber rüzgar santrallerinin maliyetlerinin devamlı olarak düşüş eğiliminde olması bu santrallerin ekonomik olarak her türlü konvansiyonel santrallerle rekabet etmesine olanak sağlamaktadır (Çepelioğullar, 2011).

Yer altı sularının, yer kabuğunun derinliklerinde mevcut olan ısı ile ısıtılmasıyla oluşan enerji jeotermal enerji olarak ifade edilir. Türkiye'nin jeotermal enerji potansiyeli azımsanamayacak kadar fazladır ve bu potansiyel dünyadaki zengin ülkeler içerisinde önemli bir paya sahiptir. Verimlilik açısından bakıldığında çok iyi bir duruma sahip olan jeotermal enerji, çevre dostu ve maliyetinin düşük olması bakımından da oldukça fazla avantajlara sahiptir (Kanmaz, 2011).

Denizle ve okyanusların üzerinde esen rüzgarın yarattığı enerji türüne dalga enerjisi denir. Bilindiği üzere dalgalar, rüzgârların deniz yüzeyine doğru esmesi ile meydana gelir. Dalgaların potansiyel enerjilerinin yanında aynı zamanda kinetik enerjileri de mevcuttur. Bu enerji türü, diğer yenilenebilir enerji kaynakları gibi çevre dostu ve tükenmeyen bir enerji kaynağıdır (Kar, 2018).

Hidroelektrik enerjinin risk oluşturma durumu düşüktür ve çevreye fosil yakıtlar gibi zarar vermemektedir. Bu yönleriyle hidroelektrik enerji ihtiyaç duyulan ve tercih edilen bir kaynaktır. Hidroelektrik enerjinin üretildiği hidroelektrik santraller; temiz, yenilenebilir, uzun ömürlü ve yüksek verimlilikle çalışıyor olmalarının yanında işletme giderlerinin az olması sayesinde dışa bağımlılığı azaltan en önemli yerli kaynaklar arasındadırlar (Kar, 2018).

Hidrojen bir doğal bir yakıt türü değildir. Hidrojen; fosil yakıt, biyokütle ve su gibi değişik hammaddelerden üretilen bir sentetik yakıt türüdür. Hidrojen üretilirken birçok alternatif üretim teknolojilerin faydalanılır. Bu teknolojiler; buhar iyileştirme, elektroliz, atık gazların saflaştırılması, radyoliz ve foto süreçler olarak sıralanabilir. Hidrojen enerjisini kullanmaktaki en büyük zorluk, üretilen hidrojenin uzak mesafelere nakledilmesinde yaşanmaktadır. Bu nakil işlemi için gerekli boru hatları ve tankerler maliyet açısından olumsuz etki yaratmaktadırlar (Yeşilkaya, 2017).

Biyokütle; karbon içeren her çeşit bitki ve hayvan atıklarından meydana gelen organik maddelere denir. Bununla birlikte, şehir ve endüstri atıkları da biyokütle olarak ifade edilmektedir. Biyokütle fotosentez sonucu meydana gelir. Biyokütlenin yanması ile bünyesindeki güneş enerjisi açığa çıkar. Bu yüzden, türü ne olursa olsun bütün biyokütlelerin yakılmasıyla enerji üretililebilir. Biyokütleden elde edilen enerjiye biyokütle enerjisi denir. Çevresel açıdan bakıldığında, biyokütle kaynaklı yakıtlar, fosil yakıtlara oranla oldukça fazla avantajlıdırlar ve enerji tüketiminde onların yerlerine geçebilecek durumdadırlar (Alayont, 2019).

1.2.4. Dünyada ve Türkiye’de Enerji

Yirminci yüzyılın sonlarına doğru dünyadaki enerji talebinde dikkate değer bir artış görülmüştür. Dünyadaki nüfusun ve buna bağlı olarak ihtiyaçların fazlaşmasının yanında teknolojinin de gelişmesi ile birlikte enerji ihtiyacında artış gözlenmektedir. Bu durum, son 30 yılda enerjiye olan talebin ikiye katlanması ile açıkça görülmektedir.

Önümüzdeki yıllarda, yenilenebilir enerji kaynakları dünyadaki enerji politikalarında önemli rol oynayacaktır. Çevreye dostu ve güvenli olmaları sayesinde yenilenebilir enerji kaynakları, fosil yakıtlara kıyasla daha fazla avantaja ve üstünlüğe sahiptirler. Bu avantaj ve üstünlüklere rağmen, önümüzdeki on yılda gelişmiş ülkelerde enerji tüketiminin %55'inin yine fosil yakıtlardan sağlanacağı tahmin edilmektedir. Fosil yakıtlara olan bu aşırı bağımlılığı gidermenin en önemli yolu yenilenebilir enerji kaynakları olarak görülmektedir. Önümüzdeki on yılda, yenilenebilir enerji kaynaklarının enerji piyasasındaki payının %14 seviyesinden %40 seviyesine yükseleceği ve nükleer payın ise %7'den %5'e gerileyeceği tahmin edilmektedir. Fosil yakıt kaynakları olan kömür, doğal gaz ve petrol rezervlerinin sırasıyla 120, 60 ve 50 yıl içerisinde tükeneceği öngörülmektedir. Alternatif enerji kaynakları olan yenilenebilir enerji kaynaklarının doğal ve teknik potansiyelleri dünyadaki enerji ihtiyacını bütünüyle karşılayabilecek seviyededir (Elinç, 2019).

Konut, sanayi, ulaştırma, ticaret gibi yaşamın bütün evrelerinde kullanılmakta olan enerji, bir ülkenin sosyal ve ekonomik açıdan gelişimi için en önemli ihtiyaçlarından biridir. Petrol, ulaştırma sektörünün temel enerji kaynağıdır ve dünyada enerji tüketiminde birinci sırayı almaktadır. Kömür ve doğal gaz ise elektrik üretiminde çokça kullanılmaktadır ve petrolden sonra en fazla tüketilen enerji kaynaklarıdır. Yapılan araştırmalar, uzun vadede petrol ve doğal gazın enerji tüketimindeki bu payının devam edeceğini göstermektedir (Bayrakçeken, 2019).

Yapılan araştırmalar sonucunda enerji kaynaklarındaki artış miktarının, yenilenebilir enerji kaynakları için %410, nükleer enerji için %50, doğal gaz için %48, hidroelektrik için %38 ve son olarak petrol için %11 olacağı öngörülmektedir. Fosil enerji kaynakları arasında en büyük artışı doğal gazın göstereceği tahmin edilmektedir. Bununla birlikte, kömürde herhangi bir artış olmayacağı düşünülmektedir. Bölgesel olarak düşünüldüğünde, yapılan tahminlere göre Asya Pasifik Bölgesi’nde enerjiye olan talebin, 2040 yılına kadar oldukça fazla artacağı ve dünya enerji talebinin yaklaşık yarısını oluşturacağı öngörülmektedir. Bu enerji talebindeki artışın Afrika, Ortadoğu, Orta ve Güney Amerika’da ise oransal olacağı

tahmin edilmektedir. Dünya nüfusunun hızlı bir şekilde artması enerji tüketiminin artmasının en önemli sebebidir. Nüfus artışına paralel olarak endüstri, şehirleşme ve dijitalleşmenin de artmasıyla beraber enerji tüketiminin daha da artacağı bu araştırmaları yapan kurullar tarafından düşünülmektedir (Bayrakçeken, 2019).

Dünyadaki enerji tüketiminin artması, enerji yatırımlarının artışına sebep olmaktadır. Uluslararası Enerji Ajansı'nın yaptığı bir araştırmada, 2040 yılına kadar enerji sektörüne toplam 66.5 trilyon dolar yatırım yapılacağı ifade edilmektedir. Yapılacak bu yatırımların %35'inin enerji verimliliği ile ilgili olacağı düşünüldüğünde, bu tezde elde edilecek verilerin önemi daha iyi anlaşılabilmektedir.

Dünyada enerji konusunda en fazla sıkıntı yaşayan ülkelerden birisi de Türkiye'dir. Çünkü, Türkiye; nüfusunun hızla artmasıyla birlikte yeni iş alanlarına yönelmekte, sanayileşmeye çabalamakta ve tarımını geliştirmek için daha modern sistemleri kullanma gayreti içerisinde. Bütün bu faaliyetler enerji talebinin hızlı bir şekilde artmasına zemin hazırlamaktadır. Bununla birlikte, Türkiye; oldukça hızlı bir şekilde artan bu enerji talebini karşılamak için öz kaynaklarını yeterli bir şekilde kullanmamaktadır. Böylece, dışarıdan enerji satın alma eğilimi dolayısıyla enerjide dışa bağımlılığı artmaktadır. Avrupa Birliği ülkeleri ile karşılaştırıldığında, enerjideki bu dışa bağımlılığın Türkiye'de daha üst seviye olduğu görülmektedir. Türkiye'nin ekonomik şartları düşünüldüğünde, enerjideki bu dışa bağımlılığının azaltılması için yerli kaynaklara yönelmesi gerektiği konusundaki düşünceler gün geçtikçe artmaktadır (Çepelioğullar, 2011).

Enerjide arz güvenliği, bütün ülkeler için olduğu kadar bizim ülkemiz için de oldukça önemlidir. Son yıllarda Türkiye'de bu konuyla ilgili olarak, enerji piyasasının yeniden yapılandırılması, temiz ve yenilenebilir enerji kaynak potansiyelinin belirlenmesi, elektrik üretiminde nükleer enerjiden de yararlanılması, enerjinin verimli kullanılması ve yeni enerji teknolojilerinden faydalanılması gibi yasal ve teknik çalışmalarda önemli ilerlemeler kaydedilmiştir (Çepelioğullar, 2011).

Türkiye'deki enerji politikalarının esasları; enerjinin hem maliyet hem zaman hem de miktar bakımından tüketiciler için erişilebilir olması, serbest piyasa uygulamalarına bağlı olarak kamu ve özel kurumların harekete geçirilmesi, enerjide dışa olan bağımlılığın giderilmesi, ülkenin bölgesel ve küresel alandaki etkisinin yükseltilmesi, kaynak, güzergah ve teknoloji alanlarında çeşitliliğinin artırılması, yenilenebilir enerji kaynaklarının mümkün olan en yüksek oranda kullanılması için gerekli teşviklerin yapılması, enerjiden yüksek

verimle yararlanılması, enerji kaynakların üretiminde ve tüketiminde çevreye olabilecek zararların en alt seviyeye indirilmesi şeklinde özetlenebilir (Çepelioğullar, 2011).

Son yıllarda, Türkiye'deki toplam enerji tüketimi nüfus artışına paralel olarak artmıştır. Türkiye'nin dünya nüfustaki payı %1.2 iken dünya enerji tüketimindeki payı % 0.8 dir. Bu verilere göre, Türkiye kişi başına dünya ortalamasının $\frac{3}{4}$ 'ü kadar enerji tüketmektedir. Türkiye'nin enerjide dışa bağımlı bir ülke olmasının en önemli sebepleri; coğrafi konumu, ülkede yeterli bilinçlendirmenin yapılmaması ve enerjinin verimli bir şekilde kullanılmaması şeklinde özetlenebilir. Türkiye, en çok tükettiği enerji kaynağı olan petrolün sadece % 2.9'unu üretebilmektedir (Gümülügil, 2016).

1.3. Biyokütle

Dünyada fotosentez ile üretilen tüm organik maddeler biyokütle olarak tanımlanır. Başka bir deyişle, yapısında esas olarak karbonhidrat bileşenleri barındıran bütün maddeler biyokütle olarak ifade edilir. Biyokütle esas olarak karbon, hidrojen ve oksijen içerir (Açıkalın, 2010). İnsanlar biyokütleyi doğrudan yakma biçiminde veya bazı prosesler uygulayarak değişik biçimlerde kullanırlar. Çok kolay bir şekilde ulaşılabilen bir kaynak olan biyokütle, bulunduğu bölgelerde endüstrinin artmasına olanak sağlamıştır (Küçük, 2019).

Yüzyıldan daha az bir zamanda yenilenebilen karadaki ve sudaki bitkiler, hayvan kaynaklı atıklar, gıda ve orman kaynaklı ürünler ile şehir kaynaklı atıkları kapsayan bütün maddeler biyokütle olarak ifade edilmektedir. Biyokütlenin yenilenebilir olması, onu yapay maddelerden farklı kılan en önemli özelliktir. Biyokütlenin biyolojik ve kimyasal özellikleri; yetiştirme süreçleri ve değişken iklimlerden kaynaklı dış etkiler sayesinde farklılıklar gösterir (Çepelioğullar, 2011).

Biyokütle enerjisinin tarihi çok eski zamanlara dayanmasına rağmen, onun ekonomik açıdan önemli hale gelmesi 1970'li yıllardan sonra gerçekleşen enerji krizleri, enerji talebinin çok artması, fosil kaynaklarının azalmaya başlaması gibi faktörler sayesinde olmuştur.

1980'li yıllardan sonra etanol, biyodizel, odun yongaları ve ahşap pelet uluslararası enerji piyasalarında sıkça işlem gören biyokütle türleri olmaya başlamıştır. Günümüzde, uluslararası ticaretin %2'sine konu olan biyokütle enerjisinin gelecekte çok daha yüksek bir potansiyele sahip olacağı düşünülmektedir. Biyokütle kaynaklı enerjiyi daha arzu edilir bir

hale getirmek için CO₂ vergisi getirme gibi fosil yakıtların kullanımını azaltıcı ve biyokütle enerjisi için yatırım destekleri verme gibi biyokütle kullanımını teşvik edici politikaların geliştirilmesi gerekir.

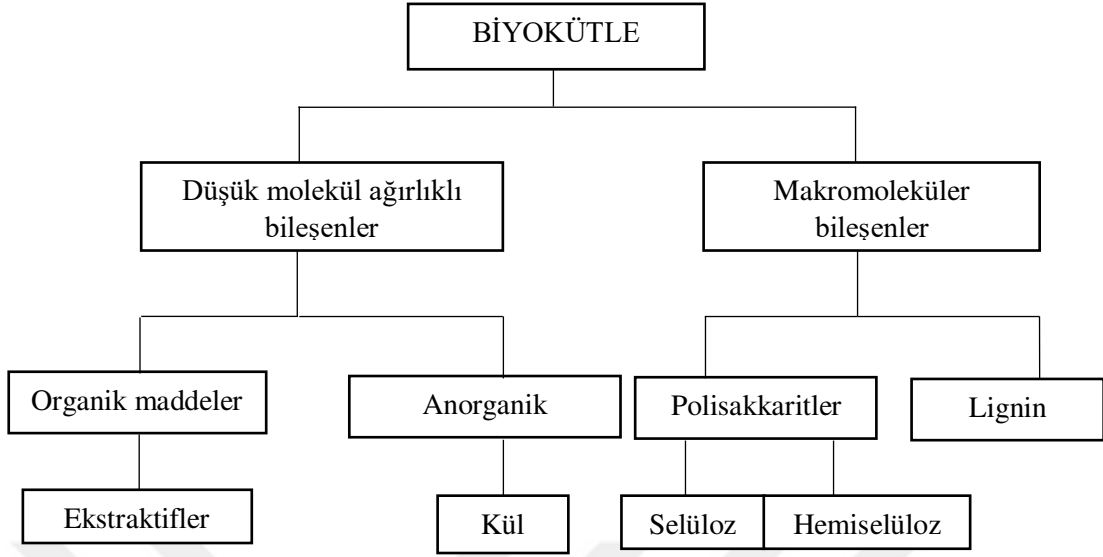
Günümüz ekonomik şartlarında enerji olan talebin karşılık bulabilmesi; arz ve talep arasında bir dengenin kurulması ile sağlanabilir. Bu dengenin sağlanması; enerji güvenliğinin gelişmesi, ekonomik faaliyetlerdeki çeşitliliğin artması ve kırsal bölgelerin kalkınması yönünden son derece önemlidir. Bütün bunların sağlanması, gerekli politikaların geliştirilmesi ve gerekli önlemlerin alınması ile gerçekleştirilebilir. 1990'lı yıllardan sonra biyokütle enerjine olan arz ve talep; tüm dünyada tartışılan en önemli konularından biri olmuştur. Fosil yakıtların çevreyi kirletmesi ve fiyatlarının artması, yenilenebilir bir enerji kaynağı olan biyokütleyi daha önemli bir noktaya getirmiştir (Bayramoğlu, 2013).

2000'li yıllardan sonra enerjide serbestleşme eğilimleri ortaya çıkmış ve yenilenebilir enerji devletler tarafından daha fazla desteklenmeye başlanmıştır. Böylece biyokütle, fosil enerji kaynaklarından sonra en önemli enerji kaynaklarından biri olmuştur. Diğer enerji kaynaklarına oranla daha düşük fiyatlara sahip olan biyokütle enerjisi, uluslararası ticaretteki küresel enerji talebini karşılamada önemli bir potansiyele sahiptir. Biyokütle enerjisine küresel çapta bakıldığında, potansiyelinin sadece beşte ikisinin kullanıldığı ve bu sayede biyokütle enerjisinin gelecekte çok etkili olacağı düşünülmektedir. Uluslararası Enerji Ajansı'nın 2050 yılına dair yaptığı tahminlere göre, biyokütle kaynaklı enerjinin küresel birincil enerji arzına katkısının yaklaşık %30 olacağı öngörülmektedir (Bayramoğlu, 2013).

Biyokütleden katı, sıvı veya gaz yakıt şeklinde enerji elde etmek için farklı teknolojilerden faydalanılır (Işıtan, 2016). Biyokütleden hidrojen, biyodizel, biyogaz, biyoetanol ve gübre gibi ürünleri elde etmek için biyokütle dönüşüm teknikleri kullanılır. Bu dönüşüm teknikleri, kullanılan biyokütlenin çeşidine göre değişmektedir ve onları iki temel başlıkta toplamak mümkündür (Donar, 2013). Bunlardan birincisi biyokimyasal dönüşüm yöntemleri (anaerobik çürütme ve fermantasyon v.b.), ikincisi ise termokimyasal dönüşüm yöntemleridir (yakma, sıvılaştırma, piroliz, gazlaştırma ve torifikasyon).

1.3.1. Biyokütlenin Temel Bileşenleri

Biyokütle, katı fosil yakıtlardan farklı bir kimyasal bileşime sahiptir. Kimyasal bileşim ve morfolojik yapı bakımından lignoselülozik maddeler birbirlerinden farklıdır. Odun başta olmak üzere birçok biyokütle kaynağı, yüksek oranda oksijen içermektedir.



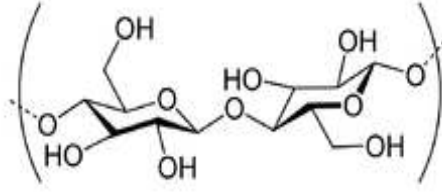
Şekil 1. Biyokütlenin bileşenleri

Yüksek molekül ağırlığına sahip karbonhidrat polimerler, oligomerler ve lignin, lignoselülozik maddelerin yapısında bulunan temel bileşenlerdir. Biyokütle ayrıca, bünyesinde azda olsa (% 4-10 arasında) düşük molekül ağırlığına sahip organik ekstraktifler ve anorganikler de içermektedir. Selüloz, hemiselüloz ve lignin, biyokütlenin makromoleküler yapısını oluşturmaktadır. Biyokütlerde bu bileşenlerin bulunma oranları, biyokütle kaynağının yapısına, türüne, yaşına ve çevresel koşullara göre farklılık göstermektedir. Biyokütle %35-50 oranında selüloz, %20-35 oranında hemiselüloz ve %25 oranında da lignin içermektedir. Proteinler, yağlar ve kül ise biyokütlenin geri kalan bölümünü oluşturmaktadır.

Biyokütlenin en temel üç bileşenini oluşturan selüloz, lignin ve hemiselülozün içeriği biyokütlenin tipine göre farklılık göstermektedir (Şekil 1) (Varol, 2007).

1.3.1.1. Selüloz

Hücre duvarı yapısındaki yapısal polisakkaritlerin en önemlilerinden birisi olan selüloz; yapısı en basit olan ve bitkiler arasında en en çok bulunan maddedir. Bir homopolimer olan selüloz, glukoz birimlerinin β -1,4 bağları ile bağlanmasıyla oluşur. Polimerizasyon derecesi ile belirlenen selüloz molekülünün büyüklüğü, bitki hücre duvarındaki ikincil duvarda her molekülde 500'den daha az glukoz bileşeninin bulunmasına



Şekil 2. Selülozun yapısı

göre değişkenlik arz eder. Selüloz, bitkilerin sert ve dayanıklı olmasını sağlar. Odunlardaki selüloz oranı ağırlıkça % 40-50 civarındadır. Selülozun molekül ağırlığı 300000 ile 500000 arasında değişmektedir. Lineer bir polimer olan selülozun formülü $(C_6H_{10}O_5)_n$ şeklinde ifade edilir. Selülozun yapısı Şekil 2'deki gibidir.

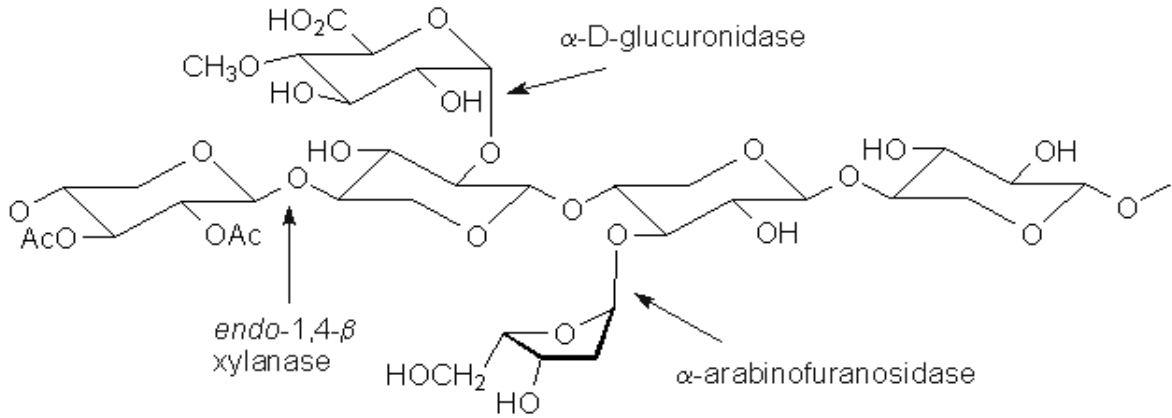
Bütün bitki, ot ve ağaçların hepsinin temel yapı taşı olan selülozun en dikkat çeken işlevi, bitkileri daha sağlam yapmasıdır. Doğada saf halde bulunmayan selülozun bitkinin hücre duvarındaki oranı hücrenin tipine ve evresine göre değişkenlik gösterir. Selüloz, birincil duvarın kuru ağırlığının yaklaşık %20-40'ını, ikincil duvarın ise yaklaşık %40-60'ını oluşturur. Elbette bazı istisnalar da mevcuttur. Örneğin; selüloz, pamuk tohumunun ikincil duvarının %100'ünü oluşturmaktadır. Selülozun doğada genellikle diğer bitkisel maddelerle beraber bulunması, onun doğal ortamlarda parçalanmasında etkili olmaktadır.

Doğada, endüstriyel bakımdan önemli ve farklı hedefler için kullanılan birkaç çeşit selüloz vardır. Bunlar birbirinden a, b ve d harflerinin kullanılması ile ayrılırlar. Pamuktaki selülozun türü bütün türler arasında en önemlisi olan a- selülozdur. Asitlere ve bazlara karşı fazla dayanıklı olmayan ve kolay kopabilen b-selüloz ve d-selüloz ise hemiselüloz adını alır (Ayyıldız, 2014).

1.3.1.2. Hemiselüloz

Dallanmış gruplara sahip amorf bir heteropolisakkarit olan hemiselüloz, selüloz ve pektinlerle beraber bitki hücrelerinde duvar yapısını oluştururlar. $(C_6H_8O_4)_n$ formülü ile gösterilen hemiselüloz odunlarda ağırlıkça bulunma oranı %25-35 arasındadır. Hemiselülozun molekül ağırlığı selülozdan daha azdır. Hemiselülozun içerdiği önemli şeker birimleri ksiloz, arabinoz, mannoz, glukoz, glukuronik asit ve galaktozdur.

Hemiselülozun, lignin ve selüloz arasında bir köprü oluşturmaktadır. Hemiselülozu selülozanlar ve poliuronidler olarak ikiye ayırabiliriz.



Şekil 3. Hemiselülozun yapısı

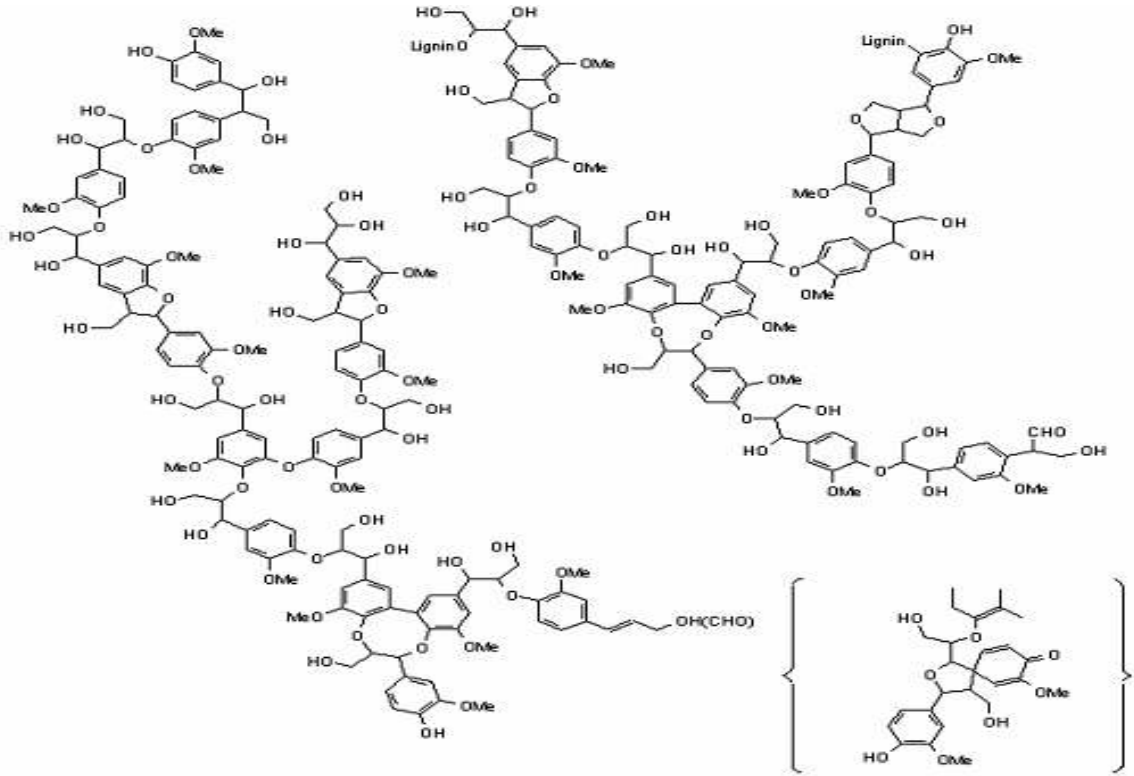
Selülozanlar; heksozanların (manan, galaktan ve glukozan) ve pentozanların (ksilan, arabinan) olduğu tek şekerli monomerlerden oluşurlar. Bununla birlikte, poliuronoidler fazlaca heksuronik asit ve az miktarda metoksil, asetil ve serbest karboksilik gruplar içerirler.

Hemiselülozlar yapısal olarak, asetat ve şekerleri içeren kısa yan zincirli tekrarlayan uzun ve lineer bir şeker birimiyle ifade edilir. Özellikle yapraklı ve iğne yapraklı ağaç türlerindeki hemiselülozların bileşimi oldukça farklılık göstermektedir (Ertaş, 2010). Şekil 3, hemiselülozun yapısını gösterilmiştir (Ayyıldız, 2014).

1.3.1.3. Lignin

Selüloz ve hemiselülozdan sonra biyokütlenin üçüncü ana bileşeni lignindir. Lignin biyolütlerdeki ağırlıkça oranı %18-33 arasında değişmektedir. Ağaca sertlik özelliği kazandıran ligninin kimyasal yapısını benzen halkaları, metoksi-, hidroksi- ve propil grupları gibi dallanmış aromatik polimerler oluştururlar (Varol, 2007).

Aromatik bir bileşen olan lignin fazlaca dallanmıştır, biyokütle hücre duvarlarında bulunur ve selülozik lifler ile lignoselülozik kompleks oluşturur. Bu kompleks yapıdaki lignini ayrıştırmak için sülfürik asit kullanılır. Lignin makromolekülü oluşturmak için, üç aromatik alkol (p-coumaryl alkol, coniferyl alkol ve sinapyl alkol) polimerize edilir. Bu yapının oluşumunda doymuş alifatik gruplar, karbonil grubu, aromatik halkalardan oluşan aromatik grup ve hidroksil grubu bağlar etkilidir.



Şekil 4. Ligninin yapısı

Bitkilerin güneş enerjisini depolanmasında temel bileşen olan lignin, odun için kompozit bir materyal bileşeni olarak önemli role sahiptir. Lignin; kağıt, enerji, levha, çözelti sistemlerinde pıhtılaştırıcı, kimyasal dönüşüm ürünleri, polimerlerde katkı maddesi, gübre ve toprak uygulamaları gibi birçok sektörde kullanım alanına sahiptir. Lignin yapısı Şekil 4'te verilmektedir (Baykan, 2011).

1.3.1.4. Ekstraktif Maddeler

Biyokütlenin temel bileşenleri olan selüloz, hemiselüloz ve lignin dışındaki son bileşeni ekstraktiflerdir. Organik ekstraktifler; polar (su, alkol) veya apolar çözücüler (toluen, hegzan) kullanılarak biyokütleden ayrılabilirler. Biyokütleden ekstrakte edilen yapılara örnek olarak alkaloidler, protein, fenolik bileşikler, yağlar, pektin, terpenler, nişasta gibi organik bileşikler verilebilir (Varol, 2007). Bitkinin türüne bağlı olarak, bu bileşenlerin çeşidi ve miktarı değişkenlik göstermektedir.

Bitkilerdeki ekstraktiflerin kuru ağırlık olarak oranı % 2'den daha düşüktür. Bununla birlikte, ekstraktifler bitkinin rengi, kokusu, tadı ve dayanıklılığında önemli bir etkiye sahiptir. Otsu bitkilerin ekstraktif madde içeriği odunsu bitkilere oranla daha fazladır. Kolza tohumu

ve soya fasulyesi başta olmak üzere mısır taneleri ve şeker kamışı da ekstraktif madde açısından zengin bitkilerdir (Tekin, 2013).

1.3.2. Dünyada ve Türkiye’de Biyokütle Potansiyeli

Dünya nüfusundaki artış ve teknolojinin gelişmesi ile enerji ihtiyacı devamlı bir şekilde artış yönünde eğilim göstermektedir. Sınırlı olan fosil enerji kaynaklarının yakın zamanda tükenecek olması, alternatif enerji kaynaklarına doğru bir eğilimin olmasını zorunlu kılmaktadır.

Biyokütle, birçok ülke için en değerli enerji kaynağıdır. Biyokütle her yerde yetiştirilebilir, çevre korunmasına katkı sağlar, elektrik üretiminde ve taşıtlar için yakıt elde etmede kullanılabilir. Bu özellikleri ile birlikte biyokütle, hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkeler için önemli ve stratejik bir enerji kaynağı olarak kabul edilmektedir. Gelişmekte olan ülkelerde, enerji ihtiyacının yaklaşık üçte biri biyokütleden sağlanmaktadır (Baykan, 2011).

Tablo 1’de verilen dünya biyokütle potansiyeline göre, okyanuslar %70’ lik pay ile en fazla alana sahiptirler. Bununla birlikte, okyanuslardan yeterince fayda sağlanamamaktadır. Biyokütle üretiminin sadece %38’i okyanuslardan karşılanmaktadır. Sadece %11’lik alana sahip ormanların ise biyokütle üretimine katkısı ise %44’dür (Ertaş, 2010).

Uluslararası Enerji Ajansı’nın yaptığı tahminlere göre, dördüncü büyük enerji kaynağı olan biyokütle ve atıkların yıllık büyüme hızı %1.4 artacak ve bu artış yüzdesi ile beraber 2030 yılında değeri 1662 MTEP olacak. Bununla birlikte, toplam enerji tüketimdeki yıllık büyüme hızının %1.6 olacağı öngörüldüğünden, 2030 yılı toplam tüketimde biyokütle ve atık maddelerinin payının %9.8’e gerileyeceği tahmin edilmektedir (Açıkalin, 2010).

Tablo 1. Dünya biyokütle potansiyeli

	Alan (%)	Biyokütle üretimi (%)
Ormanlar	11	44
Koruluklar	5	1
Otlak-Çayır	5	9
Tarımsal Alanlar	3	5
Çöl	5	0
Göl ve nehirler	1	3
Okyanuslar	70	38

Türkiye, Orta Doğu ve Orta Asya arasında bir köprü görevi yapmaktadır. Bu coğrafi konumu sayesinde enerji bakımından oldukça zengin bir ülkedir. Enerji, Türkiye'nin kalkınma planında enerji oldukça önemli bir yer tutmaktadır. Türkiye'de ekonomi hızla büyümektedir. Fakat, Türkiye'deki elektrik tüketim talebi daha hızlı bir şekilde artmaktadır. Türkiye'nin yurt içi enerji talebinde gözlenen hızlı artış, yabancı enerji kaynaklarına olan gereksinimini de paralel bir şekilde tetiklemektedir (Çöp, 2018).

Biyokütle, Türkiye'deki kırsal alanlarında en önemli enerji kaynağı biyokütledir. Elektrik üretiminde, evlerin ısıtılmasında, araçlara yakıt verilmesinde ve endüstriyel tesisler için proses ısısı sağlanmasında enerji ihtiyacını karşılamak için kullanılmaktadır. Odun, hayvan ve bitki atıkları potansiyel biyokütle kaynaklarıdır. Bu biyokütle kaynakları içerisinde odunun yeri oldukça önemlidir. Gelişmekte olan bir ülke olan Türkiye, tarımsal olarak zengin bir potansiyele sahiptir. Dolayısıyla Türkiye, tarımsal atık açısından zengin bir ülkedir. Türkiye'de ayrıca, her yıl çok miktarda hayvansal atık ta üretilmektedir (Çöp, 2018).

1.3.3. Biyokütlenin Avantajları ve Dezavantajları

Enerji kaynağı olarak biyokütle yenilenebilir, güçlendirilebilir ve çevre için tehlike teşkil etmemektedir. Fosil yakıtların sebep olduğu sera etkisi biyokütle için geçerli değildir. Bünyelerinde çok az miktarda kükürt içerdiklerinden, çevreye zararlı olan kükürt dioksit gazı emisyonunu arttırmazlar. Dolayısıyla, asit yağmurlarında etkili olmazlar. Birçok biyokütlenin atıkları enerji kaynağı olarak kullanılır. Böylece, atık maddelerin yok edilmesinin sağlanması suretiyle, çevre için muhtemel olumsuz etkiler de engellenmiş olur. Biyokütle kaynaklarının birçok yerde yetiştirilebilmesi ve depolanabilmesi de en önemli avantajlarındandır. Biyokütlenin avantajları arasında, çevrim teknolojilerinin bilinir olması ve enerji verimi için uygun olmaları da sayılabilir. Bütün bunlara ilave olarak, sosyal ve ekonomik gelişmeler üzerine biyokütlenin etkisi oldukça fazladır (Özyurt, 2006). Biyokütlenin enerji kaynağı olarak kullanılması, yenilenebilir veya yenilenemez olsun diğer enerji kaynaklarına nazaran pek çok avantajlara sahiptir:

- Dünyada dördüncü büyük enerji kaynağı olan biyokütle, neredeyse her yerde doğal olarak yetiştiğinden dolayı bol miktarda bulunur. Bu avantajının yanında, ülkelere kendi enerjilerini üretebilme fırsatı verdiğinden, ülkeler arası çatışmaların giderilmesine katkıda bulunabilirler.

- Biyokütle, en ucuz yenilenebilir temiz enerji kaynaklarından biridir. Fosil yakıtlardaki tükenme tehlikesi biyokütle için geçerli değildir.
- Biyokütle, güneş enerjisinden faydalanarak, atmosferde mevcut karbon dioksit gazını fotosentez vasıtasıyla organik ürünlere dönüştürür. Böylelikle biyokütle, güneş enerjisini kimyasal enerji şeklinde depolamış olur. Diğer yenilenebilir enerji kaynakları için bu durum söz konusu değildir.
- Biyokütle birçok amaç için kullanılabilen ve dönüştürülebilen enerji kaynağıdır. Katı, sıvı ve gaz yakıtlara dönüştürülebilme özelliği, yenilenebilir enerji kaynakları içerisinde sadece biyokütleyle özgü bir durumdur.
- Biyokütle ve kömürün kimyasal yapıları kıyaslandığında, biyokütlenin dönüşümünün kömürden daha kolay olduğu görülür.
- Biyokütle, atmosferdeki karbondioksit miktarını fotosentez sayesinde sabitlediğinden dolayı bu gazdan kaynaklanan bir çevresel probleme neden olmamaktadır.
- Birçok biyokütle atığının enerji kaynağı şeklinde kullanılması, bu atık maddelerden kaynaklanabilecek çevresel sorunları ortadan kaldırmaktadır.
- Biyokütlenin azot ve kükürt içeriği kömürden daha azdır. Dolayısıyla, yakılmaları sonucunda ortaya çıkan NO_x ve SO_x emisyonları kömürden daha azdır. Bu yüzden, NO_x ve SO_x gazlarından kaynaklı hava kirliliği, asit yağmurları ve sera etkisi biyokütlerde oldukça düşüktür (Açıkalın, 2010).

Biyokütlenin taşınması esnasında oluşan problemler maliyeti arttırmaktadır. Bunu önlemek için enerji dönüşüm prosesleri yakın olmalı veya biyokütlenin boyutu çeşitli fiziksel proseslerle küçültmelidir. Biyokütlenin çevrim verimi düşüktür. Isıl değerleri fosil yakıtlardan daha düşüktür. Fazla miktarda su içerdiklerinden, doğrudan yakıldıklarında açığa çıkan enerjinin bir kısmı suyun buharlaşmasına harcanmaktadır. Dolayısıyla, biyokütle kullanılmadan önce içeriğindeki suyun azaltılması için kurutma yapılmalıdır (Özyurt, 2006). Biyokütlenin enerji kaynağı olarak kullanılmasını kısıtlayan özellikleri ve dezavantajları aşağıda verilmiştir:

- Biyokütlelerin çoğunun enerji içerikleri kuru ve külsüz bazda dahi fosil yakıtlardan daha düşüktür. Bunun sebebi, biyokütlenin içerdiği oksijen miktarıdır. Yapılarındaki yüksek oksijen oranı, karbon ve hidrojen içeriğini azaltmakta dolayısıyla ısıl değerini düşürmektedir.
- Biyokütlenin nem içeriği genellikle yüksek olduğundan, yakma işlemlerinde kurutma işlemine tabi tutulduktan sonra kullanılırlar. Buna ilaveten, bünyelerindeki yüksek

orandaki nem miktarı çürümeye sebep olabileceğinden depolanmaları da kolay olmamaktadır.

- Biyokütlelerin yoğunlukları genellikle düşüktür. Bu yüzden, onları depolanmak, yakmak ve işlemek için büyük ölçekte ekipmanlar ve alanlar gerekmektedir. Ayrıca, biyokütlerin geniş alanlara yayılı bir şekilde bulunmaları, onların toplanmalarında problem oluşturmaktadır.
- Biyokütleler genellikle homojen yapıda değildirler ve akışkan halde bulunmazlar. Bu yüzden, işlem görecekları tesislerde doğrudan kullanılmaları genelde mümkün olmamaktadır.
- Biyokütleyi besin olarak, besini de biyokütle olarak kullanmak mümkündür. Biyokütle kaynaklı yakıtları ve besini üretilebilmek için su, arazi ve enerji gibi ortak kaynaklar gerekir. Dolayısıyla, bunlar birbirleri ile ilişkili sektörlerdir (Açıkalm, 2010).

1.3.4. Biyokütle Kaynakları

Biyokütle kaynaklarının yenilenebilir ve ucuz olmaları onları fosil yakıtlardan daha avantajlı hale getirmektedir. Her ülkede yetişme olanakları olduğundan, ülkelerin kendi enerjilerini sağlamaları ve enerjide dışa bağılılıklarını azaltmaları noktasında önem arz etmektedirler. Ayrıca biyokütle, insanlara yeni istihdam alanları sağlar, dünyamızın çölleşmesini engeller ve sera gazı etkisi düşürerek küresel ısınmanın azalmasına katkıda bulunur.

Biyokütle birçok alanda kullanılabilir. Biyokütle, enerji kaynağı olarak kullanımı esmasında katı, sıvı ve gaz haline dönüştürülebilir. Biyokütlenin en önemli avantajı budur. Bu özelliği ile yenilenebilir enerji kaynakları arasında tektir (Küçük, 2019). Enerji üretiminde biyokütle kaynaklarının kullanımı, modern biyokütle kullanımı ve geleneksel biyokütle kullanımı olarak iki kategoriye ayrılabilir. Oldukça geniş bir alana yayılmış olan modern biyokütle kullanımının geleneksel fosil enerji kaynaklarının yerini alabileceği düşünülmektedir. Geleneksel biyokütle ise genellikle gelişmekte olan ülkelerde ve küçük çapta kullanılmaktadır (Çepelioğulları, 2011).

Ağaç ve ağaç atıkları, kentsel katı atıklar, tarımsal atıklar ve toprakta depolanan gazlar, biyokütle enerjisinin üretilmesinde en çok kullanılan enerji kaynaklarıdır. Gelişmiş ülkeler, enerjilerinin %4'ünü çok eski bir enerji kaynağı olan biyokütleden karşılayabilmektedir. Organik maddelerin yakılması ile elde edilen biyokütle enerjisi, elektrik üretmek üzere özel

enerji santrallerinde spesifik bir teknikle yakılır. Bu enerji kaynağı tarım atıklarından elde edildiğinden dolayı, tarımda biriken atık miktarı büyük oranda azaltmaktadır (Işıkdag, 2007).

Biyokütle kaynaklarını; bitkisel biyokütle kaynakları, hayvansal biyokütle kaynakları, ormansal biyokütle kaynakları, sulu biyokütle kaynakları ve atık biyokütle kaynakları olmak üzere beşe ayırabiliriz (Çepelioğulları, 2011).

1.3.4.1. Bitkisel Biyokütle Kaynakları

Besin elde etmek için tarımla üretilen bitkilerin hasatları sonrasında ekim alanlarında ya da işlendikleri tesislerde kalan ve endüstriyel değere sahip olan kabuk, kök, sap ve yapraklar başlıca bitki atıklarıdır. Sert kabuklu yemişler ve meyvelerin çekirdekleri de atık potansiyeline oldukça fazladır ve bitki atıkları sınıfına girmektedirler.

Türkiye’de; tahıllar, yağlı tohumlar ve yumrulu ürünlerin üretimi yaygın şekilde yapılmaktadır. Tahıllar ülkemizde yaygın olarak Orta, Doğu ve Güney Bölgeleri’nde yetiştirilirken, Trakya Bölgesi’nde ayçiçeği, Güney, Güney Doğu, Güney Batı Anadolu ve Ege Bölgeleri’nde ise pamuk ve mısır yaygın bir şekilde yetiştirilmektedir. Yumrulu bitkilerden patates Marmara Bölgesi’nde, şeker pancarı ise İç Anadolu Bölgesi’nde daha çok üretilmektedir. Başlıca buğday ve arpa yetiştiriciliğinden olmak üzere mısır ve pamuk yetiştiriciliğinde de önemli miktarda tarla atığı açığa çıkmaktadır. Tarımsal üretimden sonra, atıklar tarlada bırakılabilir veya tahıl samanı, hayvan yemi ve hayvan altlığı gibi farklı amaçlarla da kullanılabilir. Tarımsal ürünlerin endüstriyel olarak üretiminden kalan temel atıklar olan çeltik sapı, mısır sapı, ayçiçeği, saman ve tütün sapı gibi atıklar da tarlada kalmaktadır (Yeşilkaya, 2017).

1.3.4.2. Hayvansal Biyokütle Kaynakları

Üretimi oldukça sınırlı olan hayvansal atıklar, toplam biyokütle enerji potansiyelinde oldukça az bir paya sahiptir ve genellikle küçük çaplı işlemler halinde üretildikleri yerde kullanılırlar. Hayvan atıklarının katı yakıt şeklinde doğrudan kullanılması, az gelişmiş ülkelerde oldukça yaygın bir kullanım şeklidir. Hayvan atıklarının en verimsiz kullanım şekli, özellikle köylerde saman ile hayvan gübresinin karıştırılarak kurutulmasıyla katı yakıt

elde etmektir. Bununla birlikte, biyokütle; hayvansal atıklar ve gübrenin en verimli kullanım alanıdır. Türkiye’de bütün hayvan gübresinin %25-30’u toprağa verilmekte, %20-25’i tezek şeklinde yakılmakta, geri kalan yaklaşık %50’lik kısım ise kaybolup gitmektedir (Çepelioğulları, 2011).

Küresel anlamda hayvansal atıklardan sağlanan enerji potansiyelinin 20 EJ olduğu düşünülmektedir. Hayvansal biyokütle kaynaklarından elde edilen biyokütle enerjisi özellikle Çin ve Hindistan’ın kırsal bölgelerinde çokça kullanılmaktadır. Hayvansal biyokütle kaynaklarından enerji üretimi, enerji üretmek için tesislerinin kurulması, hayvansal biyokütle atıklarının taşınması, depolanması ve nakliyesi gibi sektörlerinin gelişmesini yardım ederek istihdam ve gelir artışına pozitif katkı sağlanabilmektedir. Biyokütleden enerji üretme tesislerinin tarımsal üretime entegre edilmesi, hem yakacak maddesinden tasarruf sağlayacak hem de organik gübreleme yoluyla toprak verimliliğini koruyarak verimliliği artırmak gibi ekonomik faydaları da beraberinde getirecektir (Bayramoğlu, 2013).

1.3.4.3. Ormansal Biyokütle Kaynakları

Orman atığı üretiminde, bitkilerin inceltilmesi ve ağaçların budanması büyük bir paya sahiptir. Bu atıkların birçoğu kesildikleri yerde kendi hallerine bırakılırlar. Gövdelerinin kalın olması ve yüksek nem içeriğine sahip olmalarından dolayı, onların yaygın bir şekilde kullanımları için nakledilmeleri pahalı olmaktadır. Bu yüzden, uzak olmayan kırsal sanayide ve evlerde yakıt şeklinde tüketilmektedirler. Odun artıklarının başka bir kaynağı da kereste işlemedir. Kuru bıçkı tozu ve talaşlardan çok iyi yakıt elde edilebilmektedir (Yeşilkaya, 2017).

Ormansal biyokütle kaynaklarının tercih edilme sebeplerinden en önemlileri; hızlı bir şekilde büyümeleri, uzun süre yaşayabilmeleri ve yüksek enerjili olmalarıdır. Bunlara ilave olarak, kaliteleri düşük ormansal biyokütle kaynaklarının yongalama makineleriyle parçalanması ile elektrik enerjisi elde etmek yaygın olarak kullanılmaktadır.

1.3.4.4. Sulu Biyokütle Kaynakları

Deniz ve göllerdeki makro ve mikro algler, yosunlar, otlar, su sümbülleri, sazlar ve bazı mikroorganizmalar sulu biyokütle kaynaklarını oluştururlar. Günümüzde, hem gübre yapımında hem de gıda ve yem endüstrisinde faydalanmak için bazı alg türleri ticari olarak yetiştirilmektedir. Kendiliğinden yetişen bazı alglerin toplanmasına ile ilgili çalışmalar da mevcuttur. Su sümbülü gibi fazlaca bulunabilen, hızlı bir şekilde üreyebilen ve varlıkları istenmeyen biyokütlelerin enerji kaynağı olarak kullanılmasının daha temiz bir çevre için uygun olacağı fikri oldukça yaygındır (Açıkalm, 2010).

Kıyı bölgelerde bulunan kayalara ya da taşlı zeminlere yapışarak yaşayan algler, oldukça hızlı bir şekilde büyüyen tatlı su bitkileridirler. Algler; sakkarit, yağ, protein ve lignin içerirler. Bu sayede, termokimyasal ve biyokimyasal dönüşümlerle biyogaz, biyoyağ, biyoetanol, biyodizel ve biyohidrojene dönüşürler. Alglerden ton başına sağlanan biyogaz üretimi yaklaşık 500 m³ tür. Oluşan biyogaz %63 oranında metan içermektedir ve bu içeriğiyle çok değerli bir enerji kaynağıdır.

1.3.4.5. Atık Biyokütle Kaynakları

Atıkları şehir atıkları ve endüstriyel atıklar olarak iki temel kategoriye ayırmak mümkündür. Şehir atıkları; çöpleri, kullanılan ve tüketilen giyecek ve yiyecek atıklarını ve kanalizasyon atıklarını içerirken, endüstriyel atıklar; endüstriyel işleme oluşan seramik, kauçuk, kâğıt, metal ve plastik gibi atıkları kapsar. Katı atıkların enerji değerlerinin belirlenmesi için birçok çalışma yapılmıştır. Yapılan bu çalışmalardan elde edilen şehir ve endüstri atıklarının enerji değerlerinden faydalanılarak, hem atıkların yok edilmesini hem de enerji kazanımını sağlayan fazlaca uygulama vardır. Piroliz, yakma, arıtma çamurlarının anaerobik çürütmesi ya da depolama alanlarında meydana gelen depo gazının geri kazanılarak tekrar kullanılması bu uygulamalara örnek olarak verilebilir (Ertaş, 2010).

Atık biyokütle kaynaklarından enerji üretmek, çevresel problemlerin azaltılmasına katkıda bulunmasının yanında ekonomik faydalar da sağlamaktadır. Arıtma çamurları, çöp depolanan yerlerde ve evsel atık su arıtma tesislerinde oluşurlar. Bu arıtma çamurları önceden stabilize edilmemiş ve biyokimyasal aktiviteleri durdurulmamışsa aerobik organizmalarla ayrıştırılarak metan gazına dönüştürülecektir. Oluşan bu metan gazını faydalı bir şekilde kullanabilmek için, çöp toplama alanlarında meydana gelen gazları toplayacak

sondaj boruları inşa edilmelidir. Bu alanlarda oluşan gazları toplamak suretiyle biyokütle enerjisi üretebilmek için sondaj borularının belirli bir düzene göre yerleştirilmesi gerekir (Bayramoğlu, 2013).

1.4. Ekserji Analizi

Enerjinin yararlı kısmı olarak bilinen ekserji, çevre sıcaklığındaki enerji sistemleri için kullanılabilir enerji olarak da düşünülebilir. Ekserji analizi ile ekserji yıkımı ve ekserji kaybı tayin edilir. Ekserji analizi termodinamiğin ikinci kanununa dayanır. İkinci kanun, bir enerji taşıyıcının gerçek termodinamik değerini hesaplamasının yanında sistemlerdeki kayıpları ve gerçek termodinamik eksiklikleri de hesaplayarak bir enerji dengesi tanımlar ve geliştirir (Ayyıldız, 2014).

Fosil enerji kaynaklarının yakın gelecekte tükenecek olmasıyla enerji maliyetlerinin hızla artması beklenmektedir. Bu yüzden, termal güç sistemlerindeki enerji kayıplarının tayin edilmesinde kullanılan ekserji analizleri önem arz etmektedir. Ekserji kayıplarının azalması ve buna paralel olarak ekserji veriminin artmasıyla birlikte hal değişiminde oluşacak yıkım, kaynak tüketimi ve kayıp ekserji emisyonları azalacaktır (Kurtaran, 2019). Ekserji analizinin ne denli önemli bir kavram olduğu aşağıda maddeler halinde sıralanmıştır:

- Ekserji analizi, enerji sistemlerinin tasarımı ve analizinde termodinamiğin hem ikinci hem de birinci kanunundan yararlanan aktif bir metottur.
- Hesaplanan ekserji verimleri, sistemlerin ideale ne kadar yaklaştığı hususunda daha doğru sonuçlar sunabilmektedir.
- Ekserji analizi, atık ve kayıpların tayin edilmesi gereken yerleri, çeşitleri ve gerçek büyüklükleri hakkında doğru bilgiler verir.
- Ekserji yöntemi, farklı ürünleri içeren karmaşık sistemlerin analizlerinde, farklı özellikteki ürünleri ortak paydada değerlendirmekte ve böylelikle enerjinin kalitesini belirlemektedir.
- Ekserji analizi ile sistemlerdeki verimsizlikler azaltılır ve böylelikle daha verimli enerji sistemleri nasıl tasarlanacağı hususunda gerekli bilgileri sağlanmış olur.
- Ekserji analizi, enerji krizlerinin çözümü noktasında daha tatmin edici cevaplar sağlaması sayesinde enerji politikalarında faydalanılabilecek önemli bir yöntem olmuştur.

Ekserji analizi, yukarıda sıralanan yararlarından ötürü termal sistemlerin değerlendirilmesinde ve tasarımında enerji analizini tamamlayıcı bir analiz olarak her geçen gün daha fazla kullanılmaktadır (Kurtaran, 2019).

1.4.1. Ekserjinin Tanımı ve Nitelikleri

Farklı bilim adamları tarafından ekserji aşağıdaki gibi tanımlanmıştır:

- Ekserji; tersinmez sistemlerde, entropi üretiminden kaynaklanan kullanılabilir enerji kaybı olarak tanımlanır.
- Termodinamik olarak bir sistemin ekserjisi; sadece çevresiyle etkileşim halinde olan sistemin çevresiyle tamamıyla termodinamik olarak dengeye gelirken, elde edilebilecek maksimum faydalı iş şeklinde ifade edilir.
- Bir maddenin ekserjisi; o maddenin çevre üzerinde yapabileceği değişim potansiyelinin, kalitesinin ya da kullanılabilirliğinin bir ölçüsü olarak tanımlanır.
- Ekserji; sistem ile çevresinin etkileşmesi sonucunda gerçekleşen ısı transferinin sadece çevre ile olması halinde elde edilebilecek maksimum yararlı iştir.
- Ekserji; herhangi bir maddenin, çevresiyle tersinir olarak termodinamik anlamda dengeye gelmesi esnasında elde edilebilecek maksimum iş olarak ifade edilir.
- Ekserji; gaz, sıvı ya da katı bir referans ortama göre mevcut olan dengesizliğin sebebiyet verdiği bir iş potansiyelidir.
- Ekserji; enerjinin bütünüyle diğer enerji türlerine dönüşebilen bir kısmı olarak tanımlanır (Ayyıldız, 2014).

Ekserji kavramının temel nitelikleri aşağıda verilmiştir:

- Ekserji; sistem ile çevrenin birlikte meydana getirdiği toplam çevrimden elde edilen maksimum teoriksel iştir. Bahsedilen bu sistem, ifade edilen bir durumdan ölü duruma yani çevre ile denge durumuna geçer. Toplam sistemin ölü durumda herhangi bir ekserjisi yoktur ama enerjisi vardır.
- Sistemdeki bütün durumlarda ekserji sıfırdan küçük olamaz.
- Ekserjinin değeri sistemin durumuna bağlıdır. Dolayısıyla, ekserji bir kapasite özelliğidir. Eğer ekserjiyi birim kütle ya da birim mol başına düşen miktara göre yazarsak şiddet özelliği olarak temsil edilebilir.

- Ekserji; sistemin çevreden uzaklaşma halinin ölçüsüdür. Verilen bir T sıcaklığı ile çevrenin T_0 sıcaklığı arasındaki farkın artması ekserji değeri de artırır.
- Bir ekserji dengesi ile açıklanabilen ekserji; sistemler arasında aktarılabilir ve sistemlerdeki tersinmezliklerden dolayı ekserji yıkımı gerçekleşir (Özdemir, 2019).

1.4.2. Ekserji ve Enerji

Ekserji, en basit şekli ile kullanılabilir enerji olarak ifade edilmektedir. Türler arasında dönüştürülebilen enerji miktarının bir ölçüsüdür. Bu tanımdan yola çıkarak, enerji türlerini üç kategoriye ayırabiliriz (Özdemir, 2019):

- 1) Başka enerji türlerine bütünüyle dönüştürülebilen enerji. Bu türe mekanik enerji, elektrik enerjisi, potansiyel enerji ve kinetik enerji örnek olarak verilebilir.
- 2) Başka enerji türlerine kısmen dönüştürülebilen enerji. İç enerji ve ısı enerjisi, bu tür enerji için örneklerdir.
- 3) Başka enerji türlerine dönüştürülemeyen enerji. Çevrenin iç enerjisi, bu türe bir örnektir.

Tersinir işlemlerle bir maddenin, çevrenin bileşenleri ile termodinamik dengeye getirilmesiyle elde edilebilecek iş miktarı ekserji olarak tanımlanır. Dolayısıyla ekserji, bir sistemin ölü hale geçtiğinde sahip olabileceği maksimum iş tir. Daha açık bir şekilde ifade etmek gerekirse ekserji, enerjinin tanımlı termodinamik şartlar altında bir diğer enerji türüne dönüşebilen kısmıdır.

Tablo 2. Enerji ve ekserji arasındaki farklar

Enerji	Ekserji
Sadece kütle ya da enerji akışının özelliklerine bağlıdır.	Hem çevrenin hem de enerji ve kütle akışının özelliklerine de bağlıdır.
Sıfırdan farklı olan değerlere sahiptir.	Çevre ile denge halindeyken değeri sıfırdır.
Tüm işlemler birinci kanuna göre gerçekleştirilir.	Sadece tersinir işlemler birinci kanuna göre gerçekleştirilir.
Hareket ya da hareket üretme yeteneğidir.	İş veya iş üretme yeteneğidir.
Her zaman korunur. Yok edilemez veya üretilmez.	Sadece tersinir proseslerde korunur.
Sadece niceliğin bir ölçütüdür.	Hem niteliğin hem de niceliğin bir ölçüsüdür.

Tersinmez işlemlerde, entropinin belli bir miktar artışıyla birlikte daima iş kaybı oluşur. Bununla birlikte, maksimum iş sadece tersinmez proseslerde elde edilir. Ekserji, sadece ideal ya da tersinir işlemlerde enerji gibi korunan bir büyüklüktür. Bu yüzden ekserji, termodinamiğin birinci kanununa yani enerjinin korunumu kanununa uymaz. Ekserji, gerçekleşen tersinmezliklerden dolayı, gerçek proseslerde tüketilir ya da yok edilir. İşlem sırasında kullanılan ekserji, işlemle ilgili tersinmezliklerden kaynaklanan entropi ile ilişkilidir. Tablo 2’de enerji ve ekserji değişik yönleri ile karşılaştırılmıştır (Özdemir, 2019).

1.4.3. Ölü Hal ve Sınırlı Ölü Hal

Bir olay termodinamik olarak incelendiği zaman bütün dikkatler olayın gerçekleştiği bölge üzerinde toplanır. Bu amaç doğrultusunda, olayla doğrudan ilişkisi olan maddeler topluluğu; tasarlanan bir yüzey vasıtasıyla diğerlerinden ayrılarak göz önünde bulundurulur (Zhou vd., 1996). Bir yüzey yardımı ile sınırlandırılan bölge sistem olarak ifade edilir. Sistemin sınırını ise onu çevreleyen yüzey oluşturur. Bu yüzey, hem sabit hem de zamanla şekil değiştiren bir yüzey olabilir. Sistem dışındaki diğer bütün cisimler sistemin çevresini oluşturur. Sistem ve onun çevresi arasında gerçekleşebilecek kütle ve enerji alışverişlerine yalnızca sistem sınırına çok yakın bazı cisimler etki edebilir. Bu yüzden, çevre olarak sadece onları dikkate almak yeterli olacaktır.

Bir sistem ile onun çevresi arasında basınç, sıcaklık, bileşim, sistemdeki işlemin oluşum hızı ve sistemin boyutu gibi farklılıklar varsa, bunların birbirleri ile olan etkileşimden kaynaklanan işin artırılması olasıdır. Sistem çevresinin haline doğru değişime uğrarken, sistem ile belirlenmiş referans çevre arasındaki etkileşimden dolayı dengeye ulaşıldığı zaman iş yapabilme olanakları ilk önce azalır daha sonra tamamıyla ortadan kalkar. Sistemin bu denge durumu ölü hal olarak adlandırılır.

Ölü halde, çevre ve sistem arasında mekaniksel, termal ve kimyasal denge koşulları vardır. Ölü halde sistem ve çevredeki maddelerin sıcaklık, basınç ve kimyasal potansiyelleri eşit olmalıdır. Bütün bu koşullar altında, hem sistem ya da onun çevresinde kendiliğinden bir değişimin meydana gelmez hem de aralarındaki bir etkileşim vasıtasıyla gerçekleşebilecek bir iş olmaz. Ölü hal, termodinamiğin ikinci kanunu için oldukça önemlidir. Çünkü, işlemde kullanılan referans hal gibi işlev görür ve ekserji analizini doğrudan etkiler (Turner, 1993).

Bir diğ er denge t ur un olan sınırlı   l u halde ise sistem ve çevresi arasında yalnızca termal ve mekaniksel koşullar s  z konusudur. Bu halde, çevrenin T_0 sıcaklığı ve p_0 basıncında, sistem ve çevresi arasında bir k t le akışının olmadığı ve madde miktarının değişmediği kabul edilebilir (Bilgen, 2006).

1.4.4. Ekserji Bileşenleri

Eđ er bir sistemde n ukleer, manyetik, elektriksel ve yüzey gerilim etkilerinin mevcut değilse, o sisteminin toplam ekserjisi fiziksel ekserji (E^{PH}), kinetik ekserji (E^{KN}), potansiyel ekserji (E^{PT}) ve kimyasal ekserji (E^{CH}) bileşenlerinden oluşur.

$$E = E^{PH} + E^{KN} + E^{PT} + E^{CH} \quad (1)$$

Termokimyasal ekserji; potansiyel, kinetik ve fiziksel ekserjilerin toplamı şeklinde verilir (Reklaitis vd., 1983; Edgar ve Himmelblau., 1988)

Ekserji ile molar ya da k t le biriminde çalışmak daha doğrudur. Toplam spesifik ekserjiyi (e) k t le birimine göre yazarsak aşağıdaki eşitlik elde edilir:

$$e = e^{PH} + e^{KN} + e^{PT} + e^{CH} \quad (2)$$

Bir sistemin kinetik ve potansiyel enerjilerini çevreyi göz   n ne alarak hesaplamak istediğimizde aşağıdaki eşitlikler kullanılabilir:

$$e^{KN} = \frac{1}{2} V^2 \quad (3)$$

$$e^{PT} = gz \quad (4)$$

Bu formüllerdeki V , çevredeki koordinatlarla ilişkili hızı ve z ise yüksekliği ifade etmektedir. 2, 3 ve 4 eşitlikleri birleştirildiğinde aşağıdaki verilen denklik elde edilir:

$$e = e^{PH} + \frac{1}{2} V^2 + gz + e^{CH} \quad (5)$$

Çevre ile bağlantılı olmayan bir sistemin kinetik ve potansiyel ekserjisi sıfırdır. Böyle bir sistemde, başlangıç halinden (T, p) kısıtlanmış ölü hale (T_o, p_o) geçiyorken elde edilen maksimum teoriksel faydalı iş fiziksel ekserji olarak ifade edilir (Bilgen, 2006).

1.4.4.1. Kimyasal Ekserji

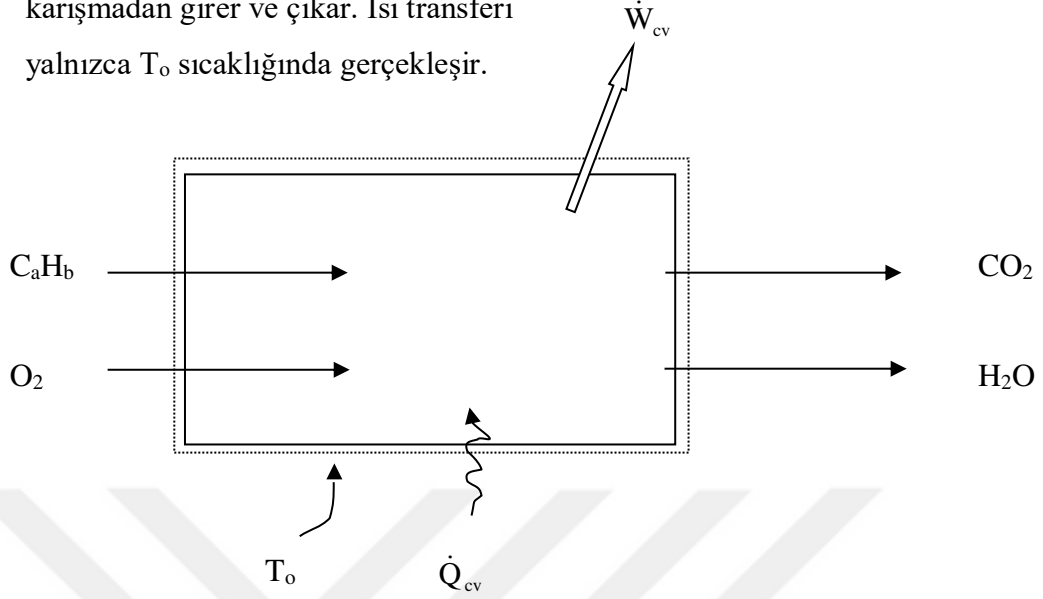
Kısıtlanmış ölü halden (sınırlı denge durumu) ölü hale (kararlı denge durumu) geçerken sistemden elde edilen maksimum teorik faydalı iş, kimyasal ekserji olarak adlandırılır. Çevremiz dengede değildir ve onun sıcaklığında, basıncında ve diğer yoğun özelliklerinde zamanla düzenli bir şekilde değişiklik olmaktadır (Reklaitis vd., 1983; Carlsson ve Kochetkov, 1983). Kimyasal ekserjinin hesaplanması, sistemin içerdiği maddelerin ve çevrenin kimyasal bileşiminin bilinmesi gerektirir. Çevre koşulları değiştiğinden standart çevre şartları belirlenmiştir. Kabul edilmiş standart çevre şartları, basıncın 1 atm ve sıcaklığın 25 °C olmasıdır. Standart kimyasal ekserji, bu şartları sağlayan maddelerin ekserjisidir.

1.4.4.2 Yakıtların Standart Kimyasal Ekserjileri

Çevrede mevcut olmayan bir maddenin standart kimyasal ekserjisi; bir maddenin ideal reaksiyonunun, kimyasal ekserjilerini bildiğimiz diğer maddelerle (genellikle referans maddelerle) düşünülmesi ile hesaplanabilir. Bu durum, Şekil 5’de T_o, p_o’daki saf bir hidrokarbon yakıt (C_aH_b) için gösterilmektedir. Şekilde de görüldüğü gibi, sisteme giren yakıt ve oksijen reaksiyona girerek karbondioksit ve suyu oluşturur. Bütün maddeler sisteme, birbirine karışmadan T_o sıcaklığında p_o basıncında girer ve çıkar. Yalnızca T_o’da ısı aktarımı gerçekleşir. Tersinmezliklerin olmadığı bir sistemin ekserji dengesi için aşağıdaki eşitlik kullanılabilir:

$$0 = \sum_j \left(1 - \frac{T_o}{T_j} \right) \frac{\dot{Q}_j}{\dot{n}_F} - \left(\frac{\dot{W}_{cv}}{\dot{n}_F} \right)_{intrev} + \bar{e}_F^{CH} + \left(a + \frac{b}{4} \right) \bar{e}_{O_2}^{CH} - a \bar{e}_{CO_2}^{CH} - \frac{b}{2} \bar{e}_{H_2O(l)}^{CH} - \dot{E}_D \quad (6)$$

Bütün maddeler T_o ve p_o 'da sisteme karışmadan girer ve çıkar. Isı transferi yalnızca T_o sıcaklığında gerçekleşir.



Şekil 5. Hidrokarbon yakıtın (C_aH_b) kimyasal ekserjisini hesaplamada kullanılan düzenek

Yakıtın kimyasal ekserji için ise aşağıdaki eşitliği kullanabiliriz:

$$\bar{e}_F^{-CH} = \left(\frac{\dot{W}_{cv}}{\dot{n}_F} \right)_{intrev} + a \bar{e}_{CO_2}^{-CH} + \frac{b}{2} \bar{e}_{H_2O(l)}^{-CH} - \left(a + \frac{b}{4} \right) \bar{e}_{O_2}^{-CH} \quad (7)$$

Aşağıdaki Eşitlik 8'i kullanarak ve $\bar{h}_{RP}$ yerine $\overline{HHV}$ yazıldığında Eşitlik 7'deki iş terimi Eşitlik 9'deki haline dönüştürülmüş olur (Bejan vd., 1996).

$$\left(\frac{\dot{W}_{cv}}{\dot{n}_F} \right)_{intrev} = -\bar{h}_{RP}(T, p) - T \left[\bar{s}_F + (a + 1/4b) \bar{s}_{O_2} - a \bar{s}_{CO_2} - 1/2b \bar{s}_{H_2O} \right](T, p) \quad (8)$$

$$\begin{aligned} \bar{e}_F^{-CH} = & \overline{HHV}(T_o, p_o) - T_o \left[\bar{s}_F + \left(a + \frac{b}{4} \right) \bar{s}_{O_2} - a \bar{s}_{CO_2} - \frac{b}{2} \bar{s}_{H_2O(l)} \right] (T_o, p_o) \\ & + \left\{ a \bar{e}_{CO_2}^{-CH} + \frac{b}{2} \bar{e}_{H_2O(l)}^{-CH} - \left(a + \frac{b}{4} \right) \bar{e}_{O_2}^{-CH} \right\} \end{aligned} \quad (9)$$

Benzer şekilde, Eşitlik 10'i kullanarak Eşitlik 11 elde edilir (Bejan vd., 1996).

$$\left(\frac{\dot{W}_{cv}}{\dot{n}_F} \right)_{intrev} = \left[\bar{g}_F + (a + 1/4b) \bar{g}_{O_2} - a \bar{g}_{CO_2} - 1/2b \bar{g}_{H_2O} \right] (T, p) \quad (10)$$

$$\bar{e}_F^{CH} = \left[\bar{g}_F + \left(a + \frac{b}{4} \right) \bar{g}_{O_2} - a \bar{g}_{CO_2} - \frac{b}{2} \bar{g}_{H_2O(l)} \right] (T_o, p_o) + \left\{ a \bar{e}_{CO_2}^{CH} + \frac{b}{2} \bar{e}_{H_2O(l)}^{CH} - \left(a + \frac{b}{4} \right) \bar{e}_{O_2}^{CH} \right\} \quad (11)$$

Eşitlik 9 ve Eşitlik 11 kullanılarak C_aH_b şeklindeki bir hidrokarbonunun standart kimyasal ekserjisi; O_2 , CO_2 ve $H_2O(l)$ 'nin standart kimyasal ekserji değerlerinden faydalanılarak hesaplanabilir. Çevrede mevcut olmayan herhangi bir madde ile kimyasal standart ekserjileri bilinen diğer maddeleri içeren bir reaksiyon dikkate alınarak aşağıdaki eşitlik yazılabilir:

$$\bar{e}^{CH} = -\Delta G + \left\{ \sum_p n \bar{e}^{CH} - \sum_R n \bar{e}^{CH} \right\} \quad (12)$$

Bu eşitlikteki ΔG ; T_o sıcaklığında ve p_o basıncındaki reaksiyonun Gibbs fonksiyonundaki değişimidir. Kıvrımlı parantez içerisinde gösterilen ifade, Eşitlik 9 ve Eşitlik 11'deki kıvrımlı parantezler içerisinde gösterilen ifadelere uyar.

$NH_3 + 3/4 O_2 \rightarrow 1/2 N_2 + 3/2 H_2O(l)$ reaksiyonu baz alındığında Eşitlik 12 yerine aşağıdaki eşitliği yazabiliriz:

$$\bar{e}_{NH_3}^{CH} = \left[\bar{g}_{NH_3} + \frac{3}{4} \bar{g}_{O_2} - \frac{1}{2} \bar{g}_{N_2} - \frac{3}{2} \bar{g}_{H_2O(l)} \right] (T_o, p_o) + \frac{1}{2} \bar{e}_{N_2}^{CH} + \frac{3}{2} \bar{e}_{H_2O(l)}^{CH} - \frac{3}{4} \bar{e}_{O_2}^{CH} \quad (13)$$

1.4.5. Endüstriyel Proseslerde Ekserji Kullanımı

Ekserji kavramı her geçen gün daha fazla kullanılmaktadır. Son zamanlarda ekserji ile ilgili basılmış birçok yayın bulunmaktadır. Bununla birlikte, bu kavramın endüstriyel prosesler için yaygın bir şekilde kullanılmadığı bir gerçektir. Ekserji kavramının proseslerde

kolay anlaşılabilir ve uygulanabilir olması onu yakın gelecekte bütün proses analizleri için standart yapacaktır.

Bir prosesin minimum teoriksel kaynak ihtiyacı (enerji ve madde ihtiyacı) ile ilişkili tahmin ekserji kavramı ile yapılabilir. Ekserjinin bilinmesi; yeni teknoloji ve proseslerin kullanılmasıyla maksimum tasarruflu bilgiyi sağlar. Bu prosesler kendi kendilerine oluşmazlar. Ekserji kavramı, proseslerdeki arzu edilen tasarrufu hesaplamak ve geliştirmek için bir temel oluşturur. Ekserji hesaplamaları ile proseslerde yapılabilecek iyileştirmeler için yeni düşünceler geliştirilebilir.

Bir prosesin verimi, kullanılan dış ekserji akışının kullanılan iç ekserji akışına oranı olarak tanımlanabilir.

Aşağıdaki kimyasal teknoloji proseslerini tanımlamak ve uygun bir çalışma yapmak için bazı öneriler verilmektedir (Wall, 1986; Edgerton, 1992).

- Çalışılan sistemi temel hatlarıyla tanımak.
- Sistemi, sistem sınırlarını, bileşenleri, çeşitli alt sistemleri ve benzeri kavramları tanımlamak (Sistem, en iyi şekilde bir akış diyagramının seçilmesiyle bazen de şeklini çizilmesiyle tanımlanır).
- Sistemin yakın çevresinin sıcaklık ve basınç gibi özelliklerini tanımlamak.
- Prosesi analitik şekilde tanımlayacak ölçüde şart ve yaklaşımlar sunmak.
- Prosesdeki her bileşenin gerekli termodinamik parametrelerini vererek prosesdeki madde dengesini hesaplamak.
- Enerji dengesini hesaplamak.
- Mümkün olduğu ölçüde her bileşenin termodinamik eşitliklerini ifade etmek.
- Prosesdeki bütün bileşenlerin ekserjisini ve ekserji kayıplarını hesaplamak. Mümkün olduğu ölçüde ekserji kayıplarının sebeplerini açıkça sunmak.
- Olabilecek gelişmeleri ifade etmek.

Sistem ve onun yakın çevresinin belirlenmesi çok önemlidir. Çünkü, belirlenen yakın çevreye ekserji kavramı uygulanması ile prosesdeki gerçek kayıplar hesaplanabilir.

1.4.6. Ekserji Verimi

Termodinamiğin ikinci kanununa dayanan ekserji verimi; girdilerin ürünlere ne kadar dönüştürüldüğünün bir ifadesidir. Aşağıda enerji ve ekserji veriminin nasıl ifade edildiği verilmiştir:

Enerji verimi: $\text{Ürünlerin enerji çıkışı} / \text{Enerji girdisi} = 1 - (\text{Enerji kaybı} / \text{Enerji girdisi})$ (14)

Ekserji verimi: $\text{Ürünlerin ekserji çıkışı} / \text{Ekserji girişi} = 1 - (\text{Ekserji kaybı} / \text{Ekserji girişi})$ (15)

Gerçek proseslerde genellikle, giren ekserji çıkan ekserjiden fazladır. Bunun sebebi, ekserji yok oluşu olarak da bilinen tersinmezliklerdir. Çıkan ekserji, ürünün ve atığın ekserjisi şeklinde iki kısımdan meydana gelir. Tersinmezliklerin hiçbir ekserjisi olmadığından, onların çevreye doğrudan doğruya herhangi bir etkisi yoktur. Ayrıca, fazla miktarda ekserjinin yok olması, çevreye zarar verebilecek giren ekserjinin aşırı miktarda kullanımı şeklinde yorumlanabilir (Yılmaz, 2019).

Ekserji verimliliği, belirli koşullarda enerjiden maksimum faydalanabilme şeklinde ifade edildiğinden enerji verimliliğinden daha çok performans sağlamamızı kolaylaştırır. Ekonomik iyileştirmeler ve atık ısıların azaltılması, bir tesisin termal veriminin artırılmasına katkıda bulunur. Giren ve çıkan ısılar arasındaki bağlantının açıkça tanımlanması, bir güç kaynağı şeklinde kullanılan ısının etkili bir şekilde kullanımını sağlar. Bir tesisteki kayıp enerjilerin yerlerinin tespit edilmesi ve kayıpların engellenmesi için yeni tasarımların gerçekleştirilmesinde, ekserji analizi fazlaca önem arz etmektedir. Çünkü, ekserji analizi; termal sistemlerdeki kaybın yerini ve miktarını tayin etmede etkili bir yöntemdir. Ekserji analizi, kayıpların azaltılmasında ve daha verimli termal sistemlerin tasarlanmasında uygulanabilecek yöntemler ile ilgili bilgi sunmaktadır (Sarıkoc, 2014).

Sistemlerdeki verimliliği artırmak ve ekserji kaybını azaltmak için yapılacak analizlerin esas kuralları aşağıda verilmiştir:

- Ekserji kaybına sebep olan temel noktalar bulunur. Ekserji kaybı, genel olarak ısı transferini, kimyasal reaksiyonu, karışımı, sürtünmeyi ve gazların genleşmesini içerir.
- Basit kabullerle yapılan uygulamalar tayin edilir.
- Ekserji hesapları kolaylaştırılır.
- Sistemlerde ekserji kaybı kojenerasyonla giderilmeye çalışılır.
- Isı transferinin doğrudan havaya, soğutma suyuna ve soğutucuya transfer olmasının önüne geçilmesi gerekir.
- Isı transferinin gerçekleştiği düşük sıcaklıklarda hava ya da ısı akışıyla doğrudan ısı transferi engellenmelidir.

- Düşük sıcaklıklarda, ısı değişimi uygulandığı zaman, akışlar arasındaki sıcaklık farklılıkları en aza indirgenmelidir.
- Isı transferi yoluyla iki akış arasında enerji değişiminde, akışkanların ısı transferi ortalamasının kullanımından kaçınılmalıdır.
- Gazların genleşmesinin yol açtığı tersinmezlikler, yanma ve ısı transferinde ikinci derecede önemlidir.
- Akışkan karışımlarının sıcaklık, basınç gibi farklılıklarının en aza indirgenmesi gerekir (Sencan, 2014).



2.YAPILAN ÇALIŞMALAR

Bir hidrokarbon olan biyokütlenin kimyasal ekserjisini hesaplamada Eşitlik 9 kullanılabilir. Bu eşitlikteki üst ısı değeri, eğer elde ölçülmüş bir veri yoksa literatürde mevcut formüllerden hesaplanabilir.

Yakıtların kimyasal ekserjisi, Şekil 5’de verilen yanma sistemi dikkate alınarak hesaplanır. Bu yanma sisteminde, T_0 sıcaklığında ve p_0 basıncında sisteme giren yakıt; oksijenle reaksiyona girerek CO_2 , SO_2 ve $H_2O(l)$ oluşturur ve yakıttaki azot N_2 şeklinde sistemden çıkar. Isı transferlerinin hepsi T_0 sıcaklığında gerçekleşir. Sisteme giren 1 kg kütleyle sahip kuru ve külsüz (DAF) yakıtın yanma reaksiyonu aşağıdaki gibidir.



Bu eşitlik yakıtlar için kullanılır. Bu eşitlikteki c , h , o , n ve s kmol/kg biriminde olup değerleri Tablo 3-7’teki veriler kullanılarak hesaplanmış ve sonuçlar Tablo 8-12’de verilmiştir. Bu değerler aşağıda açıklanan yöntemle hesaplanmıştır.

Tablo 3-7’te verilen nemsiz ve külsüz bazdaki biyokütle kaynaklarının yüzde olarak kütle fraksiyonları, 100 gram yakıttaki her bir bileşenin gram olarak miktarlarıdır. 1 g yakıttaki her bir bileşenin gram miktarının o bileşenin molekül ağırlığına bölünmesi ile mol/g’a yani kmol/kg geçilmiş olunur.

Eşitlik 16’daki reaksiyon gereği aşağıdaki denklikler elde edilir:

$$V_{CO_2} = c, \quad V_{H_2O} = \frac{1}{2} h, \quad V_{SO_2} = s, \quad V_{N_2} = \frac{1}{n}, \quad V_{O_2} = c + \frac{1}{4} h + s - \frac{1}{2} o \quad (17)$$

Eşitlik 17’deki denklikler Eşitlik 9’da yerlerine yerleştirildiklerinde aşağıdaki verilen esas formüle ulaşılmış olunur:

$$\begin{aligned} e_{DAF}^{CH} = & (HHV)_{DAF} - T_0 \left[s_{DAF} + v_{O_2} \bar{s}_{O_2} - v_{CO_2} \bar{s}_{CO_2} - v_{H_2O} \bar{s}_{H_2O} - v_{SO_2} \bar{s}_{SO_2} - v_{N_2} \bar{s}_{N_2} \right] \\ & + \left[v_{CO_2} \bar{e}_{CO_2}^{CH} + v_{H_2O} \bar{e}_{H_2O}^{CH} + v_{SO_2} \bar{e}_{SO_2}^{CH} + v_{N_2} \bar{e}_{N_2}^{CH} - v_{O_2} \bar{e}_{O_2}^{CH} \right] \end{aligned} \quad (18)$$

Tablo 3. Bitkisel biyokütle kaynaklarının kuru ve külsüz bazdaki elementel bileşimleri

Biyokütle Türü	%C	%H	%O	%N	%S	Kaynak
A. mangium	47.58	6.45	45.51	0.46	0.00	(Higo ve Dowaki., 2010)
Arpa samanı	52.23	6.38	39.96	1.43	0.00	(Işıkdag, 2007)
Ayçiçeği	48.18	6.17	44.25	1.20	0.20	(Işıtan, 2016)
Akça ağaç meyvesi	68.30	7.80	16.30	7.60	0.00	(Ayyıldız, 2014)
Antep fıstığı tohumu	74.80	12.20	10.70	2.30	0.00	(Ayyıldız, 2014)
Aspir yağı	68.70	8.10	19.70	3.40	0.10	(Ayyıldız, 2014)
Aspir tohumu	76.80	12.10	8.50	2.60	0.00	(Ayyıldız, 2014)
Aspir tohumu küspesi	67.00	6.30	22.10	4.60	0.00	(Ayyıldız, 2014)
Ayçiçeği yağı	66.50	9.20	19.80	4.50	0.00	(Ayyıldız, 2014)
Ayçiçeği küspesi	70.00	9.80	15.40	4.80	0.00	(Ayyıldız, 2014)
Antep fıstığı	47.90	6.38	45.20	0.52	0.00	(Işıtan, 2016)
Ayçiçeği kabuğu	52.31	6.52	30.23	10.40	0.54	(Yıldırım,2018)
Ayçiçeği Tohumu Kabuğu	45.33	5.91	48.14	0.38	0.24	(García vd., 2014)
Ayçiçeği tarla atığı	66.50	7.85	22.44	3.21	0.00	(Mutlu, 2012)
Ayçiçeği atığı	47.91	5.27	38.17	8.65	0.00	(Çepelioğullar, 2011)
Antep fıstığı kabuğu	44.62	5.81	49.25	0.32	0.00	(Açıklın, 2010)
Armut	46.53	5.91	46.60	0.76	0.20	(Bilandzija vd., 2012)
At Kestanesi Kozalağı	53.39	7.16	38.77	0.45	0.23	(García vd., 2014)
Ananas Yaprağı Peleti	42.26	4.81	52.26	0.40	0.27	(García vd., 2014)
Asma	40.15	5.02	53.91	0.61	0.31	(García vd., 2014)
Amerikan Meşe Palamudu	44.68	5.98	48.55	0.61	0.18	(García vd., 2014)
Asma Dalları	45.00	6.95	46.83	0.76	0.46	(García vd., 2014)
At Kestanesi Ağacı Dalı	43.71	6.27	48.54	1.05	0.43	(García vd., 2014)
Arpa Taneciği	41.59	6.08	50.19	1.79	0.35	(García vd., 2014)
Aromatik Bitki Atıkları	49.10	6.04	41.40	3.27	0.19	(Torrent vd., 2015)
Ayçiçeği Çekirdeği	49.38	6.04	43.02	1.46	0.10	(Kopuz, 2011)
Ayçiçeği Samanı	48.32	5.80	44.45	1.26	0.17	(Acaroğlu ve Haciseferoğulları, 2014)
Buğday	48.27	6.37	44.81	0.42	0.13	(Işıtan, 2016)
Badem kabuğu	49.18	6.95	42.56	0.40	0.91	(Madenoglu, 2011)
Bira yapımında harcanan tahıllar	47.60	9.90	37.80	3.40	1.30	(Ayyıldız, 2014)
Beyaz palmiye meyvesi	42.30	8.20	48.40	1.10	0.00	(Ayyıldız, 2014)
Beyaz palmiye çekirdeği	59.50	5.60	32.20	2.70	0.00	(Ayyıldız, 2014)
Bezelye Kabuğu	39.62	6.54	50.78	1.24	1.82	(García vd., 2014)

Tablo 3'ün devamı

Biyokütle Türü	%C	%H	%O	%N	%S	Kaynak
Bezelye Bitkisi Atıkları	44.06	4.73	49.91	0.90	0.39	(García vd., 2014)
Biber Bitkisi Atıkları	36.56	5.28	53.67	3.66	0.83	(García vd., 2014)
Badem	49.28	6.51	43.34	0.67	0.20	(Bilandzija vd., 2012)
Buğday Samanı	51.12	6.00	42.52	0.36	0.00	(Uzun, 2013)
Badem Ağacı Yaprığı	43.25	5.50	48.06	2.85	0.34	(García vd., 2014)
Badem Ağacı Dalı	47.35	6.36	45.47	0.66	0.16	(García vd., 2014)
Buğday Tanesi	49.22	6.52	43.76	0.24	0.26	(García vd., 2014)
Bambu	95.76	1.08	0.78	2.23	0.15	(Xu vd., 2016)
Bezelye Tanesi	39.41	4.76	53.43	2.40	0.00	(Khiari vd., 2019)
Buğday Tohumu	44.76	6.67	46.10	2.34	0.13	(Acaroğlu ve Haciseferoğulları, 2014)
Buğday Samanı Peleti	73.70	4.13	19.65	2.19	0.33	(El-Sayed ve Khairy., 2017)
Corn Stover	47.80	6.17	45.54	0.49	0.00	(Huang vd., 2009)
Cibre	52.70	6.48	38.55	2.05	0.22	(Torres vd., 2019)
Crambe Bitkisi	42.24	6.04	50.11	1.61	0.00	(Ertaş, 2010)
Ceviz dalı	49.30	4.52	45.54	0.60	0.04	(Kalıncı, 2011)
Ceviz	47.92	6.51	44.38	0.99	0.20	(Bilandzija vd., 2012)
Ceviz Kabuğu	50.21	5.89	43.06	0.74	0.10	(Nadirov, 2016)
Çekirdek	50.08	6.14	42.50	1.12	0.16	(Hacıoğlu, 2007)
Çay Çalısı	47.07	5.95	46.61	0.37	0.00	(Kar, 2018)
Çam Çekirdeği Kabuğu	47.91	4.90	46.28	0.31	0.60	(García vd., 2014)
Çam tohumu kabuğu	48.95	6.14	44.59	0.22	0.10	(Göğebakan, 2007)
Çeltik Sapı	45.26	6.66	45.58	2.50	0.00	(Akçay, 2014)
Çam Kozalağı	48.14	5.59	45.90	0.09	0.28	(García vd., 2014)
Çam Kozalağı Yaprığı	47.65	5.43	46.21	0.27	0.44	(García vd., 2014)
Çavdar Samanı	40.19	6.85	51.48	1.16	0.32	(García vd., 2014)
Çam Peleti	46.83	5.30	47.28	0.28	0.31	(García vd., 2014)
Çam Kozalağı İçi	42.22	5.06	51.59	0.29	0.84	(García vd., 2014)
Çavdar Taneciği	41.11	6.76	50.72	1.20	0.21	(García vd., 2014)
Çam Rendesı	49.30	5.98	44.60	0.10	0.02	(Torrent vd., 2015)
Çavdar Samanı	48.88	6.29	44.17	0.58	0.08	(Acaroğlu ve Haciseferoğulları, 2014)
Çin Gümüş Otu	49.14	6.88	43.61	0.26	0.11	(Yao vd., 2018)
Çavdar Tohumu	46.58	6.52	44.84	1.95	0.11	(Acaroğlu ve Haciseferoğulları, 2014)

Tablo 3'ün devamı

Biyokütle Türü	%C	%H	%O	%N	%S	Kaynak
Dövülmüş çimen	55.80	6.90	36.50	0.80	0.00	(Ayyıldız, 2014)
Defne ağacı özütü	69.60	8.10	17.30	5.00	0.00	(Ayyıldız, 2014)
Domates yaprağı	47.02	6.33	43.94	1.77	0.94	(İnal, 2016)
Domates dalı	46.04	5.99	46.93	0.68	0.36	(İnal, 2016)
Domates Artığı	56.14	7.81	32.46	2.98	0.61	(Madenoglu, 2011)
Durian	51.84	5.69	41.02	1.32	0.13	(Brunerová vd., 2017)
Dallı Darı Bitkisi	47.20	6.00	46.61	0.15	0.04	(Acaroglu ve Haciseferogullari, 2014)
Darı Kabuğu	52.20	7.34	40.34	0.12	0.00	(Yaman, 2011)
Euphorbia Rigida	54.46	5.73	38.50	1.31	0.00	(Çepelioğullar, 2011)
Erik	48.15	6.52	44.34	0.81	0.18	(Bilandzija vd., 2012)
Elma	47.36	6.42	45.30	0.74	0.18	(Bilandzija vd., 2012)
Erik Çekirdeği	48.22	6.60	44.14	0.87	0.17	(García vd., 2014)
Elma Ağacı Yaprığı	44.45	6.15	47.56	1.61	0.23	(García vd., 2014)
Elma Ağacı Dalı	46.24	11.55	41.01	0.81	0.39	(García vd., 2014)
Evliya Otu	41.68	5.90	50.05	1.80	0.57	(García vd., 2014)
Enginar	50.83	5.38	42.46	1.22	0.11	(Peña vd., 2017)
E.G. Labill Yaprak (S)	57.66	7.15	34.17	0.69	0.33	(Nunez-Regueira vd., 2001)
E.G. Labill Dalı (Sonbahar)	52.75	6.97	40.01	0.18	0.09	(Nunez-Regueira vd., 2001)
E.Globulus Labill Yaprak (K)	57.85	7.38	32.89	1.57	0.31	(Nunez-Regueira vd., 2001)
E.Globulus Labill Dalı (K)	53.04	7.45	39.24	0.14	0.13	(Nunez-Regueira vd., 2001)
Fasulye Kabuğu	39.66	5.38	53.99	0.66	0.31	(García vd., 2014)
Fıstık çamı kozalağı	63.13	7.73	28.37	0.77	0.00	(Mutlu, 2012)
Fındık Budağı	46.11	5.59	47.96	0.34	0.00	(Kar, 2018)
Fıstık kabuğu	50.88	6.03	42.58	0.41	0.10	(Ateş, 2019)
Fındık	46.46	6.57	45.98	0.78	0.21	(Bilandzija vd., 2012)
Fındık Kabuğu	47.38	5.58	46.08	0.10	0.86	(Olgun vd., 1999)
Feijoa Yaprakları	45.28	6.03	47.26	1.23	0.20	(García vd., 2014)
Fındık küspesi	58.70	7.10	25.50	8.70	0.00	(Ayyıldız, 2014)
Fındık kupulası	71.20	10.30	18.10	0.40	0.00	(Ayyıldız, 2014)
Fındık Ağacı Yaprakları	45.14	6.79	45.71	2.05	0.31	(García vd., 2014)
Grass (Hay) Mixed	49.25	6.32	42.83	1.39	0.21	(Acaroglu ve Haciseferogullari, 2014)
Humbaru meyvesi	56.80	7.10	35.90	0.20	0.00	(Ayyıldız, 2014)
Hurma salkımı	58.60	7.00	31.70	2.70	0.00	(Ayyıldız, 2014)

Tablo 3'ün devamı

Biyokütle Türü	%C	%H	%O	%N	%S	Kaynak
Halfa otu	75.80	11.80	12.10	0.30	0.00	(Ayyıldız, 2014)
Hurma ağacı yaprağı	54.60	9.00	35.80	0.60	0.00	(Ayyıldız, 2014)
Hindistan Cevizi	53.93	5.38	40.09	0.50	0.10	(Brunerová vd., 2017)
Hindistan Cevizi Lifi	48.04	5.75	46.01	0.20	0.00	(Yaman, 2011)
Hindistan Cevizi Kabuğu	50.55	5.74	43.71	0.00	0.00	(Yaman, 2011)
Hindistan Cevizi Torfu	47.44	5.06	46.75	0.75	0.00	(Yaman, 2011)
Hurma çekirdek yağı	78.50	10.60	9.00	1.50	0.40	(Ayyıldız,2014)
İncir	45.55	6.35	46.86	1.05	0.19	(Bilandzija vd., 2012)
Japon kamelyası	50.02	5.77	43.56	0.33	0.32	(Higo ve Dowaki., 2010)
Jatropha bitkisi	65.80	8.90	19.50	5.60	0.20	(Ayyıldız,2014)
Karnabahar Yaprığı	32.31	3.25	60.36	4.08	0.00	(Khiari vd., 2019)
Kayısı çekirdeği kabuğu	53.10	6.93	38.99	0.93	0.05	(Ulaş, 2019)
Keten Kıymık	45.70	5.77	48.12	0.41	0.00	(Abdelouahed vd., 2017)
Kiraz çekirdeği kabuğu	63.80	7.90	26.40	1.90	0.00	(Ayyıldız, 2014)
Kestane kupulası	62.20	6.40	30.20	1.20	0.00	(Ayyıldız, 2014)
Kolza tohumu	73.10	12.50	12.30	2.10	0.00	(Ayyıldız, 2014)
Kozalak	44.94	6.42	47.32	1.32	0.00	(Kılıç, 2015)
Kümes hayvan otu	45.69	6.11	43.07	4.91	0.22	(Kabadayı, 2016)
Kakao	52.60	5.67	40.09	1.52	0.12	(Brunerová vd., 2017)
Kahve	52.69	5.99	39.18	1.77	0.37	(Brunerová vd., 2017)
Kayısı	48.16	6.47	44.64	0.54	0.19	(Bilandzija vd., 2012)
Kestane Kabuk	42.31	5.17	51.77	0.42	0.33	(García vd., 2014)
Kakao Çekirdek Kabuğu	43.25	5.89	47.93	2.64	0.29	(García vd., 2014)
Kahve Kabuğu	45.06	6.42	45.51	2.53	0.48	(García vd., 2014)
Kolza	44.61	6.52	43.42	5.45	0.00	(Yeter, 2005)
Kenaf	50.76	5.93	43.17	0.14	0.00	(Uzun, 2013)
Küspe	45.11	5.97	48.51	0.41	0.00	(Yaman, 2011)
Kiraz Ağacı Dalı	46.42	6.21	46.68	0.52	0.17	(García vd., 2014)
Kolza Samanı	46.20	5.79	42.22	5.79	0.00	(Mason vd., 2016)
Kahve Telvesi	51.39	7.43	38.90	2.23	0.05	(Wei vd., 2016)
Kiraz Ağacı Yaprığı	45.52	6.25	46.55	1.49	0.19	(García vd., 2014)
Kiraz Çekirdeği	48.57	6.21	44.60	0.43	0.19	(García vd., 2014)
Kızarmış Patates	77.55	3.61	18.10	0.74	0.00	(Tabakaev vd., 2019)
Kepek	78.56	5.03	11.12	5.29	0.00	(Tabakaev vd., 2019)
Karaçalı	43.49	5.53	49.16	1.49	0.33	(García vd., 2014)

Tablo 3'ün devamı

Biyokütle Türü	%C	%H	%O	%N	%S	Kaynak
Kıbrıs Meyvesi	27.81	5.70	65.96	0.35	0.18	(García vd., 2014)
Kestane Ağacı Yaprağı	47.82	6.24	43.46	2.21	0.27	(García vd., 2014)
Kivi Ağacı Dalı	46.41	6.10	43.99	1.06	2.44	(García vd., 2014)
Kedi Gözü Tohumu	46.64	6.32	45.54	1.40	0.10	(Junpirom vd., 2010)
Kayısı Çekirdeği	55.61	6.77	37.32	0.20	0.10	(Junpirom vd., 2010)
Karnabahar Artığı	42.32	5.69	48.21	3.26	0.52	(Madenoglu, 2011)
Lahana Artığı	39.13	6.35	51.30	2.74	0.48	(Madenoglu, 2011)
Leucaena Leucocephala	45.46	7.00	45.35	2.19	0.00	(Higo ve Dowaki., 2010)
Lastik otu	69.90	8.50	18.50	2.90	0.20	(Ayyıldız,2014)
Lastik otu küspesi	70.00	8.00	21.20	0.80	0.00	(Ayyıldız,2014)
Limon Kabuğu	42.95	6.56	48.99	1.08	0.42	(García vd., 2014)
Limon Ağacı Dalı	54.74	5.72	38.67	0.54	0.33	(García vd., 2014)
Mısır Atıkları	50.31	5.70	43.28	0.61	0.10	(Burulday,2019)
Manyok kök sapı	51.50	4.60	43.20	0.70	0.00	(Ayyıldız,2014)
Manyok sapı	53.10	7.30	38.80	0.80	0.00	(Ayyıldız,2014)
Mısır koçanı	52.69	6.40	40.65	0.26	0.00	(Işıkdag, 2007)
Mısır	47.57	6.11	45.48	0.69	0.15	(Işıtan, 2016)
Meşe Palamudu	47.41	5.40	47.15	0.00	0.04	(Selvi, 2008)
Mısır Taneciği	40.96	6.92	50.72	1.17	0.23	(García vd., 2014)
Mikantus	47.09	6.29	46.42	0.10	0.10	(García vd., 2014)
Meyve posası	48.20	6.06	45.15	0.47	0.12	(Demirel, 2015)
Mısır Sapı	45.35	5.91	47.61	1.02	0.11	(BBEÜAŞ, 2018)
Muz	53.65	6.39	38.22	1.63	0.11	(Brunerová vd., 2017)
Meyve Demeti	44.80	7.30	46.78	0.65	0.47	(Chew vd., 2016)
Nohut samanı	48.99	4.02	40.74	6.25	0.00	(Şimşek, 2010)
Nar posası	48.80	6.96	42.49	1.75	0.00	(Gümülügil,2016)
Nar Kabuğu	42.19	5.11	51.68	0.69	0.33	(García vd., 2014)
Nektari Çekirdeği	48.57	6.22	44.48	0.50	0.23	(García vd., 2014)
Okaliptüs Meyvesi	46.82	5.81	45.84	1.14	0.39	(García vd., 2014)
Pamuk Atığı	50.36	6.38	41.14	1.92	0.20	(Kastanaki vd., 2002)
Pirinç samanı	47.72	6.08	45.73	0.39	0.08	(Gögebakan, 2007)
Pirinç kabuğu	44.98	6.40	48.15	0.42	0.05	(Gögebakan, 2007)
Pamuk tohumu küspesi	52.02	5.89	40.80	1.29	0.00	(Gögebakan, 2007)
Pamuk kalıntısı	52.60	6.74	38.79	1.73	0.14	(Gögebakan, 2007)

Tablo 3'ün devamı

Biyokütle Türü	%C	%H	%O	%N	%S	Kaynak
Palmiye çekirdek küspesi	78.80	8.10	8.90	4.10	0.10	(Ayyıldız, 2014)
Palmiye yaprağı	55.50	7.70	33.20	3.60	0.00	(Ayyıldız, 2014)
Palmiye kaburga yaprağı	39.70	7.10	49.10	4.10	0.00	(Ayyıldız, 2014)
Pamuk çekirdeği	49.26	5.82	44.33	0.45	0.14	(Işıtan, 2016)
Palamut içi	49.06	5.86	43.47	0.70	0.91	(Madenoglu, 2011)
P. bambusoides	47.61	6.56	44.11	1.64	0.08	(Higo ve Dowaki., 2010)
Phragmites (Common reed)	45.09	7.04	46.41	1.43	0.03	(Higo ve Dowaki., 2010)
Portakal posası	45.15	6.21	45.62	2.09	0.93	(Kabadayı, 2016)
Piper aduncum	46.15	6.68	45.44	1.73	0.00	(Higo ve Dowaki., 2010)
Patates Kabuğu	38.33	5.07	55.03	1.13	0.44	(García vd., 2014)
Pelemir	50.24	1.93	41.17	5.92	0.74	(Altunbaş, 2015)
Pamuk Sapı	47.11	5.93	45.28	1.38	0.30	(BBEÜAŞ, 2018)
Pamuk Çırçır Atığı	43.44	6.11	50.35	0.10	0.00	(Yaman, 2011)
Pamuk Çiğidi	52.00	5.90	40.80	1.30	0.00	(Özbay ve Pütün, 1999)
Pancar Topakları	38.94	5.23	54.13	1.19	0.51	(García vd., 2014)
Palmiye Yağı	49.50	6.82	42.86	0.45	0.37	(Chew vd., 2016)
Palmiye Çekirdeği Kabuğu	50.31	6.05	43.18	0.46	0.00	(Chan vd., 2018)
Pteris Vittata Bitkisi	52.17	5.85	39.67	1.88	0.43	(Duan vd., 2017)
Pişmiş Mısır	52.26	6.03	40.67	0.97	0.07	(Carpenter vd., 2010)
Portakal Kabuğu	40.54	4.85	53.05	1.56	0.00	(Khiari vd., 2019)
Patates	44.48	6.56	46.49	1.82	0.65	(Xiong vd., 2015)
Pirinç Çeltiği	35.71	4.60	59.35	0.34	0.00	(Radmanesh vd., 2006)
P.Pinaster Aiton İğnesi (S)	55.23	6.04	36.01	2.06	0.66	(Nunez-Regueira vd., 2001)
P.Pinaster Aiton İğnesi (Kış)	55.12	7.82	35.32	1.59	0.15	(Nunez-Regueira vd., 2001)
P.Pinaster Aiton Dalı (S)	55.42	6.94	37.19	0.23	0.22	(Nunez-Regueira vd., 2001)
P.Pinaster Aiton Dalı (Kış)	55.29	7.76	36.38	0.52	0.05	(Nunez-Regueira vd., 2001)
Rambutan	52.49	5.15	41.05	1.22	0.09	(Brunerová vd., 2017)
Su Mercimeği	48.79	6.73	40.44	4.04	0.00	(Khiari vd., 2019)
Sazlık	46.46	6.19	46.74	0.49	0.12	(Grigianti ve Antolini, 2015)

Tablo 3'ün devamı

Biyokütle Türü	%C	%H	%O	%N	%S	Kaynak
Soya Samanı	47.70	6.90	44.30	1.00	0.10	(Huang vd., 2016)
Soya Taneciği	44.41	6.33	47.86	1.16	0.24	(García vd., 2014)
Süpürge Darısı	40.79	4.38	53.87	0.73	0.23	(García vd., 2014)
Sorghum	49.17	6.24	44.00	0.59	0.00	(Uzun, 2013)
Siyah Kimyon Tohumu	64.81	9.55	24.63	0.96	0.05	(Altunbaş, 2015)
Süzülmüş portakal küspesi	48.57	6.31	43.88	1.13	0.11	(Ateş, 2019)
Süzülmüş nar küspesi	47.89	5.50	45.84	0.67	0.10	(Ateş, 2019)
Soya kabuğu	40.69	6.61	52.70	0.00	0.00	(Uğuz, 2015)
Sinapis Alba bitkisi	41.62	5.42	52.39	0.57	0.00	(Alayont, 2019)
Siyah kimyon tohumu küspesi	41.40	7.00	49.60	2.00	0.00	(Ayyıldız,2014)
Susam sapı	61.70	7.90	29.40	1.00	0.00	(Ayyıldız,2014)
Soya küspesi	55.89	6.57	28.25	9.29	0.00	(Varol,2007)
Şeftali Çekirdeği	52.92	6.23	40.23	0.42	0.20	(Kopuz, 2011)
Şeftali	51.95	5.75	41.49	0.80	0.01	(Tsiakmakis vd., 2014)
Şeker Kamışı Küspesi	48.06	6.35	44.93	0.33	0.33	(Aboyade vd.,2012)
Şeftali Çekirdeği	39.57	6.43	53.68	0.32	0.00	(Bay, 2006)
Şeker kamışı	16.10	11.90	71.70	0.30	0.00	(Ayyıldız,2014)
Şeker kamışı samanı	57.80	7.10	34.00	1.00	0.10	(Ayyıldız,2014)
Şeker pancarı	45.10	6.09	47.52	1.23	0.06	(İşitan, 2016)
Tatlı Patates Tortusu	49.61	7.62	42.55	0.22	0.00	(Wang vd., 2019)
Tütün Atıkları	46.96	5.92	42.91	3.55	0.66	(Wu vd., 2015)
Tabakalaşmış sert ağaç	55.60	6.70	37.70	0.00	0.00	(Ayyıldız, 2014)
Tatlı sorgum küspesi	59.50	6.30	33.20	1.00	0.00	(Ayyıldız, 2014)
Tahıl	47.03	6.06	44.41	2.50	0.00	(Kazaz, 2018)
Trabzon hurma yaprağı	51.22	4.70	43.22	0.86	0.00	(Kale, 2018)
Tatlı Kiraz	46.11	6.69	45.98	1.02	0.20	(Bilandzija vd., 2012)
Tatlı Sorgum	44.60	5.89	49.02	0.39	0.10	(Koçer ve Ünlü, 2007)
Terbinth Meyvesi	51.18	7.95	35.10	5.32	0.45	(Altunbaş, 2015)
Tütün	35.27	8.00	54.42	2.31	0.00	(Yeter, 2005)
Tritikale	42.14	5.80	50.07	1.23	0.76	(García vd., 2014)
Tütün sapı	44.15	5.89	46.40	2.68	0.88	(Madenoglu, 2011)
Tarımsal atık	44.23	4.45	47.91	2.99	0.42	(Hacıoğlu, 2007)
Üzüm	46.93	6.87	45.37	0.63	0.20	(Bilandzija vd., 2012)
Üzüm küspesi	71.72	8.69	16.90	2.69	0.00	(Ayyıldız, 2014)

Tablo 3'ün devamı

Biyokütle Türü	%C	%H	%O	%N	%S	Kaynak
Üzüm Çekirdeği	44.15	5.31	48.05	1.91	0.58	(García vd., 2014)
Üzüm Çekirdeği Unu	54.26	5.80	37.91	1.87	0.16	(Torrent vd., 2015)
Vişne Çekirdeği	39.97	5.33	54.53	0.17	0.00	(Bay, 2006)
Vişne	45.76	6.83	46.30	0.92	0.19	(Bilandzija vd., 2012)
Vişne tohumu	52.48	7.58	35.30	4.54	0.10	(Duman, 2009)
Vişne tohumu kabuğu	48.86	6.32	41.62	3.09	0.11	(Duman, 2009)
Vişne Çekirdeği	55.17	7.13	34.48	2.74	0.48	(Kopuz, 2011)
Yağlı Pirina	56.06	7.31	34.16	2.29	0.18	(Akın, 2000)
Yağsız Pirina	43.60	5.71	49.72	0.76	0.21	(Akın, 2000)
Yulaf samanı	55.48	6.27	37.78	0.47	0.00	(Işıkdağ, 2007)
Yer Fıstığı Kabuğu	51.26	6.06	41.83	0.85	0.00	(Yaman, 2011)
Yulaf Kepeği	44.01	7.17	46.36	2.17	0.29	(García vd., 2014)
Yulaf ve Fiğ	41.69	5.82	51.28	0.92	0.29	(García vd., 2014)
Yabani Hardal	47.03	5.91	45.15	1.41	0.50	(Torrent vd., 2015)
Zeytin Küspesi	48.70	7.10	41.30	2.90	0.00	(Acaroğlu ve Hacıseferoğulları, 2014)
Zeytin Çekirdeği	50.95	5.90	42.90	0.23	0.02	(Torrent vd., 2015)
Zeytin Tortusu	52.80	6.50	39.10	1.60	0.00	(Mason vd., 2016)
Zararlı Ot	51.76	1.65	44.41	2.18	0.00	(Khiari vd., 2019)
Zeytinyağı Atıkları	52.43	6.41	39.30	1.72	0.14	(Torrent vd., 2015)
Zeytin	46.54	6.45	46.04	0.77	0.20	(Bilandzija vd., 2012)
Zeytin Atıkları	54.44	6.82	37.29	1.40	0.05	(Sözen vd, 2017)
Zeytin Taşı	46.55	6.33	45.20	1.81	0.11	(García vd., 2014)
Zeytin kabuğu	50.00	6.20	42.20	1.60	0.00	(İnanlı, 2008)
Zeytin posası yağı	52.31	6.10	39.00	2.38	0.21	(Duman, 2015)
Zeytinyağı	56.20	6.30	35.66	1.51	0.33	(Gögebakan, 2007)
Zeytinyağı atık suyu	56.07	7.30	34.16	2.29	0.18	(Sarbaz, 2019)

Tablo 4. Hayvansal biyokütle kaynaklarının kuru ve külsüz bazdaki elementel bileşimleri

Biyokütle Türü	%C	%H	%O	%N	%S	Kaynak
Büyükbaş hayvan gübresi	48.32	6.86	41.57	2.96	0.29	(Ayas, 2018)
Domuz gübresi	64.97	8.80	18.23	7.50	0.50	(Ayyıldız,2014)
Gübre	48.84	6.78	38.00	5.58	0.80	(Hacıoğlu,2007)
Güvercin gübresi	41.27	6.04	48.20	4.20	0.29	(Ayas, 2018)
Hindi çöpü	60.60	7.20	27.60	4.20	0.40	(Ayyıldız,2014)
Kümes Çöpü	68.14	5.06	20.86	5.94	0.00	(Khiari vd., 2019)
Keçi gübresi	47.28	6.31	44.78	1.63	0.00	(Erdoğan, 2018)
Tavuk Atığı	51.97	6.06	37.27	3.94	0.76	(Acaroğlu ve Hacıseferoğulları, 2014)
Tezek	75.08	4.17	16.56	2.99	1.20	(Tabakaev vd., 2019)
Tavuk çöpü	63.62	7.25	24.02	5.11	0.00	(Ayyıldız,2014)

Tablo 5. Ormansal biyokütle kaynaklarının kuru ve külsüz bazdaki elementel bileşimleri

Biyokütle Türü	%C	%H	%O	%N	%S	Kaynak
Ağaç kabuğu	49.78	5.78	44.12	0.32	0.00	(Göğebakan, 2007)
Akdeniz defnesi	48.97	6.38	41.63	3.02	0.00	(Ertaş, 2010)
Avrupa Melezi Odunu	46.29	6.50	47.21	0.00	0.00	(Ertaş, 2010)
Aylandız	51.03	6.39	42.27	0.31	0.00	(Yıldız,2015)
Ağaç Yongası	42.21	5.51	51.88	0.13	0.27	(García vd., 2014)
Ahşap Pelet	46.79	6.13	46.16	0.60	0.32	(García vd., 2014)
Ahşap Talaş	45.97	5.13	48.54	0.12	0.24	(García vd., 2014)
Ağaç Talaşı	54.51	6.01	39.36	0.10	0.02	(Acaroğlu ve Haciseferoğulları, 2014)
Ağaç Atıkları	50.26	6.72	42.66	0.16	0.20	(Burulday,2019)
Ahşap Kavak Talaşı	45.50	6.26	47.20	1.04	0.00	(Gu vd., 2013)
Atık Kağıt	42.70	4.79	50.47	1.97	0.07	(Vamvuka vd., 2011)
Babul Ağacı	50.10	6.11	43.29	0.50	0.00	(Ghodke ve Mandapati., 2019)
Budanmış Bağ	47.93	6.26	43.80	1.92	0.09	(Zabaniotou ve Damartzis, 2007)
Budanmış Portakal Ağacı	46.44	6.35	46.11	1.07	0.03	(Zabaniotou ve Damartzis, 2007)
Budanmış Elma Ağacı	88.35	11.65	0.00	0.00	0.00	(Zabaniotou ve Damartzis, 2007)
Budanmış Şeftali Ağacı	49.33	6.08	44.17	0.36	0.06	(Zabaniotou ve Damartzis, 2007)
Budanmış Badem Ağacı	87.96	12.04	0.00	0.00	0.00	(Zabaniotou ve Damartzis, 2007)
Budanmış Limon Ağacı	87.74	12.26	0.00	0.00	0.00	(Zabaniotou ve Damartzis, 2007)
Budanmış Armut Ağacı	87.90	12.10	0.00	0.00	0.00	(Zabaniotou ve Damartzis, 2007)
Budanmış Kiraz Ağacı	88.37	11.63	0.00	0.00	0.00	(Zabaniotou ve Damartzis, 2007)
Budanmış Kayısı Ağacı	50.56	6.62	41.91	0.81	0.10	(Zabaniotou ve Damartzis, 2007)
Bambu Talaşı	49.51	6.70	43.44	0.35	0.00	(Wang vd., 2018)
Çam kabuğu	54.99	5.77	39.04	0.10	0.10	(Özkütük, 2010)
Çam İğnesi	46.38	7.08	46.02	0.45	0.07	(Varma ve Mondal, 2016)
Çam Dalı	54.89	7.42	36.63	1.06	0.00	(Wang vd., 2014)
Çam ağacı talaşı	47.60	6.52	45.53	0.35	0.00	(Yaman, 2018)
Çam Cipsleri	52.01	6.20	41.59	0.12	0.08	(Sözen vd, 2017)

Tablo 5'in devamı

Biyokütle Türü	%C	%H	%O	%N	%S	Kaynak
Çam ağacı	46.87	6.42	46.52	0.19	0.00	(Kılıç, 2015)
Çam Odunu	52.66	7.28	39.96	0.10	0.00	(Sözen vd, 2017)
Çınar Ağacı	46.50	5.76	47.31	0.27	0.16	(Ghodke ve Mandapati, 2019)
Defne Yaprağı Atığı	51.42	6.45	40.63	1.29	0.21	(Acaroğlu ve Haciseferoğulları, 2014)
Dönüşemeyen Atık Kağıtlar	49.64	5.13	45.03	0.14	0.06	(Kalıncı, 2011)
Dalgaların karaya attığı odun	48.48	6.83	43.31	1.32	0.06	(Higo ve Dowaki., 2010)
Demir ağacı	46.49	6.67	45.00	1.84	0.00	(Higo ve Dowaki., 2010)
Defne (Pelet)	55.85	5.39	38.35	0.35	0.06	(Sözen vd, 2017)
Domates peleti	82.53	11.99	0.00	5.37	0.11	(Sungur, 2019)
Dişbudak	46.13	5.88	47.92	0.07	0.00	(Yıldız,2015)
Doğu Kayını	44.68	6.08	49.24	0.00	0.00	(Tekin, 2013)
Endamlı Okaliptus	48.37	7.01	42.40	2.22	0.00	(Higo ve Dowaki., 2010)
Gökmar ağacı talaşı	41.34	6.86	51.56	0.24	0.00	(Yaman, 2018)
Gökkuşuğu okaliptüsü	49.11	6.32	44.41	0.16	0.00	(Higo ve Dowaki., 2010)
Gürgen Ağacı Kabuğu	41.78	5.36	52.26	0.60	0.00	(Moralı ve Şensöz, 2015)
Huş Kontraplak	48.63	6.26	44.48	0.63	0.00	(Palumbo ve Weimer, 2015)
Huş Ağacı	52.36	4.10	43.22	0.32	0.00	(Shen vd., 2009)
Hibrit kavak	50.70	6.36	42.73	0.19	0.02	(Huang vd., 2009)
Hasır	48.09	6.44	44.87	0.30	0.30	(Patuzzi vd., 2013)
Hurma ağacının gövdesi	50.60	9.80	38.50	1.10	0.00	(Ayyıldız,2014)
Hızır tozu	45.77	6.69	44.49	3.05	0.00	(Uğuz, 2015)
Islak Bambu Talaşı	52.02	4.91	42.74	0.33	0.00	(Wang vd., 2018)
İpil Ağacı Odunu	48.54	5.95	45.51	0.00	0.00	(Yaman, 2011)
İskoç Çamı	50.89	5.80	43.30	0.00	0.01	(Kijo-Kleczkowska vd., 2016)
Ihlamur Ağacı	47.72	6.06	45.60	0.62	0.00	(Palumbo ve Weimer, 2015)
İşlenmemiş Atık Odun	45.70	5.80	48.10	0.40	0.00	(Manya vd., 2003)
İşlenmiş Atık Odun	45.70	5.60	48.50	0.20	0.00	(Manya vd., 2003)

Tablo 5'in devamı

Biyokütle Türü	%C	%H	%O	%N	%S	Kaynak
İşlenmiş Küspe	44.50	5.70	49.60	0.20	0.00	(Manya vd., 2003)
Japon Servi Kerestesi	51.50	6.20	42.20	0.10	0.00	(Pattanotai vd., 2013)
Japon kızılçam	48.06	6.91	42.97	1.87	0.19	(Higo ve Dowaki., 2010)
Küt yapraklı yalancı servi	47.41	7.08	44.10	1.20	0.21	(Higo ve Dowaki., 2010)
Kayın Kerestesi	48.24	6.41	45.21	0.14	0.00	(Radmanesh vd., 2006)
Kızılağaç Talaşı	45.47	5.94	47.99	0.40	0.20	(García vd., 2014)
Kara Kavak Kabuğu	43.25	6.33	49.66	0.42	0.34	(García vd., 2014)
Kestane Ağacı Kerestesi	45.88	5.00	48.73	0.12	0.27	(García vd., 2014)
Kamış	53.32	6.88	39.80	0.00	0.00	(Taner vd., 2003)
Kestane(Pelet)	53.43	4.97	41.15	0.37	0.08	(Sözen vd, 2017)
Kabuk Peleti	54.09	6.13	39.25	0.50	0.03	(Sözen vd, 2017)
Kağıt Fab. Atıkları	53.66	6.72	39.15	0.47	0.00	(Sözen vd, 2017)
Kızılağaç kabuğu	52.11	5.12	42.57	0.10	0.10	(Özkütük, 2010)
Kabuk	59.24	6.38	34.00	0.38	0.00	(Özkütük, 2010)
Kral ağacı	45.83	6.29	47.88	0.00	0.00	(Yıldız,2015)
Kenger peleti	82.77	12.70	0.00	4.23	0.30	(Sungur, 2019)
Kızılçam	52.61	6.10	40.99	0.30	0.00	(Yıldız,2015)
Kök nar	50.57	6.20	43.23	0.00	0.00	(Dhahak vd., 2019)
Kontrplak	46.91	5.96	45.88	1.20	0.05	Sözen vd, 2017
Kestane Kabuğu	44.01	5.70	48.86	1.43	0.00	(Demiral vd., 2015)
Kayın	49.39	6.13	44.48	0.00	0.00	(Dhahak vd., 2019)
Kayın (Kabuğu İle)	48.13	6.23	45.41	0.22	0.01	(Acaroğlu ve Haciseferoğulları, 2014)
Kavak	49.17	6.35	44.04	0.41	0.03	(Acaroğlu ve Haciseferoğulları, 2014)
Kıyılmış Meşe Ağacı	50.24	7.15	41.57	0.91	0.13	(BBEÜAŞ, 2018)
Kavuk (İbrelili Odun)	53.93	6.11	39.41	0.52	0.03	(Acaroğlu ve Haciseferoğulları, 2014)
Kara Kavak Ağacı	46.19	5.71	47.36	0.18	0.56	(García vd., 2014)
Kestane Ağacı Yongası	45.30	6.10	48.20	0.23	0.17	(García vd., 2014)
Ladin kabuğu	53.84	5.93	39.92	0.21	0.10	(Özkütük, 2010)
Ladin Çamı	47.79	6.34	45.62	0.14	0.11	(Grigianti ve Antolini, 2015)

Tablo 5'in devamı

Biyokütle Türü	%C	%H	%O	%N	%S	Kaynak
Lignoselülozik orman atıkları	54.64	6.70	38.22	0.04	0.40	(Mutlu, 2017)
Loblolly Çam	51.74	6.05	42.07	0.14	0.00	(Maduskar vd., 2018)
Meşe Ağacı Yaprığı	46.91	5.47	44.20	3.04	0.38	(García vd., 2014)
Muşmula Ağacı Dalı	44.36	6.17	48.77	0.52	0.18	(García vd., 2014)
Mimosa Ağacı Dalı	45.81	6.19	47.08	0.75	0.17	(García vd., 2014)
Meşe Ağacı Dalı	48.26	6.28	42.26	2.87	0.33	(García vd., 2014)
Maun	43.14	5.49	50.58	0.79	0.00	(Palumbo ve Weimer, 2015)
Melez Kavak	44.54	6.21	49.25	0.00	0.00	(Bay, 2006)
Meşe kabuğu	52.48	5.70	41.50	0.21	0.11	(Özkütük, 2010)
Meşe Ağacı Budama	37.89	5.94	55.23	0.73	0.21	(García vd., 2014)
Meşe Dalı Talaşı	45.65	5.75	45.85	0.76	1.99	(García vd., 2014)
MDF Peleti	52.61	5.76	38.07	3.53	0.03	(Taşkıran, 2010)
MDF	49.57	6.33	39.66	4.44	0.00	(Sözen vd, 2017)
Monteri Çamı	52.99	6.00	41.00	0.00	0.01	(Sözen vd, 2017)
Masif Odun	50.96	6.37	41.79	0.88	0.00	(Sözen vd, 2017)
Mobilya	46.66	6.65	45.04	1.65	0.00	(Sözen vd, 2017)
Meşe ağacı	45.50	6.04	48.27	0.19	0.00	(Kılıç, 2015)
Meşe ağacı talaşı	46.60	6.42	46.56	0.42	0.00	(Ulusal, 2016)
MDF tozu	46.81	6.92	41.95	4.32	0.00	(Yılmaz, 2018)
Oryantel beyaz meşe	55.30	5.70	36.50	2.50	0.00	(Ayyıldız,2014)
Okalıptüs grandis	45.14	6.01	48.34	0.38	0.13	(Torres vd., 2019)
Odun talaşı	53.33	6.12	40.10	0.38	0.07	(Budak, 2017)
Orman peleti	84.24	12.32	0.00	3.44	0.00	(Sungur, 2019)
Odun Peleti	50.51	5.94	43.47	0.08	0.00	(Sözen vd, 2017)
Odun Briketi	50.73	6.42	42.80	0.05	0.00	(Sözen vd, 2017)
Orman Güllü peleti	57.75	5.28	36.64	0.29	0.04	(Sözen vd, 2017)
Orman Atığı	53.27	6.26	40.08	0.30	0.09	(Yıldız, 2015)
Okalıptüs Kabuğu	46.53	5.87	45.61	1.69	0.30	(García vd., 2014)
Okalıptüs Talaşı	44.77	6.33	48.61	0.14	0.15	(García vd., 2014)
Odun	52.63	6.36	40.91	0.10	0.00	(Taner vd., 2003)
Orman Atığı Peleti	59.43	4.95	35.03	0.44	0.15	(Taşkıran, 2010)
Odun Kabuğu	61.56	4.62	33.66	0.16	0.00	(Taşkıran, 2010)
Odun Lifi	53.32	5.71	36.25	4.72	0.00	(Taşkıran, 2010)

Tablo 5'in devamı

Biyokütle Türü	%C	%H	%O	%N	%S	Kaynak
Odun Parçacıkları	52.55	3.49	43.55	0.36	0.05	(Kalıncı, 2011)
Portakal Ağacı Yaprığı	41.11	5.28	50.62	2.59	0.40	(García vd., 2014)
Portakal Ağacı Dalı	45.77	6.12	47.34	0.56	0.21	(García vd., 2014)
Pavlonya	46.64	5.96	47.30	0.10	0.00	(Yıldız,2015)
P. falcataria	47.33	6.69	45.11	0.87	0.00	(Higo ve Dowaki., 2010)
Pelet	47.76	5.99	46.18	0.07	0.00	(Sözen vd, 2017)
Sert odun	50.46	6.44	42.68	0.42	0.00	(Yıldız,2015)
Servi ağacı	51.98	6.24	40.67	0.65	0.46	(Klass, 1998)
Sarı Çam	48.33	6.49	45.18	0.00	0.00	(Tekin,2013)
Söğüt	51.63	5.54	42.42	0.38	0.03	(Sözen vd, 2017)
Sunta	44.81	5.32	47.55	2.32	0.00	(Yıldız,2015)
Sazlık Kamışı	55.50	5.61	38.45	0.37	0.07	(Taşkiran, 2010)
Saman	51.57	6.81	40.97	0.65	0.00	(Wang vd., 2014)
Siyah Kavak Ağacı Rendesı	50.34	6.00	43.43	0.20	0.03	(Torrent vd., 2015)
Siyah Pelet	52.75	5.81	41.24	0.20	0.00	(Mason vd., 2016)
Schima Ağacı	46.33	5.81	47.38	0.06	0.42	(Bu vd., 2015)
Siyah Kavak Yaprığı	58.29	8.41	31.92	1.03	0.35	(García vd., 2014)
Siyah Kavak Ağacı Dalı	45.62	0.03	53.43	0.33	0.59	(García vd., 2014)
Saman Pelet	47.89	5.51	45.87	0.56	0.17	(García vd., 2014)
Şeftali Ağacı Yaprığı	59.58	9.76	27.86	2.03	0.77	(García vd., 2014)
Tesbih ağacı	44.72	6.94	46.43	1.91	0.00	(Ertaş, 2010)
Titrek kavak	48.79	6.00	44.70	0.50	0.01	(Huang vd., 2009)
Talaş Briketi	54.69	4.26	40.91	0.14	0.00	(Taşkiran, 2010)
Tütün Sapı	87.71	12.29	0.00	0.00	0.00	(Zabaniotou ve Damartzis, 2007)
Vermont Ağacı	54.51	6.21	39.14	0.11	0.03	(Carpenter vd., 2010)
Yumuşak Buğday Samanı	87.94	12.06	0.00	0.00	0.00	(Zabaniotou ve Damartzis, 2007)
Yumuşak odun	52.61	6.10	41.09	0.20	0.00	(Yıldız,2015)
Yonga	56.88	5.97	37.15	0.00	0.00	(Taner vd., 2003)
Yonga Levha	63.48	7.88	25.62	3.02	0.00	(Sözen vd, 2017)
Quercus serrata	46.94	6.64	45.00	1.25	0.17	(Higo ve Dowaki., 2010)
Zeytin Ağacı Budama	45.36	5.47	47.42	1.47	0.28	(García vd., 2014)

Tablo 6. Sulu biyokütle kaynaklarının kuru ve külsüz bazdaki elementel bileşimleri

Biyokütle Türü	%C	%H	%O	%N	%S	Kaynak
<i>Aspergillus niger</i>	50.62	6.76	36.96	5.66	0.00	(Popovic, 2019)
<i>B. flavum</i>	55.24	8.28	24.34	12.14	0.00	(Popovic, 2019)
<i>Bacillus cereus</i>	51.15	6.37	29.17	13.31	0.00	(Popovic, 2019)
<i>Chlamydomonas</i>	55.59	7.66	29.18	7.57	0.00	(Popovic, 2019)
<i>Chrorella</i> sp. ATCC 7516 (medium 5)	58.22	8.52	27.48	5.78	0.00	(Popovic, 2019)
<i>Chlorella</i> Spain sp. ATCC 7516(medium S)	56.33	8.36	27.21	8.10	0.00	(Popovic, 2019)
<i>Candida kefyr</i> NCYC 1441	53.70	7.48	31.40	7.42	0.00	(Popovic, 2019)
<i>Candida utilis</i> ATCC 9950	50.90	7.07	37.87	4.16	0.00	(Popovic, 2019)
<i>C.Pyrenoidosa</i> Alg Türü	49.68	8.77	32.16	9.39	0.00	(Wang vd., 2019)
<i>Debaryomyces hansenii</i>	48.67	6.97	38.59	5.77	0.00	(Popovic, 2019)
<i>D. nepaliensis</i> CBS 5921	47.83	7.10	40.11	4.96	0.00	(Popovic, 2019)
<i>D.Tertiolecta</i> Su Yosunu Artığı	44.78	6.78	40.04	8.40	0.00	(Kim vd, 2015)
<i>F. dehydrogenans</i>	52.23	7.11	28.09	12.57	0.00	(Popovic, 2019)
<i>Fucus serratus</i>	36.50	4.80	57.00	1.20	0.50	(Duman, 2015)
<i>Kluyveromyces marxianus</i> NRRL 665	48.75	7.06	34.54	9.65	0.00	(Popovic, 2019)
<i>Laminaria digitata</i>	33.50	4.40	60.60	0.80	0.70	(Duman, 2015)
<i>Mucor rouxii</i>	55.68	8.32	31.68	4.32	0.00	(Popovic, 2019)
<i>Neurospora crassa</i>	52.63	7.89	31.68	7.80	0.00	(Popovic, 2019)
<i>Penicillium chrysogenum</i>	64.84	10.08	19.02	6.06	0.00	(Popovic, 2019)
Rocan 1	54.54	6.35	36.28	2.83	0.00	(Popovic, 2019)
Rocan BUV 2	50.40	6.54	39.84	3.22	0.00	(Popovic, 2019)
<i>Scenedesmus</i>	60.44	7.23	23.54	8.79	0.00	(Derakhshandeh, 2018)
<i>Spirulina</i> Yosunu	50.40	6.61	31.99	11.00	0.00	(Adnan vd., 2019)
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	48.71	6.54	35.83	8.92	0.00	(Popovic, 2019)
<i>S. cerevisiae</i> Whi 2+	48.59	6.74	36.70	7.97	0.00	(Popovic, 2019)
<i>S. cerevisiae</i> Whi 2-	49.74	6.83	33.08	10.35	0.00	(Popovic, 2019)
<i>S. cerevisiae</i> CBS 426a	49.81	6.51	34.27	9.41	0.00	(Popovic, 2019)
<i>S. cerevisiae</i> CBS 426b	49.28	6.30	33.71	10.71	0.00	(Popovic, 2019)
<i>Sphagnum</i> Yosunu	45.61	6.45	46.72	1.12	0.10	(Kracht ve Gleixner, 2000)
<i>Selenastrum capricornutum</i>	55.52	7.42	32.09	4.97	0.00	(Popovic, 2019)
<i>Scenedesmus obtusiusculus</i>	53.85	7.35	31.77	7.03	0.00	(Popovic, 2019)
<i>Saccharopolyspora erythraea</i>	50.58	6.79	31.55	11.08	0.00	(Popovic, 2019)
<i>Zygosaccharomyces bailii</i> NCYC 563	49.48	6.76	36.06	7.70	0.00	(Popovic, 2019)

Tablo 7. Atık biyokütle kaynaklarının kuru ve külsüz bazdaki elementel bileşimleri

Biyokütle Türü	%C	%H	%O	%N	%S	Kaynak
Atık su arıtım çamuru	60.70	9.20	21.30	7.00	1.80	(Mutyılmaz, 2014)
Arıtma Çamuru	47.24	6.66	38.28	5.87	1.95	(Ayas, 2018)
Belediye Çöpü	29.25	8.81	61.08	0.75	0.11	(Taner vd., 2003)
Briket	46.75	6.39	45.52	1.24	0.10	(García vd., 2014)
Belediye Katı Atıkları	49.74	7.57	36.54	3.74	2.41	(Lin vd., 2016)
Budama atıkları	52.26	5.80	41.81	0.12	0.01	(Burulday,2019)
Çözünmüş Organik Madde	46.72	4.88	45.65	1.27	1.48	(Kracht ve Gleixner, 2000)
Çöpten Çıkarılan Yakıt	53.01	8.19	37.53	1.20	0.07	(Wang vd., 2014)
Çay Atığı	46.90	6.40	42.80	3.40	0.50	(Koyunoğlu, 2010)
Çamur	50.47	7.19	35.21	5.34	1.79	(Hacıoğlu, 2007)
Dip Çamuru	34.33	8.01	56.89	0.55	0.22	(Taner vd., 2003)
Epoksi Taş	70.56	7.80	17.18	4.18	0.28	(El-Sayed ve Khairy., 2017)
Evsel katı atık	54.41	7.90	34.04	1.49	2.16	(Ayas, 2018)
Fıstık yağı sabunu	89.30	9.10	1.40	0.20	0.00	(Ayyıldız, 2014)
Hurda Lastik	81.90	7.52	8.41	0.50	1.67	(Sajdak, 2017)
Hurda Şişeler	62.51	4.19	33.30	0.00	0.00	(Sajdak, 2017)
Hurda	47.04	6.75	43.99	2.19	0.03	(Higo ve Dowaki., 2010)
İnşaat Atık Cipsi	47.26	6.45	46.04	0.08	0.17	(García vd., 2014)
Kanalizasyon Çamuru	58.17	7.16	23.87	9.07	1.73	(Kalıncı, 2011)
Katı atık-Plastik	57.59	7.53	33.40	1.06	0.42	(Hacıoğlu, 2007)
Katı atık-Karton	56.18	6.91	35.17	1.26	0.48	(Hacıoğlu, 2007)
Kentsel atık	54.09	6.82	37.39	1.36	0.34	(Kazaz, 2018)
Lağım Pisliği	52.45	6.69	31.07	7.29	2.50	(Kijo-Kleczkowska vd.,2016)
Organik atık	49.38	6.50	41.15	2.29	0.67	(Hacıoğlu, 2007)
Otomotiv Hurdası	75.44	8.19	3.44	4.74	8.19	(Sajdak, 2017)
Plastik	85.76	14.10	0.00	0.13	0.01	(Hacıoğlu, 2007)
Tampon Hurdası	84.80	14.55	0.28	0.14	0.23	(Sajdak, 2017)
Tarihi Taş	43.37	6.23	49.05	1.03	0.32	(García vd., 2014)
Turba	57.99	5.70	35.00	1.20	0.11	(Taner vd., 2003)
Yemek Atıkları	41.53	5.76	51.04	1.55	0.12	(Chen vd., 2019)

Tablo 8. Bitkisel biyokütle kaynaklarının c, h, o, n ve s değerleri (kmol/kg)

Biyokütle Türü	c	h	o	n	s
A. mangium	0.039650	0.0645	0.028444	0.000329	0
Arpa samanı	0.043525	0.0638	0.024975	0.001021	0
Ayçiçeği	0.040150	0.0617	0.027656	0.000857	0.000062
Akça ağaç meyvesi	0.056917	0.0780	0.010188	0.005429	0
Antep fıstığı tohumu	0.062333	0.1220	0.006688	0.001643	0
Aspir yağı	0.057250	0.0810	0.012312	0.002429	0.000031
Aspir tohumu	0.064000	0.1210	0.005312	0.001857	0
Aspir tohumu küspesi	0.055833	0.0630	0.013812	0.003286	0
Ayçiçeği yağı	0.055417	0.0920	0.012375	0.003214	0
Ayçiçeği küspesi	0.058333	0.0980	0.009625	0.003429	0
Antep fıstığı	0.039917	0.0638	0.028250	0.000371	0
Ayçiçeği kabuğu	0.043592	0.0652	0.018894	0.007429	0.000169
Ayçiçeği Tohumu Kabuğu	0.037775	0.0591	0.030088	0.000271	0.000075
Ayçiçeği tarla atığı	0.055417	0.0785	0.014025	0.002293	0
Ayçiçeği atığı	0.039925	0.0527	0.023856	0.006179	0
Antep fıstığı kabuğu	0.037183	0.0581	0.030781	0.000229	0
Armut	0.038775	0.0591	0.029125	0.000543	0.000062
At Kestanesi Kozalağı	0.044492	0.0716	0.024231	0.000321	0.000072
Ananas Yaprağı Peleti	0.035217	0.0481	0.032662	0.000286	0.000084
Asma	0.033458	0.0502	0.033694	0.000436	0.000097
Amerikan Meşe Palamudu	0.037233	0.0598	0.030344	0.000436	0.000056
Asma Dalları	0.037500	0.0695	0.029269	0.000543	0.000144
At Kestanesi Ağacı Dalı	0.036425	0.0627	0.030338	0.000750	0.000134
Arpa Taneciği	0.034658	0.0608	0.031369	0.001279	0.000109
Aromatik Bitki Atıkları	0.040917	0.0604	0.025875	0.002336	0.000059
Ayçiçeği Çekirdeği	0.041150	0.0604	0.026888	0.001043	0.000031
Ayçiçeği Samanı	0.040267	0.0580	0.027781	0.000900	0.000053
Buğday	0.040225	0.0637	0.028006	0.000300	0.000041
Badem kabuğu	0.040983	0.0695	0.026600	0.000286	0.000284
Bira yapımında harcanan tahıllar	0.039667	0.0990	0.023625	0.002429	0.000406
Beyaz palmiye meyvesi	0.035250	0.0820	0.030250	0.000786	0
Beyaz palmiye çekirdeği	0.049583	0.0560	0.020125	0.001929	0
Bezelye Kabuğu	0.033017	0.0654	0.031738	0.000886	0.000569
Bezelye Bitkisi Atıkları	0.036717	0.0473	0.031194	0.000643	0.000122
Biber Bitkisi Atıkları	0.030467	0.0528	0.033544	0.002614	0.000259
Badem	0.041067	0.0651	0.027088	0.000479	0.000062
Buğday Samanı	0.042600	0.0600	0.026575	0.000257	0

Tablo 8'in devamı

Biyokütle Türü	c	h	o	n	s
Badem Ağacı Yaprağı	0.036042	0.0550	0.030038	0.002036	0.000106
Badem Ağacı Dalı	0.039458	0.0636	0.028419	0.000471	0.000050
Buğday Tanesi	0.041017	0.0652	0.027350	0.000171	0.000081
Bambu	0.079800	0.0108	0.000488	0.001593	0.000047
Bezelye Tanesi	0.032842	0.0476	0.033394	0.001714	0
Buğday Tohumu	0.037300	0.0667	0.028812	0.001671	0.000041
Buğday Samanı Peleti	0.061417	0.0413	0.012281	0.001564	0.000103
Corn Stover	0.039833	0.0617	0.028462	0.000350	0
Cibre	0.043917	0.0648	0.024094	0.001464	0.000069
Crambe Bitkisi	0.035200	0.0604	0.031319	0.001150	0
Ceviz dalı	0.041083	0.0452	0.028462	0.000429	0.000012
Ceviz	0.039933	0.0651	0.027738	0.000707	0.000062
Ceviz Kabuğu	0.041843	0.0589	0.026912	0.000529	0.000031
Çekirdek	0.041733	0.0614	0.026562	0.000800	0.000005
Çay Çalısı	0.039225	0.0595	0.029131	0.000264	0
Çam Çekirdeği Kabuğu	0.039925	0.0490	0.028925	0.000221	0.000188
Çam tohumu kabuğu	0.040792	0.0614	0.027869	0.000157	0.000031
Çeltik Sapı	0.037717	0.0666	0.028488	0.001786	0
Çam Kozalağı	0.040117	0.0559	0.028688	0.000064	0.000088
Çam Kozalağı Yaprağı	0.039708	0.0543	0.028881	0.000193	0.000138
Çavdar Samanı	0.033492	0.0685	0.032175	0.000829	0.000100
Çam Peleti	0.039025	0.0530	0.029550	0.000200	0.000097
Çam Kozalağı İçi	0.035183	0.0506	0.032244	0.000207	0.000262
Çavdar Taneciği	0.034258	0.0676	0.031700	0.000857	0.000066
Çam Rendesi	0.041083	0.0598	0.027875	0.000071	0.000007
Çavdar Samanı	0.040733	0.0629	0.027606	0.000414	0.000025
Çin Gümüş Otu	0.040950	0.0688	0.027256	0.000186	0.000034
Çavdar Tohumu	0.038817	0.0652	0.028025	0.001393	0.000034
Dövülmüş çimen	0.046500	0.0690	0.022812	0.000571	0
Defne ağacı özütü	0.058000	0.0810	0.010812	0.003571	0
Domates yaprağı	0.039183	0.0633	0.027462	0.001264	0.000294
Domates dalı	0.038367	0.0599	0.029331	0.000486	0.000112
Domates Artığı	0.046783	0.0781	0.020288	0.002129	0.000191
Durian	0.043200	0.0569	0.025638	0.000943	0.000041
Dallı Darı Bitkisi	0.039333	0.0600	0.029131	0.000107	0.000012
Darı Kabuğu	0.043500	0.0734	0.025212	0.000086	0
Euphorbia Rigida	0.045383	0.0573	0.024062	0.000936	0

Tablo 8'in devamı

Biyokütle Türü	c	h	o	n	s
Erik	0.040125	0.0652	0.027712	0.000579	0.000056
Elma	0.039467	0.0642	0.028312	0.000529	0.000056
Erik Çekirdeği	0.040183	0.0660	0.027588	0.000621	0.000053
Elma Ağacı Yaprığı	0.037042	0.0615	0.029725	0.001150	0.000072
Elma Ağacı Dalı	0.038533	0.1155	0.025631	0.000579	0.000122
Evliya Otu	0.034733	0.0590	0.031281	0.001286	0.000178
Enginar	0.042358	0.0538	0.026538	0.000871	0.000034
E.G. Labill Yaprak (S)	0.048050	0.0715	0.021356	0.000493	0.000103
E.G. Labill Dalı (Sonbahar)	0.043958	0.0697	0.025006	0.000129	0.000028
E.Globulus Labill Yaprak (K)	0.048208	0.0738	0.020556	0.001121	0.000097
E.Globulus Labill Dalı (K)	0.044200	0.0745	0.024525	0.000100	0.000041
Fasulye Kabuğu	0.033050	0.0538	0.033744	0.000471	0.000097
Fıstık çamı kozalağı	0.052608	0.0773	0.017731	0.000550	0
Fındık Budağı	0.038425	0.0559	0.029975	0.000243	0
Fıstık kabuğu	0.042400	0.0603	0.026612	0.000293	0.000031
Fındık	0.038717	0.0657	0.028738	0.000557	0.000066
Fındık Kabuğu	0.039483	0.0558	0.028800	0.000071	0.000269
Feijoa Yaprakları	0.037733	0.0603	0.029538	0.000879	0.000062
Fındık küspesi	0.048917	0.0710	0.015938	0.006214	0
Fındık kupulası	0.059333	0.1030	0.011312	0.000286	0
Fındık Ağacı Yaprakları	0.037617	0.0679	0.028569	0.001464	0.000097
Grass (Hay) Mixed	0.041042	0.0632	0.026769	0.000993	0.000066
Humbaru meyvesi	0.047333	0.0710	0.022438	0.000143	0
Hurma salkımı	0.048833	0.0700	0.019812	0.001929	0
Halfa otu	0.063167	0.1180	0.007562	0.000214	0
Hurma ağacı yaprağı	0.045500	0.0900	0.022375	0.000429	0
Hindistan Cevizi	0.044942	0.0538	0.025056	0.000357	0.000031
Hindistan Cevizi Lifi	0.040033	0.0575	0.028756	0.000143	0
Hindistan Cevizi Kabuğu	0.042125	0.0574	0.027319	0	0
Hindistan Cevizi Torfu	0.039533	0.0506	0.029219	0.000536	0
Hurma çekirdek yağı	0.065417	0.1060	0.005625	0.001071	0.000125
İncir	0.037958	0.0635	0.029288	0.000075	0.000059
Japon kamelyası	0.041683	0.0577	0.027225	0.000236	0.000100
Jatropha bitkisi	0.054833	0.0890	0.012188	0.004000	0.000062
Karnıbahar Yaprığı	0.026925	0.0325	0.037725	0.002914	0
Kayısı çekirdeği kabuğu	0.044250	0.0693	0.024369	0.000664	0.000016
Keten Kıymık	0.038083	0.0577	0.030075	0.000293	0

Tablo 8'in devamı

Biyokütle Türü	c	h	o	n	s
Kiraz çekirdeği kabuğu	0.053167	0.0790	0.016500	0.001357	0
Kestane kupulası	0.051833	0.0640	0.018875	0.000857	0
Kolza tohumu	0.060917	0.1250	0.007688	0.001500	0
Kozalak	0.037450	0.0642	0.029575	0.000943	0
Kümes hayvan otu	0.038075	0.0611	0.026919	0.003507	0.000069
Kakao	0.043833	0.0567	0.025056	0.001086	0.000038
Kahve	0.043908	0.0599	0.024488	0.001264	0.000116
Kayısı	0.040133	0.0647	0.027900	0.000386	0.000059
Kestane Kabuk	0.035258	0.0517	0.032356	0.000300	0.000103
Kakao Çekirdek Kabuğu	0.036042	0.0589	0.029956	0.001886	0.000091
Kahve Kabuğu	0.037550	0.0642	0.028444	0.001807	0.000150
Kolza	0.037175	0.0652	0.027138	0.003893	0
Kenaf	0.042300	0.0593	0.026981	0.000100	0
Küspe	0.037592	0.0597	0.030319	0.000293	0
Kiraz Ağacı Dalı	0.038683	0.0621	0.029175	0.000371	0.000053
Kolza Samanı	0.038500	0.0579	0.026388	0.004136	0
Kahve Telvesi	0.042825	0.0743	0.024312	0.001593	0.000016
Kiraz Ağacı Yaprığı	0.037933	0.0625	0.029094	0.001064	0.000059
Kiraz Çekirdeği	0.040475	0.0621	0.027875	0.000307	0.000059
Kızarmış Patates	0.064625	0.0361	0.011312	0.000529	0
Kepek	0.065467	0.0503	0.006950	0.003779	0
Karaçalı	0.036242	0.0553	0.030725	0.001064	0.000103
Kıbrıs Meyvesi	0.023175	0.0570	0.041225	0.000250	0.000056
Kestane Ağacı Yaprığı	0.039850	0.0624	0.027162	0.001579	0.000084
Kivi Ağacı Dalı	0.038675	0.0610	0.027494	0.000757	0.000762
Kedi Gözü Tohumu	0.038867	0.0632	0.028462	0.001000	0.000031
Kayısı Çekirdeği	0.046342	0.0677	0.023325	0.000143	0.000031
Karnabahar Artığı	0.035267	0.0569	0.030131	0.002329	0.000162
Lahana Artığı	0.032608	0.0635	0.032062	0.001957	0.000150
Leucaena Leucocephala	0.037883	0.0700	0.028344	0.001564	0
Lastik otu	0.058250	0.0850	0.011562	0.002071	0.000062
Lastik otu küspesi	0.058333	0.0800	0.013250	0.000571	0
Limon Kabuğu	0.035792	0.0656	0.030619	0.000771	0.000131
Limon Ağacı Dalı	0.045617	0.0572	0.024169	0.000386	0.000103
Mısır Atıkları	0.041925	0.0570	0.027050	0.000436	0.000031
Manyok kök sapı	0.042917	0.0460	0.027000	0.000500	0
Manyok sapı	0.044250	0.0730	0.024250	0.000571	0

Tablo 8'in devamı

Biyokütle Türü	c	h	o	n	s
Mısır koçanı	0.043908	0.0640	0.025406	0.000186	0
Mısır	0.039642	0.0611	0.028425	0.000493	0.000047
Meşe Palamudu	0.039508	0.0540	0.029469	0	0.000012
Mısır Taneciği	0.034133	0.0692	0.031700	0.000836	0.000072
Mikantus	0.039242	0.0629	0.029012	0.000071	0.000031
Meyve posası	0.040167	0.0606	0.028219	0.000336	0.000038
Mısır Sapı	0.037792	0.0591	0.029756	0.000729	0.000034
Muz	0.044708	0.0639	0.023888	0.001164	0.000034
Meyve Demeti	0.037333	0.0730	0.029238	0.000464	0.000147
Nohut samanı	0.040825	0.0402	0.025462	0.004464	0
Nar posası	0.035158	0.0511	0.032300	0.000493	0.000103
Nar Kabuğu	0.040475	0.0622	0.027800	0.000357	0.000072
Nektari Çekirdeği	0.039017	0.0581	0.028650	0.000814	0.000122
Okalipüt Meyvesi	0.041967	0.0638	0.025712	0.001371	0.000062
Pamuk Atığı	0.039767	0.0608	0.028581	0.000279	0.000025
Pirinç samanı	0.037483	0.0640	0.030094	0.000300	0.000016
Pirinç kabuğu	0.043350	0.0589	0.025500	0.000921	0
Pamuk tohumu küspesi	0.043833	0.0674	0.024244	0.001236	0.000044
Pamuk kalıntısı	0.065667	0.0810	0.005562	0.002929	0.000031
Palmye çekirdek küspesi	0.046250	0.0770	0.020750	0.002571	0
Palmye yaprağı	0.033083	0.0710	0.030688	0.002929	0
Palmye kaburga yaprağı	0.041050	0.0582	0.027706	0.000321	0.000044
Pamuk çekirdeği	0.040883	0.0586	0.027169	0.000500	0.000284
Palamut içi	0.039675	0.0656	0.027569	0.001171	0.000025
P. bambusoides	0.037575	0.0704	0.029006	0.001021	0.000009
Phragmites (Common reed)	0.037625	0.0621	0.028512	0.001493	0.000291
Portakal posası	0.038458	0.0668	0.028400	0.001236	0
Piper aduncum	0.031942	0.0507	0.034394	0.000807	0.000138
Patates Kabuğu	0.041867	0.0193	0.025731	0.004229	0.000231
Pelemir	0.039258	0.0593	0.028300	0.000986	0.000094
Pamuk sapı	0.039258	0.0593	0.029300	0.000986	0.000094
Pamuk Çırçır Atığı	0.036200	0.0611	0.031469	0.000071	0
Pamuk Çiğidi	0.043333	0.0590	0.025500	0.000929	0
Pancar Topakları	0.032450	0.0523	0.033831	0.000850	0.000160
Palmye Yağı	0.041250	0.0682	0.026788	0.000321	0.000116
Palmye Çekirdeği Kabuğu	0.041925	0.0605	0.026988	0.000329	0
Pteris Vittata Bitkisi	0.043475	0.0585	0.024794	0.001343	0.000134

Tablo 8'in devamı

Biyokütle Türü	c	h	o	n	s
Pişmiş Mısır	0.043550	0.0603	0.025419	0.000693	0.000022
Portakal Kabuğu	0.033783	0.0485	0.033156	0.001114	0
Patates	0.037067	0.0656	0.029056	0.001300	0.000203
Pirinç Çeltiği	0.029758	0.0460	0.037094	0.000243	0
P.Pinaster Aiton İğnesi (S)	0.046025	0.0604	0.022506	0.001471	0.000206
P.Pinaster Aiton İğnesi (K)	0.045933	0.0782	0.022075	0.001136	0.000047
P.Pinaster Aiton Dalı (S)	0.046183	0.0694	0.023244	0.000164	0.000069
P.Pinaster Aiton Dalı (Kış)	0.046075	0.0776	0.022738	0.000371	0.000016
Rambutan	0.043742	0.0515	0.025656	0.000871	0.000028
Su Mercimeği	0.040658	0.0673	0.025275	0.002886	0
Sazlık	0.038717	0.0619	0.029212	0.000350	0.000038
Soya Samanı	0.039750	0.0690	0.027688	0.000714	0.000031
Soya Taneciği	0.037008	0.0633	0.029912	0.000829	0.000075
Süperge Darısı	0.033992	0.0438	0.033669	0.000521	0.000072
Sorghum	0.040975	0.0624	0.027500	0.000421	0
Siyah Kimyon Tohumu	0.054008	0.0955	0.015394	0.000686	0.000016
Süzülmüş portakal küspesi	0.040475	0.0631	0.027425	0.000807	0.000034
Süzülmüş nar küspesi	0.039908	0.0550	0.028650	0.000479	0.000031
Soya kabuğu	0.033908	0.0661	0.032938	0	0
Sinapis Alba bitkisi	0.034683	0.0542	0.032744	0.000407	0
Siyah kimyon tohumu küspesi	0.034500	0.0700	0.031000	0.001429	0
Susam sapı	0.051417	0.0790	0.018375	0.000714	0
Soya küspesi	0.046575	0.0657	0.017656	0.006636	0
Şeftali Çekirdeği	0.044100	0.0623	0.025144	0.000300	0.000062
Şeftali	0.043292	0.0575	0.025931	0.000571	0.000003
Şeker Kamışı Küspesi	0.040050	0.0635	0.028081	0.000236	0.000103
Şeftali Çekirdeği	0.032975	0.0643	0.033550	0.000229	0
Şeker kamışı	0.013417	0.1190	0.044812	0.000214	0
Şeker kamışı samanı	0.048167	0.0710	0.021250	0.000714	0.000031
Şeker pancarı	0.037583	0.0609	0.029700	0.000879	0.000019
Tatlı Patates Tortusu	0.041342	0.0762	0.026594	0.000158	0
Tütün Atıkları	0.039133	0.0592	0.026819	0.002536	0.000206
Tabakalaşmış sert ağaç	0.046333	0.0670	0.023562	0	0
Tatlı sorgum küspesi	0.049583	0.0630	0.020750	0.000714	0
Tahıl	0.039192	0.0606	0.027756	0.001786	0
Trabzon hurma yaprağı	0.042683	0.0470	0.027012	0.000614	0
Tatlı Kiraz	0.038425	0.0669	0.028738	0.000729	0.000062

Tablo 8'in devamı

Biyokütle Türü	c	h	o	n	s
Tatlı Sorgum	0.037167	0.0589	0.030638	0.000279	0.000031
Terbinth Meyvesi	0.042650	0.0795	0.021938	0.003800	0.000141
Tütün	0.029392	0.0800	0.034012	0.001650	0
Tritikale	0.035117	0.0580	0.031294	0.000879	0.000238
Tütün sapı	0.036792	0.0589	0.029000	0.001914	0.000275
Tarımsal atık	0.036858	0.0445	0.029944	0.002136	0.000131
Üzüm	0.039108	0.0687	0.028356	0.000450	0.000062
Üzüm küspesi	0.059767	0.0869	0.010562	0.001921	0
Üzüm Çekirdeği	0.036792	0.0531	0.030031	0.001364	0.000181
Üzüm Çekirdeği Unu	0.045217	0.0580	0.023694	0.001336	0.00005
Vişne Çekirdeği	0.033308	0.0533	0.034081	0.000121	0
Vişne	0.038133	0.0683	0.028938	0.000657	0.000059
Vişne tohumu	0.043733	0.0758	0.022062	0.003243	0.000031
Vişne tohumu kabuğu	0.040717	0.0632	0.026012	0.002207	0.000034
Vişne Çekirdeği	0.045975	0.0713	0.021550	0.001958	0.000150
Yağlı Pirina	0.046717	0.0731	0.021350	0.001636	0.000056
Yağsız Pirina	0.036333	0.0571	0.031075	0.000543	0.000066
Yulaf samanı	0.046233	0.0627	0.023612	0.000336	0
Yer Fıstığı Kabuğu	0.042717	0.0606	0.026144	0.000607	0
Yulaf Kepeği	0.036675	0.0717	0.028975	0.001550	0.000091
Yulaf ve Fiğ	0.034742	0.0582	0.032050	0.000657	0.000091
Yabani Hardal	0.039192	0.0591	0.028219	0.001007	0.000156
Zeytin Küspesi	0.040583	0.0710	0.025812	0.002071	0
Zeytin Çekirdeği	0.042458	0.0590	0.026812	0.000164	0.000006
Zeytin Tortusu	0.044000	0.0650	0.024438	0.001143	0
Zararlı Ot	0.043133	0.0165	0.027756	0.001557	0
Zeytinyağı Atıkları	0.043692	0.0641	0.024562	0.001229	0.000044
Zeytin	0.038783	0.0645	0.028775	0.000550	0.000062
Zeytin Atıkları	0.045367	0.0682	0.023306	0.001000	0.000016
Zeytin Taşı	0.038792	0.0633	0.028250	0.001293	0.000034
Zeytin kabuğu	0.041667	0.0620	0.026375	0.001143	0
Zeytin posası yağı	0.043592	0.0610	0.024375	0.001700	0.000066
Zeytinyağı	0.046833	0.0630	0.022288	0.001079	0.000103
Zeytinyağı atık suyu	0.046725	0.0730	0.021350	0.001636	0.000056

Tablo 9. Hayvansal biyokütle kaynaklarının c, h, o, n ve s değerleri (kmol/kg)

Biyokütle Türü	c	h	o	n	s
Büyükbaş hayvan gübresi	0.040267	0.0686	0.025981	0.002114	0.000091
Domuz gübresi	0.054142	0.0880	0.011394	0.005357	0.000156
Gübre	0.040700	0.0678	0.023750	0.003986	0.000250
Güvercin gübresi	0.034392	0.0604	0.030125	0.003000	0.000091
Hindi çöpi	0.050500	0.0720	0.017250	0.003000	0.000125
Kümes Çöpi	0.056783	0.0506	0.013038	0.004243	0
Keçi gübresi	0.039400	0.0631	0.027988	0.001164	0
Tavuk Atığı	0.043308	0.0606	0.023294	0.002814	0.000238
Tezek	0.062567	0.0417	0.010350	0.002136	0.000375
Tavuk çöpi	0.053017	0.0725	0.015013	0.003650	0

Tablo 10. Ormansal biyokütle kaynaklarının c, h, o, n ve s değerleri (kmol/kg)

Biyokütle Türü	c	h	o	n	s
Ağaç kabuğu	0.041483	0.0578	0.027575	0.000229	0
Akdeniz defnesi	0.040808	0.0638	0.026019	0.002157	0
Avrupa Melezi Odunu	0.038575	0.0650	0.029506	0	0
Aylandız	0.042525	0.0639	0.026419	0.000221	0
Ağaç Yongası	0.035175	0.0551	0.032425	9.29E-05	8.44E-05
Ahşap Pelet	0.038992	0.0613	0.028850	0.000429	0.000100
Ahşap Talaş	0.038308	0.0513	0.030338	8.57E-05	0.000075
Ağaç Talaşı	0.045425	0.0601	0.024600	7.14E-05	6.25E-06
Ağaç Atıkları	0.041883	0.0672	0.026663	0.000114	6.25E-05
Ahşap Kavak Talaşı	0.037917	0.0626	0.029500	0.000743	0
Atık Kağıt	0.035583	0.0479	0.031544	0.001407	2.19E-05
Babul Ağacı	0.041750	0.0611	0.027056	0.000357	0
Budanmış Bağ	0.039942	0.0626	0.027375	0.001371	2.81E-05
Budanmış Portakal Ağacı	0.038700	0.0635	0.028819	0.000764	9.38E-06
Budanmış Elma Ağacı	0.073625	0.1165	0	0	0
Budanmış Şeftali Ağacı	0.041108	0.0608	0.027606	0.000257	1.88E-05
Budanmış Badem Ağacı	0.073300	0.1204	0	0	0
Budanmış Limon Ağacı	0.073117	0.1226	0	0	0
Budanmış Armut Ağacı	0.073250	0.1210	0	0	0
Budanmış Kiraz Ağacı	0.073642	0.1163	0	0	0
Budanmış Kayısı Ağacı	0.042133	0.0662	0.026194	0.000579	3.13E-05
Bambu Talaşı	0.041258	0.0670	0.027150	0.000250	0
Çam kabuğu	0.045825	0.0577	0.024400	7.14E-05	3.13E-05
Çam İğnesi	0.038650	0.0708	0.028763	0.000321	2.19E-05
Çam Dalı	0.045742	0.0742	0.022894	0.000757	0
Çam ağacı talaşı	0.039667	0.0652	0.028456	0.000250	0
Çam Cipsleri	0.043342	0.0620	0.025994	8.57E-05	0.000025
Çam ağacı	0.039058	0.0642	0.029075	0.000136	0
Çam Odunu	0.043883	0.0728	0.024975	7.14E-05	0
Çınar Ağacı	0.038750	0.0576	0.029569	0.000193	0.000050
Defne Yaprığı Atığı	0.042850	0.0645	0.025394	0.000921	6.56E-05
Dönüşemeyen Atık Kağıtlar	0.041367	0.0513	0.028144	0.000100	1.88E-05
Dalgaların karaya attığı odun	0.040400	0.0683	0.027069	0.000943	1.88E-05
Demir ağacı	0.038742	0.0667	0.028125	0.001314	0
Defne (Pelet)	0.046542	0.0539	0.023969	0.000250	1.88E-05
Domates peleti	0.068775	0.1199	0	0.003836	3.44E-05

Tablo 10'un devamı

Biyokütle Türü	c	h	o	n	s
Dişbudak	0.038442	0.0588	0.029950	0.000050	0
Doğu Kayını	0.037233	0.0608	0.030775	0	0
Endamlı Okaliptus	0.040308	0.0701	0.026500	0.001586	0
Gökmar ağacı talaşı	0.034450	0.0686	0.032225	0.000171	0
Gökkuşuğu okaliptüsü	0.040925	0.0632	0.027756	0.000114	0
Gürge Ağacı Kabuğu	0.034817	0.0536	0.032663	0.000429	0
Huş Kontraplak	0.040525	0.0626	0.027800	0.000450	0
Huş Ağacı	0.043633	0.0410	0.027013	0.000229	0
Hibrit kavak	0.042250	0.0636	0.026706	0.000136	6.25E-06
Hasır	0.040075	0.0644	0.028044	0.000214	9.38E-05
Hurma ağacının gövdesi	0.042167	0.0980	0.024063	0.000786	0
Hızır tozu	0.038142	0.0669	0.027806	0.002179	0
Islak Bambu Talaşı	0.043350	0.0491	0.026713	0.000236	0
İpil Ağacı Odunu	0.040450	0.0595	0.028444	0	0
İskoç Çamı	0.042408	0.0580	0.027063	0	3.13E-06
İhlamur Ağacı	0.039767	0.0606	0.028500	0.000443	0
İşlenmemiş Atık Odun	0.038083	0.0580	0.030063	0.000286	0
İşlenmiş Atık Odun	0.038083	0.0560	0.030313	0.000143	0
İşlenmemiş Küspe	0.036333	0.0550	0.031625	0.000214	0
İşlenmiş Küspe	0.037083	0.0570	0.031000	0.000143	0
Japon Servi Kerestesi	0.042917	0.0620	0.026375	7.14E-05	0
Japon kızılçam	0.040050	0.0691	0.026856	0.001336	5.94E-05
Küt yapraklı yalancı servi	0.039508	0.0708	0.027563	0.000857	6.56E-05
Kayın Kerestesi	0.040200	0.0641	0.028256	0.000100	0
Kızılağaç Talaşı	0.037892	0.0594	0.029994	0.000286	6.25E-05
Kara Kavak Kabuğu	0.036042	0.0633	0.031038	0.000300	0.000106
Kestane Ağacı Kerestesi	0.038233	0.0500	0.030456	8.57E-05	8.44E-05
Kamış	0.044433	0.0688	0.024875	0	0
Kestane(Pelet)	0.044525	0.0497	0.025719	0.000264	0.000025
Kabuk Peleti	0.045075	0.0613	0.024531	0.000357	9.38E-06
Kağıt Fab. Atıkları	0.044717	0.0672	0.024469	0.000336	0
Kızılağaç kabuğu	0.043425	0.0512	0.026606	7.14E-05	3.13E-05
Kabuk	0.049367	0.0638	0.021250	0.000271	0
Kral ağacı	0.038192	0.0629	0.029925	0	0
Kenger peleti	0.068975	0.1270	0	0.003021	9.38E-05
Kızılçam	0.043842	0.0610	0.025619	0.000214	0
Kökmar	0.042142	0.0620	0.027019	0	0

Tablo 10'un devamı

Biyokütle Türü	c	h	o	n	s
Kontrplak	0.039092	0.0596	0.028675	0.000857	1.56E-05
Kestane Kabuğu	0.036675	0.0570	0.030538	0.001021	0
Kayın	0.041158	0.0613	0.027800	0	0
Kayın (Kabuğu İle)	0.040108	0.0623	0.028381	0.000157	3.13E-06
Kavak	0.040975	0.0635	0.027525	0.000293	9.38E-06
Kıyılmış Meşe Ağacı	0.041867	0.0715	0.025981	0.000650	4.06E-05
Kavuk (İbrelili Odun)	0.044942	0.0611	0.024631	0.000371	9.38E-06
Kara Kavak Ağacı	0.038492	0.0571	0.029600	0.000129	0.000175
Kestane Ağacı Yongası	0.03775	0.0610	0.030125	0.000164	5.31E-05
Ladin kabuğu	0.044867	0.0593	0.024950	0.000150	3.13E-05
Ladin Çamı	0.039825	0.0634	0.028513	0.000100	3.44E-05
Lignoselülozik orman atıkları	0.045533	0.0670	0.023888	2.86E-05	0.000125
Loblolly Çam	0.043117	0.0605	0.026294	0.000100	0
Meşe Ağacı Yaprığı	0.039092	0.0547	0.027625	0.002171	0.000119
Muşmula Ağacı Dalı	0.036967	0.0617	0.030481	0.000371	5.63E-05
Mimosa Ağacı Dalı	0.038175	0.0619	0.029425	0.000536	5.31E-05
Meşe Ağacı Dalı	0.040217	0.0628	0.026413	0.002050	0.000103
Maun	0.035950	0.0549	0.031613	0.000564	0
Melez Kavak	0.037117	0.0621	0.030781	0	0
Meşe kabuğu	0.043733	0.0570	0.025938	0.000150	3.44E-05
Meşe Ağacı Budama	0.031575	0.0594	0.034519	0.000521	6.56E-05
Meşe Dalı Talaşı	0.038042	0.0575	0.028656	0.000543	0.000622
MDF Peleti	0.043842	0.0576	0.023794	0.002521	9.38E-06
MDF	0.041308	0.0633	0.024788	0.003171	0
Monteri Çamı	0.044158	0.0600	0.025625	0	3.13E-06
Masif Odun	0.042467	0.0637	0.026119	0.000629	0
Mobilya	0.038883	0.0665	0.028150	0.001179	0
Meşe ağacı	0.037917	0.0604	0.030169	0.000136	0
Meşe ağacı talaşı	0.038833	0.0642	0.029100	0.000300	0
MDF tozu	0.039008	0.0692	0.026219	0.003086	0
Oryantel beyaz meşe	0.046083	0.0570	0.022813	0.001786	0
Okalıptüs grandis	0.037617	0.0601	0.030213	0.000271	4.06E-05
Odun talaşı	0.044442	0.0612	0.025063	0.000271	2.19E-05
Orman peleti	0.070200	0.1232	0	0.002457	0
Odun Peleti	0.042092	0.0594	0.027169	5.71E-05	0
Odun Briketi	0.042275	0.0642	0.026750	3.57E-05	0
Orman Güllü peleti	0.048125	0.0528	0.022900	0.000207	1.25E-05

Tablo 10'un devamı

Biyokütle Türü	c	h	o	n	s
Orman Atığı	0.044392	0.0626	0.025050	0.000214	2.81E-05
Okaliptüs Kabuğu	0.038775	0.0587	0.028506	0.001207	9.38E-05
Okaliptüs Talaşı	0.037308	0.0633	0.030381	0.000100	4.69E-05
Odun	0.043858	0.0636	0.025569	7.14E-05	0
Orman Atığı Peleti	0.049525	0.0495	0.021894	0.000314	4.69E-05
Odun Kabuğu	0.051300	0.0462	0.021038	0.000114	0
Odun Lifi	0.044433	0.0571	0.022656	0.003371	0
Odun Parçacıkları	0.043792	0.0349	0.027219	0.000257	1.56E-05
Portakal Ağacı Yaprığı	0.034258	0.0528	0.031638	0.001850	0.000125
Portakal Ağacı Dalı	0.038142	0.0612	0.029588	0.000400	6.56E-05
Pavlonya	0.038867	0.0596	0.029563	7.14E-05	0
P. falcataria	0.039442	0.0669	0.028194	0.000621	0
Pelet	0.039800	0.0599	0.028863	0.000050	0
Sert odun	0.042050	0.0644	0.026675	0.000300	0
Servi ağacı	0.043317	0.0624	0.025419	0.000464	0.000144
Sarı Çam	0.040275	0.0649	0.028238	0	0
Söğüt	0.043025	0.0554	0.026513	0.000271	9.38E-06
Sunta	0.037342	0.0532	0.029719	0.001657	0
Sazlık Kamışı	0.046250	0.0561	0.024031	0.000264	2.19E-05
Saman	0.042975	0.0681	0.025606	0.000464	0
Siyah Kavak Ağacı Rendesı	0.041950	0.0600	0.027144	0.000143	9.38E-06
Siyah Pelet	0.043958	0.0581	0.025775	0.000143	0
Schima Ağacı	0.038608	0.0581	0.029613	4.29E-05	0.000131
Siyah Kavak Yaprığı	0.048575	0.0841	0.019950	0.000736	0.000109
Siyah Kavak Ağacı Dalı	0.038017	0.0003	0.033394	0.000236	0.000184
Saman Pelet	0.039908	0.0551	0.028669	0.000400	5.31E-05
Şeftali Ağacı Yaprığı	0.049650	0.0976	0.017413	0.001450	0.000241
Tesbih ağacı	0.037267	0.0694	0.029019	0.001364	0
Titrek kavak	0.040658	0.0600	0.027938	0.000357	3.13E-06
Talaş Briketi	0.045575	0.0426	0.025569	0.000100	0
Tütün Sapı	0.073092	0.1229	0	0	0
Vermont Ağacı	0.045425	0.0621	0.024463	7.86E-05	9.38E-06
Yumuşak Buğday Samanı	0.073283	0.1206	0	0	0
Yumuşak odun	0.043842	0.0610	0.025681	0.000143	0
Yonga	0.047400	0.0597	0.023219	0	0
Yonga Levha	0.052900	0.0788	0.016013	0.002157	0
Quercus serrata	0.039117	0.0664	0.028125	0.000893	5.31E-05
Zeytin Ağacı Budama	0.037800	0.0547	0.029638	0.001050	8.75E-05

Tablo 11. Sulu biyokütle kaynaklarının c, h, o, n ve s değerleri (kmol/kg)

Biyokütle Türü	c	h	o	n	s
Aspergillus niger	0.042183	0.0676	0.023100	0.004043	0
B. flavum	0.046033	0.0828	0.015213	0.008671	0
Bacillus cereus	0.042625	0.0637	0.018231	0.009507	0
Chlamydomonas	0.046325	0.0766	0.018238	0.005407	0
Chrorella sp. ATCC 7516 (medium 5)	0.048517	0.0852	0.017175	0.004129	0
Chlorella Spain sp. ATCC 7516 (medium S)	0.046942	0.0836	0.017006	0.005786	0
Candida kefyr NCYC 1441	0.044750	0.0748	0.019625	0.005300	0
Candida utilis ATCC 9950	0.042417	0.0707	0.023669	0.002971	0
C.Pyrenoidosa Alg Türü	0.041400	0.0877	0.020100	0.006707	0
Debaryomyces hansenii	0.040558	0.0697	0.024119	0.004121	0
D. nepaliensis CBS 5921	0.039858	0.0710	0.025069	0.003543	0
D.Tertiolecta Su Yosunu Artığı	0.037317	0.0678	0.025025	0.006000	0
F. dehydrogenans	0.043525	0.0711	0.017556	0.008979	0
Fucus serratus	0.030417	0.0480	0.035625	0.000857	0.000156
Kluyveromyces marxianus NRRL 665	0.040625	0.0706	0.021588	0.006893	0
Laminaria digitata	0.027917	0.0440	0.037875	0.000571	0.000219
Mucor rouxii	0.046400	0.0832	0.019800	0.003086	0
Neurospora crassa	0.043858	0.0789	0.019800	0.005571	0
Penicillium chrysogenum	0.054033	0.1008	0.011888	0.004329	0
Rocan 1	0.045450	0.0635	0.022675	0.002021	0
Rocan BUV 2	0.042000	0.0654	0.024900	0.002300	0
Scenedesmus	0.050367	0.0723	0.014713	0.006279	0
Spirulina Yosunu	0.042000	0.0661	0.019994	0.007857	0
Saccharomyces cerevisiae	0.040592	0.0654	0.022394	0.006371	0
S. cerevisiae Whi 2+	0.040492	0.0674	0.022938	0.005693	0
S. cerevisiae Whi 2-	0.041450	0.0683	0.020675	0.007393	0
S. cerevisiae CBS 426a	0.041508	0.0651	0.021419	0.006721	0
S. cerevisiae CBS 426b	0.041067	0.0630	0.021069	0.007650	0
Sphagnum Yosunu	0.038008	0.0645	0.029200	0.000800	3.13E-05
Selenastrum capricornutum	0.046267	0.0742	0.020056	0.003550	0
Scenedesmus obtusiusculus	0.044875	0.0735	0.019856	0.005021	0
Saccharopolyspora erythraea	0.042150	0.0679	0.019719	0.007914	0
Zygosaccharomyces bailii NCYC 563	0.041233	0.0676	0.022538	0.005500	0

Tablo 12. Atık biyokütle kaynaklarının c, h, o, n ve s değerleri (kmol/kg)

Biyokütle Türü	c	h	o	n	s
Atık su arıtım çamuru	0.050583	0.0920	0.013313	0.005000	0.000563
Arıtma Çamuru	0.039367	0.0666	0.023925	0.004193	0.000609
Belediye Çöpü	0.024375	0.0881	0.038175	0.000536	0.000034
Briket	0.038958	0.0639	0.02845	0.000886	0.000031
Belediye Katı Atıkları	0.041450	0.0757	0.022838	0.002671	0.000753
Budama atıkları	0.043550	0.0580	0.026131	0.000085	0.000003
Çözünmüş Organik Madde	0.038933	0.0488	0.028531	0.000907	0.000463
Çöpten Çıkarılan Yakıt	0.044175	0.0819	0.023456	0.000857	0.000022
Çay Atığı	0.039083	0.0640	0.02675	0.002429	0.000156
Çamur	0.042058	0.0719	0.022006	0.003814	0.000559
Dip Çamuru	0.028608	0.0801	0.035556	0.000393	0.000069
Epoksi Taş	0.058800	0.0780	0.010738	0.002986	0.000088
Evsel katı atık	0.045342	0.0790	0.021275	0.001064	0.000675
Fıstık yağı sabunu	0.074417	0.0910	0.000875	0.000143	0
Hurda Lastik	0.068250	0.0752	0.005256	0.000357	0.000522
Hurda Şişeler	0.052092	0.0419	0.020813	0	0
Hurda	0.039200	0.0675	0.027494	0.001564	0.000009
İnşaat Atık Cipsi	0.039383	0.0645	0.028775	0.000057	0.000053
Kanalizasyon Çamuru	0.048475	0.0716	0.014919	0.006479	0.000541
Katı atık-Plastik	0.047992	0.0753	0.020875	0.000757	0.000131
Katı atık-Karton	0.046817	0.0691	0.021981	0.000900	0.000150
Kentsel atık	0.045075	0.0682	0.023369	0.000971	0.000106
Lağım Pisiği	0.043708	0.0669	0.019419	0.005207	0.000781
Organik atık	0.041150	0.0650	0.025719	0.001636	0.000209
Otomotiv Hurdası	0.062867	0.0819	0.002150	0.003386	0.002559
Plastik	0.071467	0.1410	0	0.000093	0.000003
Tampon Hurdası	0.070667	0.1455	0.000175	0.000100	0.000072
Tarihi Taş	0.036142	0.0623	0.030656	0.000736	0.000100
Turba	0.048325	0.0570	0.021875	0.000857	0.000034
Yemek Atıkları	0.034608	0.0576	0.031900	0.001107	0.000038

Eşitlik 18’de üst ısı değeri olan $(HHV)_{DAF}$ değeri, ölçülen bir değer olmaması durumunda, aşağıdaki formül kullanılarak MJ/kg biriminde hesaplanabilir.

$$(HHV)_{DAF} = [152.19H + 98.767][(C/3) + H - (O - S)/8] \quad (19)$$

Eşitlik 19’daki H, C, O ve S sırasıyla hidrojen, karbon, oksijen ve kükürtün kütle fraksiyonlarını göstermektedir ve değerleri Tablo 3-7’den alınır. Kuru ve külsüz yakıtlarda mutlak entropinin değeri, aşağıdaki formül kullanılarak kJ/kg.K biriminde hesaplanabilir.

$$s_{DAF} = c \left[37.1653 - 31.4767 \exp \left(-0.564682 \frac{h}{c+n} \right) + 20.1145 \frac{o}{c+n} + 54.3111 \frac{n}{c+n} + 44.6712 \frac{s}{c+n} \right] \quad (20)$$

Bu formüldeki c, h, o, n ve s değerleri; Tablo 8-12’den alınmaktadır.

Tablo 13’de, 1 atm değerindeki p_o ile 1 bar değerindeki p_r basınçları arasındaki farkın ihmal edilmesiyle elde edilen mutlak entropi değerleri verilmiştir. Bu değerler, yakıtların ekserji değerlerinin hesaplanması için gereklidir ve Eşitlik 21’de verilmiştir.

$$\begin{aligned} \bar{s}_{O_2} &= 205.15 \text{ KJ/kmol.K} & \bar{s}_{CO_2} &= 213.79 \text{ KJ/kmol.K} \\ \bar{s}_{H_2O} &= 69.95 \text{ KJ/kmol.K} & \bar{s}_{SO_2} &= 284.09 \text{ KJ/kmol.K} \\ \bar{s}_{N_2} &= 191.61 \text{ KJ/kmol.K} \end{aligned} \quad (21)$$

$298.15 < T \leq T_{max}$, $p_r : 1 \text{ bar}$ ve $y : 10^{-3} T$ durumları için aşağıdaki verilen formüller kullanılarak istenen değerler hesaplanabilir.

$$\bar{c}_p^o = a + by + cy^{-2} + dy^2 \quad (22)$$

$$\bar{h}^o = 10^3 \left[H^+ + ay + \frac{b}{2} y^2 - cy^{-1} + \frac{d}{3} y^3 \right] \quad (23)$$

$$\bar{s}^{\circ} = S^{\circ} + a \ln T + by - \frac{c}{2} y^{-2} + \frac{d}{2} y^2 \quad (24)$$

$$\bar{g}^{\circ} = \bar{h}^{\circ} - T\bar{s}^{\circ} \quad (25)$$

Eşitlik 22-25'deki H° , S° , a , b , c ve d sabitleri Tablo 14'de verilmiştir. Maksimum sıcaklık ($T_{\max}$); C(s), S(s), H₂O(l), CH₄(g), SO₂(g), H₂S(g) ve NH₃(g) için sırasıyla 1100 K, 368 K, 500 K, 2000 K, 2000K, 2000K ve 1500 K'dir. Diğer bütün maddeler için maksimum sıcaklık 3000 K'dir. p ve p_r basınçlarının birbirinden farklı olması durumunda, mutlak entropinin yaklaşık değeri aşağıdaki formüller kullanılarak hesaplanabilir.

Tablo 13. Bazı maddelerin 1 bar basınçta spesifik ısı, entalpi, mutlak entropi ve Gibbs fonksiyonunun sıcaklıkla değişimi (kJ/kmol veya kJ/kmolK)

Madde	Formül	$\bar{c}_p^{\circ}$	$\bar{h}^{\circ}$	$\bar{s}^{\circ}$	$\bar{g}^{\circ}$
Karbon (grafit)	C (s)	8.53	0	5.740	- 1711
Kükürt	S (s)	22.77	0	32.058	- 9558
Azot	N ₂ (g)	28.49	0	191.610	- 57128
Oksijen	O ₂ (g)	28.92	0	205.146	- 61164
Hidrojen	H ₂ (g)	29.13	0	130.679	- 38961
Karbon monoksit	CO (g)	28.54	- 110528	197.648	- 169457
Karbon dioksit	CO ₂ (g)	35.91	- 393521	213.794	- 457264
Su (gaz)	H ₂ O (g)	31.96	- 241856	188.824	- 298153
Su (sıvı)	H ₂ O (l)	75.79	- 285829	69.948	- 306685
Metan	CH ₄ (g)	35.05	- 74872	186.251	- 130403
Sülfür dioksit	SO ₂ (g)	39.59	- 29 6833	284.094	- 370803
Hidrojen sülfid	H ₂ S (g)	33.06	- 20501	205.757	- 81847
Amonyak	NH ₃ (g)	35.59	- 46111	192.451	- 103491

$$\bar{s}(T, p) = \bar{s}^0(T) - \bar{R} \ln \frac{p}{p_r} \text{ (ideal gaz)} \quad (26)$$

$$\bar{s}_k(T, p_k) = \bar{s}_k^0(T) - \bar{R} \ln \frac{x_k}{p_r} \quad (27)$$

Eşitlik 17, 20 ve 21'den elde edilen değerlerden yararlanılarak Eşitlik 18'in birinci parantezli teriminin değeri bulunur.

Eşitlik 18'in ikinci parantezli teriminin değerini hesaplamak için ise Tablo 15'te verilen model 1' deki verilerden yararlanılır.

Tablo 14. Bazı maddeler için H^+ , S^+ , a, b, c, d sabitleri

Madde	Formül	H^+	S^+	a	b	c	d
Karbon (grafit)	C (s)	-2.101	-6.540	0.109	38.940	-0.146	-17.385
Kükürt	S (s)	-5.242	-59.014	14.795	24.075	0.071	0
Azot	N ₂ (g)	-9.982	16.203	30.418	2.544	-0.238	0
Oksijen	O ₂ (g)	-9.589	36.116	29.154	6.477	-0.184	-1.017
Hidrojen	H ₂ (g)	-7.823	-22.966	26.882	3.586	0.105	0
Karbon monoksit	CO (g)	-120.809	18.937	30.962	2.439	-0.280	0
Karbon dioksit	CO ₂ (g)	-413.886	-87.078	51.128	4.368	-1.469	0
Su	H ₂ O (g)	-253.871	-11.750	34.376	7.841	-0.423	0
Su	H ₂ O (l)	-289.932	-67.147	20.355	109.198	2.033	0
Metan	CH ₄ (g)	-81.242	96.731	11.933	77.647	0.142	-18.414
Kükürt dioksit	SO ₂ (g)	-315.422	-43.725	49.936	4.766	-1.046	0
Hidrojen sülfür	H ₂ S (g)	-32.887	1.142	34.911	10.686	-0.448	0
Amonyak	NH ₃ (g)	-60.244	-29.402	37.321	18.661	-0.649	0

$$\overset{-CH}{e}_{O_2} = 3.951 \text{ MJ / kmol}$$

$$\overset{-CH}{e}_{CO_2} = 14.176 \text{ MJ / kmol}$$

$$\overset{-CH}{e}_{H_2O} = 0.045 \text{ MJ / kmol}$$

$$\overset{-CH}{e}_{SO_2} = 301.939 \text{ MJ / kmol}$$

$$\overset{-CH}{e}_{N_2} = 0.639 \text{ MJ / kmol}$$

(28)

Böylece, Eşitlik 18'in hem birinci parantezli hem de ikinci parantezli terimi hesaplanmış olur. Elde ettiğimiz bütün bu değerleri Eşitlik 18'de yerine koyduğumuzda ve T_0 sıcaklığını 298.15 K olarak aldığımızda, seçmiş olduğumuz biyokütle kaynaklarının kimyasal ekserjilerini MJ/kg(DAF) cinsinden hesaplamış oluruz.

Tablo 15. Çeşitli maddelerin 298.15 K ve p_0 'da standart molar kimyasal ekserjileri (kJ/kmol)

Madde	Formül	Model 1	Model 2
Azot	N ₂ (g)	639	720
Oksijen	O ₂ (g)	3951	3970
Karbon dioksit	CO ₂ (g)	14176	19870
Su	H ₂ O (g)	8636	9500
Su	H ₂ O (l)	0045	900
Karbon (grafit)	C (s)	404589	410260
Hidrojen	H ₂ (g)	235249	236100
Kükürt	S (s)	598158	609600
Karbon monoksit	CO (g)	269412	275100
Kükürt dioksit	SO ₂ (g)	301939	313400
Azot monoksit	NO (g)	88851	88900
Azot dioksit	NO ₂ (g)	55565	55600
Hidrojen peroksit	H ₂ O ₂ (g)	133587	-
Hidrojen sülfür	H ₂ S	799890	812000
Amonyak	NH ₃ (g)	336684	337900
Oksijen	O (g)	231968	233700
Hidrojen	H (g)	320822	331300
Azot	N (g)	453821	-
Metan	CH ₄ (g)	824348	831650
Asetilen	C ₂ H ₂ (g)	-	1265800

Tablo 15'in devamı

Madde	Formül	Model 1	Model 2
Etilen	C ₂ H ₄ (g)	-	1361100
Etan	C ₂ H ₆ (g)	1482033	1495840
Propilen	C ₃ H ₆ (g)	-	2003900
Propan	C ₃ H ₈ (g)	-	2154000
n- Bütan	C ₄ H ₁₀ (g)	-	2805800
n- Pentan	C ₅ H ₁₂ (g)	-	3463300
Benzen	C ₆ H ₆ (g)	-	3303600
Oktan	C ₈ H ₁₈ (l)	-	5413100
Metanol	CH ₃ OH(g)	715069	722300
Metanol	CH ₃ OH (l)	710747	718,000
Etil alkol	C ₂ H ₅ OH (g)	1348328	1363900
Etil alkol	C ₂ H ₅ OH (l)	1342086	1375700

Yakıtların kimyasal ekserjilerini hesaplamak için kullanılan diğer bir yöntem de grup katkı yöntemidir. Bu yöntemde, basit kimyasal grupların oluşumunun kimyasal entalpi ve ekserji üzerine etkileri dikkate alınır. Bazı yakıtlar çok bileşenli karışımlar halinde olduklarından son derece karmaşıktırlar. Yakıtların çoğunun kimyasal ekserjilerini tam olarak hesaplayamayız. Katı ve sıvı yakıtlarda, yakıtın kimyasal ekserjisi ile alt ısı değeri arasında belirli bir oran vardır. Bu oran aşağıdaki formülle ifade edilmektedir.

$$\beta = \frac{e^{CH}}{LHV} \quad (29)$$

Farklı organik maddeler dikkate alındığında, Eşitlik 29'daki bu oran yakıtın kimyasal bileşiminden fazlaca etkilenir. Çevre şartlarından etkilenmediği kabul edilen β değerleri, değişik organik madde grupları için elde edilmişlerdir. Bizim bu çalışmada β için kullandığımız eşitlikler aşağıda verilmektedir:

$$\beta_1 = 1.0435 + 0.0159 \times H/C \quad (30)$$

$$\beta_2 = 1.0438 + 0.0158 \times H/C + 0.0813 \times O/C \quad O/C \leq 0.5 \quad (31)$$

$$\beta_2 = \frac{1.0404 + 0.0177 \times H/C - 0.3328 \times O/C \times (1 + 0.0537 \times O/C)}{1 - 0.4021 \times O/C} \quad O/C \leq 2.0$$

$$\beta_3 = 1.0347 + 0.014 \times H/C + 0.0968 \times O/C + 0.0493 \times N/C \quad O/C \leq 0.5 \quad (32)$$

$$\beta_3 = \frac{1.044 + 0.016 \times H/C - 0.3493 \times O/C \times (1 + 0.0531 \times H/C) + 0.0493 \times N/C}{1 - 0.4124 \times O/C} \quad O/C \leq 2.0$$

$$\beta_4 = \frac{1.0412 + 0.216 \times Z_{H2}/Z_C + 0.2499 \times Z_{O2}/Z_C \times (1 + 0.7884 \times Z_{H2}/Z_C) + 0.045 \times Z_{N2}/Z_C}{1 + 0.3035 \times Z_{O2}/Z_C} \quad (33)$$

β değerini hesapladıktan sonra kimyasal ekserji değerinin hesaplamada kullanacağımız alt ısı değeri (LHV) bulmak için aşağıdaki formül kullanılmıştır:

$$LHV(MJ/kg) = HHV - 2.442 \times 8.936(H/100) \quad (34)$$

Biyokütle kaynaklarının kimyasal bileşimi kimyasal ekserji değerlerini güçlü bir şekilde etkilediğinden dolayı biz bu çalışmada, biyokütle kaynaklarının kimyasal ekserji değerlerini onların elementel bileşiminden hesaplayan yeni eşitlikler türettik.

Bitkisel biyokütle kaynakları için türetilen eşitlik:

$$(e^{CH})_B : 0.3495 \times C + 1.1005 \times H + 0.19945 \times S - 0.08005 \times O - 0.0075 \times N \quad (35)$$

Hayvansal biyokütle kaynakları için türetilen eşitlik:

$$(e^{CH})_H : 0.36299 \times C + 1.0585 \times H + 0.1044 \times S - 0.08406 \times O - 0.0178 \times N \quad (36)$$

Ormansal biyokütle kaynakları için türetilen eşitlik:

$$(e^{CH})_O : 0.36305 \times C + 1.0415 \times H + 0.10495 \times S - 0.08705 \times O - 0.0181 \times N \quad (37)$$

Sulu biyokütle kaynakları için türetilen eşitlik:

$$(e^{CH})_S : 0.368 \times C + 1.0885 \times H + 0.10455 \times S - 0.088905 \times O - 0.015 \times N \quad (38)$$

Atık biyokütle kaynakları için türetilen eşitlik:

$$(e^{CH})_A : 0.3675 \times C + 1.0388 \times H + 0.13045 \times S - 0.08665 \times O - 0.0179 \times N \quad (39)$$

Bütün biyokütle kaynakları için türetilen eşitlik:

$$(e^{CH})_{BB} : 0.36275 \times C + 1.0385 \times H + 0.10445 \times S - 0.08405 \times O - 0.0175 \times N \quad (40)$$

3. BULGULAR

3.1. Bitkisel Biyokütle Kaynakları

Bitkisel biyokütle kaynaklarına ait Tablo 8’de verilen c, h, o, n ve s verilerinin Eşitlik 17’de yerine konulmasıyla hesaplanan v_{CO_2} , v_{H_2O} , v_{SO_2} , v_{N_2} ve v_{O_2} değerleri Tablo 16’ da verilmiştir. Bu biyokütle kaynaklarına ait e^{CH} , HHV, s_{DAF} ve LHV değerleri sırasıyla 18, 19, 20 ve 34 eşitlikleri kullanılarak hesaplandı ve elde edilen sonuçlar Tablo 17’de verilmiştir.

Bitkisel biyokütle kaynaklarının kimyasal ekserjilerini hesaplamak için literatürde verilmiş olan korelasyonlarda kullanılmak üzere gerekli olan β_1 , β_2 , β_3 ve β_4 değerleri sırasıyla Eşitlik 30, 31, 32 ve 33 kullanılarak hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 18’de sunulmuştur. Tablo 18’de bitkisel biyokütle kaynaklarına ait β_1 , β_2 , β_3 ve β_4 değerlerinin Eşitlik 29’da yerine konulmasıyla hesaplanan $(e^{CH})_1$, $(e^{CH})_2$, $(e^{CH})_3$ ve $(e^{CH})_4$ ekserji değerleri Tablo 19’da verilmiştir.

Eşitlik 18, yakıtların kimyasal ekserjilerinin hesaplanması için kullanılan en yaygın ve en kapsamlı formüldür. Biz bu çalışmamızda bu eşitliği temel alarak bu eşitlikle literatürde mevcut korelasyon eşitliklerini ve bizim türettiğimiz yeni eşitlikleri kıyasladık. Bu bağlamda, bitkisel biyokütle kaynakları için Eşitlik 18 ile literatürdeki korelasyon eşitlikleri arasındaki değişimleri yüzde olarak hesaplandı ve elde edilen veriler Tablo 20’de toplu olarak verilmiştir. Biyokütle kaynaklarının kimyasal ekserji değerlerini hesaplamak için literatürde mevcut genel birçok formül mevcuttur. Bununla birlikte, bu formüllerin çoğu hem verdikleri sonuçları kesinliği bakımından hem de işlemlerinin uzunluğu bakımından bazı eksikliklere sahiptirler. Bu tezde temel amaç, biyokütle kaynaklarının kimyasal ekserjilerini hesaplamak için hem kolay hesaplanabilen hem de doğruluğu yüksek formüller türetmektir. Bu amaçla, bu çalışmada türetmiş olduğumuz hem Eşitlik35’den hem de Eşitlik 40’dan hesaplanan bitkisel biyokütle kaynaklarının kimyasal ekserji değerleri hesaplanmış ve bulunan bu değerler ile genel ekserji formülünden bulunan değerlerin yüzde olarak farklılıkları Tablo 21’de verilmiştir.

Bitkisel biyokütle kaynakları ve bütün biyokütle kaynakları için türettiğimiz formüllerin kullanılabilirliğini daha iyi anlamak için korelasyon katsayıları (R^2) hesaplandı. Bu amaçla, Eşitlik 18 ile Eşitlik 35 arasında ve Eşitlik 18 ile Eşitlik 40 arasında çizilen korelasyonlar sırasıyla Şekil 6 ve 7’de gösterilmiştir.

Tablo 16. Bitkisel biyokütle kaynaklarının ν_{CO_2} , ν_{H_2O} , ν_{SO_2} , ν_{N_2} ve ν_{O_2} değerleri

Biyokütle Türü	ν_{CO_2}	ν_{H_2O}	ν_{SO_2}	ν_{N_2}	ν_{O_2}
A. mangium	0.039650	0.03225	0	0.000329	0.041553
Arpa samanı	0.043525	0.03190	0	0.001021	0.046988
Ayçiçeği	0.040150	0.03085	0.000062	0.000857	0.041809
Akça ağaç meyvesi	0.056917	0.03900	0	0.005429	0.071323
Antep fıstığı tohumu	0.062333	0.06100	0	0.001643	0.089490
Aspir yağı	0.057250	0.04050	0.000031	0.002429	0.071375
Aspir tohumu	0.064000	0.06050	0	0.001857	0.091594
Aspir tohumu küspesi	0.055833	0.03150	0	0.003286	0.064677
Ayçiçeği yağı	0.055417	0.04600	0	0.003214	0.072229
Ayçiçeği küspesi	0.058333	0.04900	0	0.003429	0.078021
Antep fıstığı	0.039917	0.03190	0	0.000371	0.041742
Ayçiçeği kabuğu	0.043592	0.03260	0.000169	0.007429	0.050614
Ayçiçeği Tohumu Kabuğu	0.037775	0.02955	0.000075	0.000271	0.037581
Ayçiçeği tarla atığı	0.055417	0.03925	0	0.002293	0.068029
Ayçiçeği atığı	0.039925	0.02635	0	0.006179	0.041172
Antep fıstığı kabuğu	0.037183	0.02905	0	0.000229	0.036318
Armut	0.038775	0.02955	0.000062	0.000543	0.039050
At Kestanesi Kozalağı	0.044492	0.03580	0.000072	0.000321	0.050348
Ananas Yaprağı Peleti	0.035217	0.02405	0.000084	0.000286	0.030995
Asma	0.033458	0.02510	0.000097	0.000436	0.029258
Amerikan Meşe Palamudu	0.037233	0.02990	0.000056	0.000436	0.037068
Asma Dalları	0.037500	0.03475	0.000144	0.000543	0.040384
At Kestanesi Ağacı Dalı	0.036425	0.03135	0.000134	0.000750	0.037066
Arpa Taneciği	0.034658	0.03040	0.000109	0.001279	0.034283
Aromatik Bitki Atıkları	0.040917	0.03020	0.000059	0.002336	0.043139
Ayçiçeği Çekirdeği	0.041150	0.03020	0.000031	0.001043	0.042838
Ayçiçeği Samanı	0.040267	0.02900	0.000053	0.000900	0.040929
Buğday	0.040225	0.03185	0.000041	0.000300	0.042188
Badem kabuğu	0.040983	0.03475	0.000284	0.000286	0.045343
Bira yapımında harcanan tahıllar	0.039667	0.04950	0.000406	0.002429	0.053010
Beyaz palmye meyvesi	0.035250	0.04100	0	0.000786	0.040625
Beyaz palmye çekirdeği	0.049583	0.02800	0	0.001929	0.053521
Bezelye Kabuğu	0.033017	0.03270	0.000569	0.000886	0.034067
Bezelye Bitkisi Atıkları	0.036717	0.02365	0.000122	0.000643	0.033067
Biber Bitkisi Atıkları	0.030467	0.02640	0.000259	0.002614	0.027154
Badem	0.041067	0.03255	0.000062	0.000479	0.043860

Tablo 16'nın devamı

Biyokütle Türü	ν_{CO_2}	ν_{H_2O}	ν_{SO_2}	ν_{N_2}	ν_{O_2}
Buğday Samanı	0.042600	0.03000	0	0.000257	0.044313
Badem Ağacı Yaprağı	0.036042	0.02750	0.000106	0.002036	0.034879
Badem Ağacı Dalı	0.039459	0.03180	0.000050	0.000471	0.041199
Buğday Tanesi	0.041017	0.03260	0.000081	0.000171	0.043723
Bambu	0.079800	0.00540	0.000047	0.001593	0.082303
Bezelye Tanesi	0.032842	0.02380	0	0.001714	0.028045
Buğday Tohumu	0.037300	0.03335	0.000041	0.001671	0.039609
Buğday Samanı Peleti	0.061417	0.02065	0.000103	0.001564	0.065704
Corn Stover	0.039833	0.03085	0	0.000350	0.041027
Cibre	0.043917	0.03240	0.000069	0.001464	0.048139
Crambe Bitkisi	0.035200	0.03020	0	0.001150	0.034641
Ceviz dalı	0.041083	0.02260	0.000012	0.000429	0.038165
Ceviz	0.039933	0.03255	0.000062	0.000707	0.042402
Ceviz Kabuğu	0.041842	0.02945	0.000031	0.000529	0.043142
Çekirdek	0.041733	0.03070	0.000050	0.000800	0.043852
Çay Çalı	0.039225	0.02975	0	0.000264	0.039534
Çam Çekirdeği Kabuğu	0.039925	0.02450	0.000188	0.000221	0.037900
Çam tohumu kabuğu	0.040792	0.03070	0.000031	0.000157	0.042239
Çeltik Sapı	0.037717	0.03330	0	0.001789	0.040123
Çam Kozalağı	0.040117	0.02795	0.000088	0.000064	0.039835
Çam Kozalağı Yaprağı	0.039708	0.02715	0.000138	0.000193	0.038980
Çavdar Samanı	0.033492	0.03425	0.000100	0.000829	0.034629
Çam Peleti	0.039025	0.02650	0.000097	0.000200	0.037597
Çam Kozalağı İçi	0.035183	0.02530	0.000262	0.000207	0.031974
Çavdar Taneciği	0.034259	0.03380	0.000066	0.000857	0.03534
Çam Rendes	0.041083	0.02990	0.000006	0.000071	0.04212
Çavdar Samanı	0.040733	0.03145	0.000025	0.000414	0.04260
Çin Gümüş Otu	0.040950	0.03440	0.000034	0.000186	0.04456
Çavdar Tohumu	0.038817	0.03260	0.000034	0.001393	0.04119
Dövülmüş çimen	0.046500	0.03450	0	0.000571	0.05234
Defne ağacı özütü	0.058000	0.04050	0	0.003571	0.07284
Domates yaprağı	0.039183	0.03165	0.000294	0.001264	0.04151
Domates dalı	0.038367	0.02995	0.000112	0.000486	0.03879
Domates Artığı	0.046783	0.03905	0.000191	0.002129	0.05635
Durian	0.043200	0.02845	0.000041	0.000943	0.04467
Dallı Darı Bitkisi	0.039333	0.03000	0.000012	0.000107	0.03970
Darı Kabuğu	0.043500	0.03670	0	0.000086	0.04924

Tablo 16'nın devamı

Biyokütle Türü	ν_{CO_2}	ν_{H_2O}	ν_{SO_2}	ν_{N_2}	ν_{O_2}
Euphorbia Rigida	0.045383	0.02865	0	0.000936	0.047670
Erik	0.040125	0.03260	0.000056	0.000579	0.042650
Elma	0.039467	0.03210	0.000056	0.000529	0.041470
Erik Çekirdeği	0.040183	0.03300	0.000053	0.000621	0.042930
Elma Ağacı Yaprığı	0.037042	0.03075	0.000072	0.001150	0.037660
Elma Ağacı Dalı	0.038533	0.05775	0.000122	0.000579	0.054750
Evliya Otu	0.034733	0.02950	0.000178	0.001286	0.034010
Enginar	0.042359	0.02690	0.000034	0.000871	0.042540
E.G. Labill Yaprak (S)	0.048050	0.03575	0.000103	0.000493	0.055300
E.G. Labill Dalı (Sonbahar)	0.043959	0.03485	0.000028	0.000129	0.048980
E.Globulus Labill Yaprak (K)	0.048209	0.03690	0.000097	0.001121	0.056470
E.Globulus Labill Dalı (K)	0.044200	0.03725	0.000041	0.000100	0.050630
Fasulye Kabuğu	0.033050	0.02690	0.000097	0.000471	0.029750
Fıstık çamı kozalağı	0.052609	0.03865	0	0.000550	0.063080
Fındık Budağı	0.038425	0.02795	0	0.000243	0.037430
Fıstık kabuğu	0.042400	0.03015	0.000031	0.000293	0.044200
Fındık	0.038717	0.03285	0.000066	0.000557	0.040890
Fındık Kabuğu	0.039483	0.02790	0.000269	0.000071	0.039300
Feijoa Yaprakları	0.037733	0.03015	0.000062	0.000879	0.038102
Fındık küspesi	0.048917	0.03550	0	0.006214	0.058698
Fındık kupulası	0.059333	0.05150	0	0.000286	0.079427
Fındık Ağacı Yaprakları	0.037617	0.03395	0.000097	0.001464	0.040404
Grass (Hay) Mixed	0.041042	0.03160	0.000066	0.000993	0.043523
Humbaru meyvesi	0.047333	0.03550	0	0.000143	0.053865
Hurma salkımı	0.048833	0.03500	0	0.001929	0.056427
Halfa otu	0.063167	0.05900	0	0.000214	0.088885
Hurma ağacı yaprağı	0.045500	0.04500	0	0.000429	0.056813
Hindistan Cevizi	0.044942	0.02690	0.000031	0.000357	0.045895
Hindistan Cevizi Lifi	0.040033	0.02875	0	0.000143	0.040030
Hindistan Cevizi Kabuğu	0.042125	0.02870	0	0	0.042816
Hindistan Cevizi Torfu	0.039533	0.02530	0	0.000536	0.037574
Hurma çekirdek yağı	0.065417	0.05300	0.000125	0.001071	0.089229
İncir	0.037958	0.03175	0.000059	0.000750	0.039249
Japon kamelyası	0.041683	0.02885	0.000100	0.000236	0.042596
Jatropha bitkisi	0.054833	0.04450	0.000062	0.004000	0.071052
Karnibahar Yaprığı	0.026925	0.01625	0	0.002914	0.016188
Kayısı çekirdeği kabuğu	0.044250	0.03465	0.000016	0.000664	0.049406

Tablo 16'nın devamı

Biyokütle Türü	ν_{CO_2}	ν_{H_2O}	ν_{SO_2}	ν_{N_2}	ν_{O_2}
Keten Kıymık	0.038083	0.02885	0	0.000293	0.037471
Kiraz çekirdeği kabuğu	0.053167	0.03950	0	0.001357	0.064667
Kestane kupulası	0.051833	0.03200	0	0.000857	0.058396
Kolza tohumu	0.060917	0.06250	0	0.001500	0.088323
Kozalak	0.037450	0.03210	0	0.000943	0.038713
Kümes hayvan otu	0.038075	0.03055	0.000069	0.003507	0.039959
Kakao	0.043833	0.02835	0.000038	0.001086	0.045518
Kahve	0.043909	0.02995	0.000116	0.001264	0.046755
Kayısı	0.040133	0.03235	0.000059	0.000386	0.042418
Kestane Kabuk	0.035259	0.02585	0.000103	0.000300	0.032108
Kakao Çekirdek Kabuğu	0.036042	0.02945	0.000091	0.001886	0.035879
Kahve Kabuğu	0.037550	0.03210	0.000150	0.001807	0.039528
Kolza	0.037175	0.03260	0	0.003893	0.039906
Kenaf	0.042300	0.02965	0	0.000100	0.043634
Küspe	0.037592	0.02985	0	0.000293	0.037357
Kiraz Ağacı Dalı	0.038683	0.03105	0.000053	0.000371	0.039674
Kolza Samanı	0.038500	0.02895	0	0.004136	0.039781
Kahve Telvesi	0.042825	0.03715	0.000016	0.001593	0.049259
Kiraz Ağacı Yaprığı	0.037933	0.03125	0.000059	0.001064	0.039071
Kiraz Çekirdeği	0.040475	0.03105	0.000059	0.000307	0.042122
Kızarmış Patates	0.064625	0.01805	0	0.000529	0.067994
Kepek	0.065467	0.02515	0	0.003779	0.074567
Karaçalı	0.036242	0.02765	0.000103	0.001064	0.034807
Kıbrıs Meyvesi	0.023175	0.02850	0.000056	0.000250	0.016869
Kestane Ağacı Yaprığı	0.039850	0.03120	0.000084	0.001579	0.041953
Kivi Ağacı Dalı	0.038675	0.03050	0.000762	0.000757	0.040941
Kedi Gözü Tohumu	0.038867	0.03160	0.000031	0.001000	0.040467
Kayısı Çekirdeği	0.046342	0.03385	0.000031	0.000143	0.051635
Karnabahar Artığı	0.035267	0.02845	0.000162	0.002329	0.034589
Lahana Artığı	0.032609	0.03175	0.000150	0.001957	0.032602
Leucaena Leucocephala	0.037883	0.03500	0	0.001564	0.041211
Lastik otu	0.058250	0.04250	0.000062	0.002071	0.073781
Lastik otu küspesi	0.058333	0.04000	0	0.000571	0.071708
Limon Kabuğu	0.035792	0.03280	0.000131	0.000771	0.037014
Limon Ağacı Dalı	0.045617	0.02860	0.000103	0.000386	0.047935
Mısır Atıkları	0.041925	0.02850	0.000031	0.000436	0.042681
Manyok kök sapı	0.042917	0.02300	0	0.000500	0.040917

Tablo 16'nın devamı

Biyokütle Türü	ν_{CO_2}	ν_{H_2O}	ν_{SO_2}	ν_{N_2}	ν_{O_2}
Manyok sapı	0.044250	0.03650	0	0.000571	0.050375
Mısır koçanı	0.043908	0.03200	0	0.000186	0.047205
Mısır	0.039642	0.03055	0.000047	0.000493	0.040751
Meşe Palamudu	0.039508	0.02700	0.000012	0	0.038286
Mısır Taneciği	0.034133	0.03460	0.000072	0.000836	0.035655
Mikantus	0.039242	0.03145	0.000031	0.000071	0.040492
Meyve posası	0.040167	0.03030	0.000038	0.000336	0.041245
Mısır Sapı	0.037792	0.02955	0.000034	0.000729	0.037723
Muz	0.044708	0.03195	0.000034	0.001164	0.048774
Meyve Demeti	0.037333	0.03650	0.000147	0.000464	0.041111
Nohut samanı	0.040825	0.02010	0	0.004464	0.038144
Nar posası	0.040667	0.03480	0	0.001250	0.044789
Nar Kabuğu	0.035158	0.02555	0.000103	0.000493	0.031886
Nektari Çekirdeği	0.040475	0.03110	0.000072	0.000357	0.042197
Okalıptüs Meyvesi	0.039017	0.02905	0.000122	0.000814	0.039339
Pamuk Atığı	0.041967	0.03190	0.000062	0.001371	0.045123
Pirinç samanı	0.039767	0.03040	0.000025	0.000276	0.040701
Pirinç kabuğu	0.037483	0.03200	0.000016	0.000300	0.038452
Pamuk tohumu küspesi	0.043350	0.02945	0	0.000921	0.045325
Pamuk kalıntısı	0.043833	0.03370	0.000044	0.001236	0.048605
Palmiye çekirdek küspesi	0.065667	0.04050	0.000031	0.002929	0.083167
Palmiye yaprağı	0.046250	0.03850	0	0.002571	0.055125
Palmiye kaburga yaprağı	0.033083	0.03550	0	0.002929	0.035490
Pamuk çekirdeği	0.041050	0.02910	0.000044	0.000321	0.041791
Palamut içi	0.040883	0.02930	0.000284	0.000500	0.042233
P. bambusoides	0.039675	0.03280	0.000025	0.001171	0.042316
Phragmites (Common reed)	0.037575	0.03520	0.000009	0.001021	0.040681
Portakal posası	0.037625	0.03105	0.000291	0.001493	0.039184
Piper aduncum	0.038458	0.03340	0	0.001236	0.040958
Patates Kabuğu	0.031942	0.02535	0.000138	0.000807	0.027557
Pelemir	0.041867	0.00965	0.000231	0.004229	0.034057
Pamuk sapı	0.039258	0.02965	0.000094	0.000986	0.040027
Pamuk Çırçır Atığı	0.036200	0.03055	0	0.000071	0.035741
Pamuk Çiğidi	0.043333	0.02950	0	0.000929	0.045333
Pancar Topakları	0.032450	0.02615	0.000159	0.000850	0.028769
Palmiye Yağı	0.041250	0.03410	0.000116	0.000321	0.045022
Palmiye Çekirdeği Kabuğu	0.041925	0.03025	0	0.000329	0.043556

Tablo 16'nın devamı

Biyokütle Türü	ν_{CO_2}	ν_{H_2O}	ν_{SO_2}	ν_{N_2}	ν_{O_2}
Pteris Vittata Bitkisi	0.043475	0.02925	0.000134	0.001343	0.045838
Pişmiş Mısır	0.043550	0.03015	0.000022	0.000693	0.045938
Portakal Kabuğu	0.033783	0.02425	0	0.001114	0.029330
Patates	0.037067	0.03280	0.000203	0.001300	0.039142
Pirinç Çeltiği	0.029758	0.02300	0	0.000243	0.022711
P.Pinaster Aiton İğnesi (S)	0.046025	0.03020	0.000206	0.001471	0.050078
P.Pinaster Aiton İğnesi (K)	0.045933	0.03910	0.000047	0.001136	0.054493
P.Pinaster Aiton Dalı (S)	0.046183	0.03470	0.000069	0.000164	0.051980
P.Pinaster Aiton Dalı (Kış)	0.046075	0.03880	0.000016	0.000371	0.054122
Rambutan	0.043742	0.02575	0.000028	0.000871	0.043817
Su Mercimeği	0.040658	0.03365	0	0.002886	0.044846
Sazlık	0.038717	0.03095	0.000038	0.000350	0.039623
Soya Samanı	0.039750	0.03450	0.000031	0.000714	0.043188
Soya Taneciği	0.037008	0.03165	0.000075	0.000829	0.037952
Süpürge Darısı	0.033992	0.02190	0.000072	0.000521	0.028179
Sorghum	0.040975	0.03120	0	0.000421	0.042825
Siyah Kimyon Tohumu	0.054008	0.04775	0.000016	0.000686	0.070202
Süzülmüş portakal küspesi	0.040475	0.03155	0.000034	0.000807	0.042572
Süzülmüş nar küspesi	0.039908	0.02750	0.000031	0.000479	0.039365
Soya kabuğu	0.033908	0.03305	0	0	0.033965
Sinapis Alba bitkisi	0.034683	0.02710	0	0.000407	0.031861
Siyah kimyon tohumu küspesi	0.034500	0.03500	0	0.001429	0.036500
Susam sapı	0.051417	0.03950	0	0.000714	0.061979
Soya küspesi	0.046575	0.03285	0	0.006636	0.054172
Şeftali	0.043292	0.02875	0.000003	0.000571	0.044704
Şeker Kamışı Küspesi	0.040050	0.03175	0.000103	0.000236	0.041988
Şeftali Çekirdeği	0.032975	0.03215	0	0.000229	0.032275
Şeker pancarı	0.037583	0.03045	0.000019	0.000879	0.037977
Tatlı Patates Tortusu	0.041342	0.03810	0	0.000157	0.047095
Tütün Atıkları	0.039133	0.02960	0.000206	0.002536	0.040730
Tabakalaşmış sert ağaç	0.046333	0.03350	0	0	0.051302
Tatlı sorgum küspesi	0.049583	0.03150	0	0.000714	0.054958
Tahıl	0.039192	0.03030	0	0.001786	0.040464
Trabzon hurma yaprağı	0.042683	0.02350	0	0.000614	0.040927

Tablo 16'nın devamı

Biyokütle Türü	ν_{CO_2}	ν_{H_2O}	ν_{SO_2}	ν_{N_2}	ν_{O_2}
Tatlı Kiraz	0.038425	0.03345	0.000062	0.000729	0.040844
Tatlı Sorgum	0.037167	0.02945	0.000031	0.000279	0.036604
Terbinth Meyvesi	0.042650	0.03975	0.000141	0.003800	0.051697
Tütün	0.029392	0.04000	0	0.001650	0.032385
Tritikale	0.035117	0.02900	0.000238	0.000879	0.034207
Tütün sapı	0.036792	0.02945	0.000275	0.001914	0.037292
Tarımsal atık	0.036858	0.02225	0.000131	0.002136	0.033143
Üzüm	0.039108	0.03435	0.000062	0.000450	0.042168
Üzüm küspesi	0.059767	0.04345	0	0.001921	0.076210
Üzüm Çekirdeği	0.036792	0.02655	0.000181	0.001364	0.035232
Üzüm Çekirdeği Unu	0.045217	0.02900	0.000050	0.001336	0.047920
Vişne Çekirdeği	0.033308	0.02665	0	0.000121	0.029593
Vişne	0.038133	0.03415	0.000059	0.000657	0.040799
Vişne tohumu	0.043733	0.03790	0.000031	0.003243	0.051683
Vişne tohumu kabuğu	0.040717	0.03160	0.000034	0.002207	0.043545
Vişne Çekirdeği	0.045975	0.03565	0.000150	0.001957	0.053175
Yağlı Pirina	0.046717	0.03655	0.000056	0.001636	0.054373
Yağsız Pirina	0.036333	0.02855	0.000066	0.000543	0.035136
Yulaf samanı	0.046233	0.03135	0	0.000336	0.050102
Yer Fıstığı Kabuğu	0.042717	0.03030	0	0.000607	0.044795
Yulaf Kepeği	0.036675	0.03585	0.000091	0.001550	0.040203
Yulaf ve Fiğ	0.034742	0.02910	0.000091	0.000657	0.033357
Yabani Hardal	0.039192	0.02955	0.000156	0.001007	0.040014
Zeytin Küspesi	0.040583	0.03550	0	0.002071	0.045427
Zeytin Çekirdeği	0.042458	0.02950	0.000006	0.000164	0.043808
Zeytin Tortusu	0.044000	0.03250	0	0.001143	0.048031
Zararlı Ot	0.043133	0.00825	0	0.001557	0.033380
Zeytinyağı Atıkları	0.043692	0.03205	0.000044	0.001229	0.047479
Zeytin	0.038783	0.03225	0.000062	0.000550	0.040583
Zeytin Atıkları	0.045367	0.03410	0.000016	0.001000	0.050779
Zeytin Taşı	0.038792	0.03165	0.000034	0.001293	0.040526
Zeytin kabuğu	0.041667	0.03100	0	0.001143	0.043979
Zeytin posası yağı	0.043592	0.03050	0.000066	0.001700	0.046720
Zeytinyağı	0.046833	0.03150	0.000103	0.001079	0.051543
Zeytinyağı atık suyu	0.046725	0.03650	0.000056	0.001636	0.054356

Tablo 17. Bitkisel biyokütle kaynaklarının $SDAF$ (kJ/kgK), HHV (MJ/kg), LHV (MJ/kg) ve e^{CH} (MJ/kg) değerleri

Biyokütle Türü	$SDAF$	HHV	LHV	e^{CH}
A. mangium	1.556882	19.49753	18.09003	20.09216
Arpa samanı	1.552432	21.59759	20.20536	22.17865
Ayçiçeği	1.544801	19.51628	18.16988	20.16003
Akça ağaç meyvesi	1.687642	31.23409	29.53200	31.65972
Antep fıstığı tohumu	1.866212	39.34683	36.68458	39.24780
Aspir yağı	1.655809	31.44913	29.68157	31.78618
Aspir tohumu	1.866621	40.15015	37.50972	40.04751
Aspir tohumu küspesi	1.543165	28.45839	27.08362	28.98637
Ayçiçeği yağı	1.740703	31.94024	29.93264	32.20491
Ayçiçeği küspesi	1.777194	34.31950	32.18097	34.50725
Antep fıstığı	1.552708	19.55791	18.16569	20.15729
Ayçiçeği kabuğu	1.629152	22.71539	21.29261	23.47970
Ayçiçeği Tohumu Kabuğu	1.528165	17.82916	16.53950	18.50755
Ayçiçeği tarla atığı	1.640881	30.09604	28.38303	30.46183
Ayçiçeği atığı	1.530934	18.85763	17.70762	19.69909
Antep fıstığı kabuğu	1.522682	17.32548	16.05764	17.99791
Armut	1.528366	18.39756	17.10790	19.06999
At Kestanesi Kozalağı	1.589851	23.08258	21.52014	23.58688
Ananas Yaprağı Peleti	1.463875	15.03800	13.98838	15.84237
Asma	1.483816	14.37908	13.28363	15.18736
Amerikan Meşe Palamudu	1.534759	17.63283	16.32789	18.30920
Asma Dalları	1.588692	19.09122	17.57461	19.70502
At Kestanesi Ağacı Dalı	1.555102	17.65543	16.28720	18.34177
Arpa Taneciği	1.548635	16.50163	15.17487	17.22876
Aromatik Bitki Atıkları	1.550188	19.9467	18.62867	20.62958
Ayçiçeği Çekirdeği	1.536255	19.89523	18.57719	20.53774
Ayçiçeği Samanı	1.521217	19.10458	17.83892	19.77932
Buğday	1.550912	19.7302	18.34015	20.33637
Badem kabuğu	1.584102	21.04263	19.52603	21.65280
Bira yapımında harcanan tahıllar	1.732530	24.45312	22.29277	24.90949
Beyaz palmye meyvesi	1.640041	19.40782	17.61844	19.90788
Beyaz palmye çekirdeği	1.488516	23.99968	22.77766	24.61932
Bezelye Kabuğu	1.570714	16.45096	15.02382	17.26350
Bezelye Bitkisi Atıkları	1.455492	15.81962	14.78745	16.63634
Biber Bitkisi Atıkları	1.505735	13.46319	12.31100	14.37658
Badem	1.559704	20.40301	18.98241	20.99868

Tablo 17'nin devamı

Biyokütle Türü	SDAF	HHV	LHV	e^{CH}
Buğday Samanı	1.520233	20.51379	19.20449	21.12011
Badem Ağacı Yaprağı	1.518691	16.60096	15.40076	17.38429
Badem Ağacı Dalı	1.553612	19.32839	17.94053	19.94917
Buğday Tanesi	1.556994	20.36294	18.94016	20.95577
Bambu	0.731762	34.60313	34.36746	35.46297
Bezelye Tanesi	1.472530	13.80584	12.76712	14.65131
Buğday Tohumu	1.582927	18.69597	17.24046	19.33716
Buğday Samanı Peleti	1.275872	28.56334	27.66210	29.24806
Corn Stover	1.539940	19.24086	17.89446	19.85929
Cibire	1.563885	22.03804	20.62399	22.63448
Crambe Bitkisi	1.545182	16.65723	15.33920	17.35102
Ceviz dalı	1.417818	17.82267	16.83633	18.58780
Ceviz	1.564101	19.81586	18.39527	20.42767
Ceviz Kabuğu	1.518625	20.01497	18.72967	20.65264
Çekirdek	1.538727	20.32236	18.98250	20.94949
Çay Çalısı	1.526824	18.61796	17.31957	19.25977
Çam Çekirdeği Kabuğu	1.451886	17.76932	16.70005	18.54878
Çam tohumu kabuğu	1.533734	19.71933	18.37948	20.33511
Çeltik Sapı	1.583258	18.89702	17.44370	19.52723
Çam Kozalağı	1.498826	18.67309	17.45326	19.35734
Çam Kozalağı Yaprağı	1.490823	18.29481	17.10989	19.01338
Çavdar Samanı	1.583012	16.79330	15.29851	17.45195
Çam Peleti	1.484083	17.73152	16.57497	18.45783
Çam Kozalağı İçi	1.481250	15.44684	14.34266	16.27268
Çavdar Taneciği	1.579939	17.07535	15.60020	17.72565
Çam Rendesi	1.521484	19.64572	18.34079	20.26485
Çavdar Samanı	1.546115	19.90762	18.53503	20.51490
Çin Gümüş Otu	1.577981	20.75933	19.25800	21.30904
Çavdar Tohumu	1.572276	19.28875	17.86597	19.91969
Dövülmüş çimen	1.572464	23.82387	22.31817	24.32001
Defne ağacı özütü	1.674627	31.97727	30.20971	32.32419
Domates yaprağı	1.560941	19.39767	18.01635	20.10582
Domates dalı	1.533877	18.30393	16.99681	18.98452
Domates Artığı	1.650031	25.46094	23.75666	25.95780
Durian	1.505410	20.55354	19.31188	21.20945
Dallı Darı Bitkisi	1.528150	18.72960	17.42030	19.36537
Darı Kabuğu	1.598437	22.69877	21.09706	23.17247

Tablo 17'nin devamı

Biyokütle Türü	SDAF	HHV	LHV	e^{CH}
Euphorbia Rigida	1.500297	21.76296	20.51258	22.38498
Erik	1.563029	19.91278	18.49001	20.51720
Elma	1.557723	19.42096	18.02000	20.03930
Erik Çekirdeği	1.568031	20.05025	18.61002	20.64722
Elma Ağacı Yaprığı	1.550607	17.84514	16.50310	18.52983
Elma Ağacı Dalı	1.747471	25.53828	23.01787	25.75815
Evliya Otu	1.539090	16.35739	15.06991	17.11755
Enginar	1.484891	19.68628	18.51227	20.37522
E.G. Labill Yaprak (S)	1.583695	25.04352	23.48327	25.52766
E.G. Labill Dalı (Sonbahar)	1.576809	22.49707	20.97610	23.00757
E.Globulus Labill Yaprak (K)	1.607546	25.49791	23.88747	25.97237
E.Globulus Labill Dalı (K)	1.603872	23.24813	21.62242	23.71631
Fasulye Kabuğu	1.506709	14.62318	13.44917	15.40395
Fıstık çamı kozalağı	1.609229	28.20186	26.51504	28.56630
Fındık Budağı	1.505672	17.71950	16.49967	18.40070
Fıstık kabuğu	1.523475	20.46844	19.15259	21.08274
Fındık	1.567633	19.21561	17.78193	19.83094
Fındık Kabuğu	1.501186	18.43552	17.21787	19.17336
Feijoa Yaprakları	1.540612	18.02724	16.71139	18.70687
Fındık küspesi	1.657828	26.09003	24.54069	26.67516
Fındık kupulası	1.742986	35.11483	32.86719	35.18152
Fındık Ağacı Yaprakları	1.587960	19.03282	17.55112	19.66980
Grass (Hay) Mixed	1.553856	20.21153	18.83239	20.83746
Humbaru meyvesi	1.576521	24.47973	22.93039	24.94046
Hurma salkımı	1.593501	25.38681	23.85929	25.88307
Halfa otu	1.815940	39.11005	36.53509	39.00748
Hurma ağacı yaprağı	1.686311	25.95478	23.99083	26.27271
Hindistan Cevizi	1.467523	21.02341	19.84940	21.67694
Hindistan Cevizi Lifi	1.510343	18.78554	17.53079	19.43518
Hindistan Cevizi Kabuğu	1.500814	19.89083	18.63827	20.51926
Hindistan Cevizi Torfu	1.467934	17.67823	16.57405	18.40525
Hurma çekirdek yağı	1.768344	38.98128	36.66818	39.01232
İncir	1.557827	18.54163	17.15595	19.18673
Japon kamelyası	1.507782	19.78385	18.52473	20.44481
Jatropha bitkisi	1.736853	31.37689	29.43476	31.70751
Karnibahar Yaprığı	1.370021	8.806064	8.096858	9.880421
Kayısı çekirdeği kabuğu	1.580919	22.66225	21.15000	23.18273

Tablo 17'nin devamı

Biyokütle Türü	SDAF	HHV	LHV	e^{CH}
Keten Kıymık	1.518629	17.77086	16.51175	18.44012
Kiraz çekirdeği kabuğu	1.633041	28.82270	27.09878	29.18427
Kestane kupulası	1.523965	26.11434	24.71775	26.61499
Kolza tohumu	1.875547	38.94443	36.21672	38.83118
Kozalak	1.563549	18.34042	16.93947	18.97364
Kümes hayvan otu	1.565348	18.64432	17.31102	19.37986
Kakao	1.503616	20.88742	19.65013	21.54202
Kahve	1.528750	21.41134	20.10422	22.06003
Kayısı	1.558049	19.83142	18.41956	20.43642
Kestane Kabuk	1.488149	15.53604	14.40785	16.31235
Kakao Çekirdek Kabuğu	1.541261	17.07208	15.78678	17.81274
Kahve Kabuğu	1.570950	18.59944	17.19848	19.29168
Kolza	1.589704	18.68394	17.26117	19.38431
Kenaf	1.514519	20.24174	18.94772	20.85350
Küspe	1.532034	17.76023	16.45747	18.41610
Kiraz Ağacı Dalı	1.545172	18.70499	17.34986	19.34483
Kolza Samanı	1.550102	18.49780	17.23432	19.25560
Kahve Telvesi	1.623021	22.64411	21.02276	23.15556
Kiraz Ağacı Yaprığı	1.554812	18.43873	17.07488	19.10060
Kiraz Çekirdeği	1.540728	19.67399	18.31886	20.29720
Kızarmış Patates	1.168302	29.44365	28.65589	30.10945
Kepek	1.391964	32.12246	31.02483	32.70210
Karaçalı	1.514011	16.62588	15.41914	17.37955
Kıbrıs Meyvesi	1.512978	9.61732	8.373484	10.45443
Kestane Ağacı Yaprığı	1.556828	19.54655	18.18488	20.20985
Kivi Ağacı Dalı	1.545299	19.07001	17.73888	19.91237
Kedi Gözü Tohumu	1.557152	19.00895	17.62982	19.64681
Kayısı Çekirdeği	1.558249	23.53868	22.06135	24.04642
Karnabahar Artığı	1.532408	16.49656	15.25490	17.29240
Lahana Artığı	1.563160	15.84493	14.45926	16.59739
Leucaena Leucocephala	1.599262	19.39593	17.86841	19.98939
Lastik otu	1.673400	32.48105	30.62620	32.77277
Lastik otu küspesi	1.609852	31.65924	29.91350	31.94765
Limon Kabuğu	1.570799	17.68383	16.25232	18.35077
Limon Ağacı Dalı	1.491256	21.87614	20.62794	22.51111
Mısır Atıkları	1.504191	19.80522	18.56138	20.45738
Manyok kök sapı	1.416039	18.92138	17.91758	19.66165

Tablo 17'nin devamı

Biyokütle Türü	SDAF	HHV	LHV	e^{CH}
Manyok sapı	1.601514	23.11480	21.52182	23.59612
Mısır koçanı	1.541835	21.72806	20.33147	22.28442
Mısır	1.538339	19.10812	17.77482	19.74926
Meşe Palamudu	1.486887	18.04236	16.86399	18.72857
Mısır Tanecığı	1.586951	17.21397	15.70391	17.85298
Mikantus	1.545755	19.05934	17.68675	19.67396
Meyve posası	1.532291	19.30357	17.98118	19.93817
Mısır Sapı	1.531898	17.86822	16.57855	18.54709
Muz	1.552153	22.29305	20.89864	22.87447
Meyve Demeti	1.604901	19.44164	17.84865	20.02584
Nohut samanı	1.419056	17.53228	16.65505	18.44075
Nar posası	1.594273	20.81716	19.29837	21.37892
Nar Kabuğu	1.485710	15.42868	14.31359	16.21617
Nektari Çekirdeği	1.541951	19.70115	18.34384	20.32787
Okaliptüs Meyvesi	1.524306	18.47291	17.20507	19.17402
Pamuk Atığı	1.560098	20.83546	19.44324	21.45546
Pirinç samanı	1.533883	19.09679	17.77002	19.72868
Pirinç kabuğu	1.557108	18.26361	16.86702	18.88658
Pamuk tohumu küspesi	1.518629	20.86217	19.57687	21.48728
Pamuk kalıntısı	1.577548	22.28146	20.81068	22.84343
Palmiye çekirdek küspesi	1.640154	36.08119	34.31363	36.35247
Palmiye yaprağı	1.649118	24.96072	23.28045	25.43350
Palmiye kaburga yaprağı	1.600684	17.08635	15.53701	17.75617
Pamuk çekirdeği	1.514003	19.47793	18.20790	20.12751
Palamut içi	1.520245	19.61777	18.33902	20.33162
P. bambusoides	1.571789	19.77260	18.34110	20.3839
Phragmites (Common reed)	1.596653	19.21878	17.68253	19.80101
Portakal posası	1.557221	18.42391	17.06878	19.16257
Piper aduncum	1.579776	19.25739	17.79970	19.86504
Patates Kabuğu	1.491180	13.69204	12.58568	14.53016
Pelemir	1.203708	15.54090	15.11974	16.70407
Pamuk sapı	1.532930	18.76078	17.46675	19.44567
Pamuk Çırçır Atığı	1.540849	17.15662	15.82331	17.80774
Pamuk Çiğidi	1.519468	20.86682	19.57934	21.49133
Pancar Topakları	1.500301	14.19271	13.05143	15.01845
Palmiye Yağı	1.576020	20.91512	19.42688	21.49149
Palmiye Çekirdeği Kabuğu	1.526555	20.22018	18.89996	20.82972

Tablo 17'nin devamı

Biyokütle Türü	SDAF	HHV	LHV	e^{CH}
Pteris Vittata Bitkisi	1.521280	21.01855	19.74198	21.69076
Pişmiş Mısır	1.524887	21.13623	19.82038	21.74699
Portakal Kabuğu	1.474643	14.35834	13.29999	15.17130
Patates	1.574938	18.48839	17.05689	19.17435
Pirinç Çeltiği	1.465066	11.74462	10.74082	12.59503
P.Pinaster Aiton İğnesi (S)	1.529065	22.70952	21.39148	23.36256
P.Pinaster Aiton İğnesi (K)	1.636853	24.79568	23.08922	25.23998
P.Pinaster Aiton Dalı (S)	1.570140	23.69772	22.18329	24.20167
P.Pinaster Aiton Dalı (Kış)	1.622212	24.68083	22.98746	25.10356
Rambutan	1.461845	20.13856	19.01474	20.83524
Su Mercimeği	1.597424	20.72005	19.25145	21.34154
Sazlık	1.543648	18.68461	17.33384	19.32137
Soya Samanı	1.586202	20.19667	18.69097	20.76789
Soya Taneciği	1.558307	18.02005	16.63874	18.68205
Süpürge Darısı	1.438805	13.84268	12.88689	14.70046
Sorghum	1.542414	19.95933	18.59766	20.56258
Siyah Kimyon Tohumu	1.716228	31.32172	29.23775	31.51796
Süzülmüş portakal küspesi	1.552168	19.84766	18.47071	20.46732
Süzülmüş nar küspesi	1.497509	18.45913	17.25893	19.14884
Soya kabuğu	1.567730	16.54426	15.10185	17.17237
Sinapis Alba bitkisi	1.505481	15.49020	14.30746	16.22533
Siyah kimyon tohumu küspesi	1.594045	17.54200	16.01448	18.16679
Susam sapı	1.625928	27.79298	26.06906	28.15666
Soya küspesi	1.627247	24.19130	22.75761	24.85793
Şeftali Çekirdeği	1.531760	21.66916	20.30966	22.25805
Şeftali	1.504518	20.60983	19.35508	21.24104
Şeker Kamışı Küspesi	1.549661	19.64237	18.25669	20.26658
Şeftali Çekirdeği	1.560305	15.83501	14.43188	16.49364
Şeker kamışı	1.394248	12.22397	9.627186	12.72233
Şeker kamışı samanı	1.583305	25.02326	23.47392	25.49726
Şeker pancarı	1.544182	17.99415	16.66520	18.65855
Tatlı Patates Tortusu	1.616479	21.89451	20.23169	22.36614
Tütün Atıkları	1.546778	18.94510	17.65326	19.69881
Tabakalaşmış sert ağaç	1.551389	23.40639	21.94434	23.90926
Tatlı sorgum küspesi	1.523069	24.74676	23.37199	25.27343
Tahıl	1.548110	18.92893	17.60653	19.59789
Trabzon hurma yaprağı	1.427017	18.93698	17.91136	19.67232

Tablo 17'nin devamı

Biyokütle Türü	SDAF	HHV	LHV	e^{CH}
Tatlı Kiraz	1.576068	19.23019	17.77032	19.84112
Tatlı Sorgum	1.528113	17.44554	16.16024	18.12026
Terbinth Meyvesi	1.674814	23.56998	21.83515	24.12252
Tütün	1.609110	16.07725	14.33151	16.68151
Tritikale	1.531134	16.42578	15.16012	17.19614
Tütün sapı	1.541944	17.60316	16.31787	18.38482
Tarımsal atık	1.445290	15.72730	14.75623	16.60836
Üzüm	1.582579	19.79751	18.29836	20.37931
Üzüm küspesi	1.679049	33.48880	31.59249	33.72985
Üzüm Çekirdeği	1.501314	16.73062	15.57188	17.52665
Üzüm Çekirdeği Unu	1.511760	21.84426	20.57860	22.48336
Vişne Çekirdeği	1.501397	14.59290	13.42980	15.34170
Vişne	1.583020	19.24039	17.74997	19.83937
Vişne tohumu	1.650305	23.54376	21.88967	24.07597
Vişne tohumu kabuğu	1.566680	20.16477	18.78564	20.81477
Vişne Çekirdeği	1.608063	24.10276	22.54687	24.65358
Yağlı Pirina	1.613227	24.63529	23.04012	25.13129
Yağsız Pirina	1.521086	16.81743	15.57141	17.53145
Yulaf samanı	1.527516	22.84246	21.47424	23.39318
Yer Fıstığı Kabuğu	1.528273	20.69731	19.37491	21.30525
Yulaf Kepeği	1.606601	19.01506	17.45044	19.62923
Yulaf ve Fiğ	1.530734	16.12459	14.85456	16.85326
Yabani Hardal	1.532271	18.74238	17.45271	19.44636
Zeytin Küspesi	1.610286	21.05289	19.50355	21.62285
Zeytin Çekirdeği	1.512762	20.30129	19.01381	20.91749
Zeytin Tortusu	1.560647	22.02433	20.60592	22.59293
Zararlı Ot	1.121341	15.38870	15.02864	16.45080
Zeytinyağı Atıkları	1.556782	21.78069	20.38192	22.37362
Zeytin	1.560703	19.09509	17.68759	19.71940
Zeytin Atıkları	1.576258	23.16911	21.68087	23.69680
Zeytin Taşı	1.560489	19.01929	17.63797	19.66489
Zeytin kabuğu	1.546422	20.37282	19.01987	20.99032
Zeytin posası yağı	1.542314	21.40162	20.07049	22.04039
Zeytinyağı	1.538968	23.36583	21.99106	23.95192
Zeytinyağı atık suyu	1.612604	24.62699	23.03401	25.12381

Tablo 18. Bitkisel biyokütle kaynaklarının β değerleri

Biyokütle Türü	β_1	β_2	β_3	β_4
A. mangium	1.045655422	1.150691053	1.172730328	1.230261222
Arpa samanı	1.045442217	1.122942966	1.137106893	1.207977939
Ayçiçeği	1.045536177	1.144663605	1.165875511	1.218487903
Akça ağaç meyvesi	1.045315813	1.065006881	1.064596925	1.193384209
Antep fıstığı tohumu	1.046093316	1.058006818	1.052266444	1.256464750
Aspir yağı	1.045374672	1.068975983	1.066419651	1.197728723
Aspir tohumu	1.046005078	1.055287370	1.04920026	1.248416589
Aspir tohumu küspesi	1.044995075	1.072102537	1.071152239	1.165300451
Ayçiçeği yağı	1.045699699	1.070192481	1.068618647	1.226404629
Ayçiçeği küspesi	1.045726000	1.063898000	1.061158286	1.227497756
Antep fıstığı	1.045617787	1.148635204	1.170056484	1.226457529
Ayçiçeği kabuğu	1.045481801	1.099900474	1.119375767	1.212883056
Ayçiçeği Tohumu Kabuğu	1.045572998	1.167804949	1.197394611	1.223365561
Ayçiçeği tarla atığı	1.045376917	1.073099278	1.071271414	1.198374286
Ayçiçeği atığı	1.045248967	1.126852580	1.153859433	1.192609404
Antep fıstığı kabuğu	1.045570350	1.175165797	1.208181481	1.223536155
Armut	1.045519536	1.157589187	1.183435708	1.217584922
At Kestanesi Kozalağı	1.045632309	1.118180942	1.129296617	1.225133615
Ananas Yaprağı Peleti	1.045309726	1.200463529	1.248377724	1.198494257
Asma	1.045487995	1.224830430	1.287634384	1.217697991
Amerikan Meşe Palamudu	1.045628066	1.172216313	1.204179535	1.229204264
Asma Dalları	1.045955667	1.164900275	1.192682369	1.261093287
At Kestanesi Ağacı Dalı	1.045780782	1.176808058	1.211422903	1.244909344
Arpa Tanecigi	1.045824405	1.195415893	1.241550468	1.250970409
Aromatik Bitki Atıkları	1.045455927	1.133599817	1.154125778	1.210721405
Ayçiçeği Çekirdeği	1.045444836	1.137565915	1.156717036	1.209270534
Ayçiçeği Samanı	1.045408526	1.144660027	1.166289690	1.206141891
Buğday	1.045598260	1.146264435	1.166642396	1.224340863
Badem kabuğu	1.045746950	1.137247785	1.153938949	1.237892623
Bira yapımında harcanan tahıllar	1.046806933	1.129051661	1.145566854	1.338761027
Beyaz palmiye meyvesi	1.046582270	1.184709848	1.220531789	1.325832615
Beyaz palmiye çekirdeği	1.044996471	1.095010304	1.104202599	1.165555977
Bezelye Kabuğu	1.046124584	1.212085439	1.265430563	1.282541451
Bezelye Bitkisi Atıkları	1.045206922	1.179737646	1.217600466	1.187668744
Biber Bitkisi Atıkları	1.045796280	1.259142554	1.354651030	1.252575773
Badem	1.045600426	1.139026732	1.157103137	1.224064022
Buğday Samanı	1.045366197	1.131854035	1.147491785	1.200981052

Tablo 18'in devamı

Biyokütle Türü	β_1	β_2	β_3	β_4
Badem Ağacı Yaprağı	1.045521965	1.176416972	1.215566393	1.219790382
Badem Ağacı Dalı	1.045635671	1.151247466	1.173912322	1.228454653
Buğday Tanesi	1.045606217	1.140435997	1.158326489	1.224583335
Bambu	1.043679323	1.044640414	1.036733887	1.056090658
Bezelye Tanesi	1.045420426	1.227859157	1.298136271	1.211596845
Buğday Tohumu	1.045869370	1.162930549	1.193139070	1.253011102
Buğday Samanı Peleti	1.044391004	1.066361723	1.062681180	1.112256106
Corn Stover	1.045552364	1.149919087	1.171975925	1.220176263
Cibre	1.045455066	1.118587221	1.132279056	1.209070072
Crambe Bitkisi	1.045773580	1.191194820	1.234702096	1.245464703
Ceviz dalı	1.044957769	1.144436647	1.166033662	1.162182352
Ceviz	1.045660038	1.146042162	1.167129809	1.230522334
Ceviz Kabuğu	1.045365186	1.135484437	1.152944338	1.201232290
Çekirdek	1.045449401	1.134358523	1.151816407	1.209369665
Çay Çalısı	1.045509879	1.155752396	1.180132305	1.216375103
Çam Çekirdeği Kabuğu	1.045126174	1.151209144	1.174652247	1.178615870
Çam tohumu kabuğu	1.045494402	1.143468346	1.162715923	1.214004562
Çeltik Sapı	1.045839682	1.159093245	1.187922086	1.249791286
Çam Kozalağı	1.045346302	1.149663154	1.171493496	1.199945344
Çam Kozalağı Yaprağı	1.045311899	1.152143236	1.175391586	1.196774733
Çavdar Samanı	1.046210002	1.212110977	1.264814636	1.291225557
Çam Peleti	1.045299488	1.158496508	1.184519760	1.195845918
Çam Kozalağı İçi	1.045405590	1.197611390	1.243196910	1.208077100
Çavdar Taneciği	1.046114546	1.201639734	1.248694140	1.280606857
Çam Rendesı	1.045428641	1.142422452	1.161249379	1.207534499
Çavdar Samanı	1.045546052	1.142476192	1.161805689	1.219056986
Çin Gümüş Otu	1.045726129	1.140408905	1.158034447	1.236143691
Çavdar Tohumu	1.045725590	1.151777782	1.176693513	1.237749131
Dövülmüş çimen	1.045466129	1.108921410	1.118399590	1.208891875
Defne ağacı özütü	1.045350431	1.065846983	1.063745115	1.195704086
Domates yaprağı	1.045640515	1.147277937	1.170258258	1.229025364
Domates dalı	1.045568658	1.160598488	1.187482015	1.222579232
Domates Artığı	1.045711952	1.100268586	1.110084639	1.231331352
Durian	1.045245197	1.126115493	1.141507850	1.189473871
Dallı Darı Bitkisi	1.045521186	1.155336381	1.179118724	1.217374603
Darı Kabuğu	1.045735747	1.124439017	1.136667139	1.235411319
Euphorbia Rigida	1.045172916	1.115016520	1.127174425	1.182131527

Tablo 18'in devamı

Biyokütle Türü	β_1	β_2	β_3	β_4
Erik	1.045653022	1.145236916	1.165728426	1.229708671
Elma	1.045655363	1.150692354	1.173217305	1.230359160
Erik Çekirdeği	1.045676275	1.144454386	1.164686761	1.231915536
Elma Ağacı Yaprığı	1.045699888	1.169434236	1.201824255	1.236525685
Elma Ağacı Dalı	1.047471561	1.143345628	1.158793988	1.404777402
Evliya Otu	1.045750720	1.194047963	1.239731736	1.243433997
Enginar	1.045182904	1.132043484	1.149420517	1.183767952
E.G. Labill Yaprak (S)	1.045471644	1.101595819	1.109322477	1.208725036
E.G. Labill Dalı (Sonbahar)	1.045600910	1.122328946	1.134289273	1.222485710
E.Globulus Labill Yaprak (K)	1.045528384	1.098887813	1.106995418	1.213937037
E.Globulus Labill Dalı (K)	1.045733314	1.120102170	1.131145270	1.234718558
Fasulye Kabuğu	1.045656884	1.229824503	1.295183955	1.235361522
Fıstık çamı kozalağı	1.045446887	1.082270062	1.080484809	1.205000053
Fındık Budağı	1.045427586	1.163797560	1.191918990	1.208739832
Fıstık kabuğu	1.045384375	1.132595898	1.148517746	1.202781191
Fındık	1.045748450	1.156103911	1.180688749	1.239917753
Fındık Kabuğu	1.045372562	1.152691748	1.175705314	1.202665893
Feijoa Yaprakları	1.045617425	1.164770272	1.194448064	1.227881223
Fındık küspesi	1.045423169	1.081028790	1.085365928	1.205228818
Fındık kupulası	1.045800140	1.066753230	1.061595506	1.233236047
Fındık Ağacı Yaprakları	1.045891693	1.160101846	1.188390544	1.254822567
Grass (Hay) Mixed	1.045540365	1.137505393	1.156307742	1.218425236
Humbaru meyvesi	1.045487500	1.106285722	1.114412071	1.210448261
Hurma salkımı	1.045399317	1.095558537	1.104411744	1.202222879
Halfa otu	1.045975198	1.059237599	1.052516491	1.246359887
Hurma ağacı yaprağı	1.046120879	1.110100752	1.118623806	1.269647936
Hindistan Cevizi	1.045086167	1.119536098	1.132073838	1.173886973
Hindistan Cevizi Lifi	1.045403102	1.150428639	1.172600223	1.205560663
Hindistan Cevizi Kabuğu	1.045305460	1.136393369	1.153181741	1.195288664
Hindistan Cevizi Torfu	1.045195911	1.154409812	1.179782638	1.185697533
Hurma çekirdek yağı	1.045647006	1.055254522	1.048580892	1.218279941
İncir	1.045716575	1.162443546	1.190401418	1.237416429
Japon kamelyası	1.045334126	1.137325730	1.154882952	1.198208470
Jatropha bitkisi	1.045650608	1.070030547	1.069255015	1.222445902
Karnıbahar Yaprığı	1.045099350	1.439169725	1.724079660	1.181218764
Kayısı çekirdeği kabuğu	1.045575085	1.119134403	1.131251975	1.220012288
Keten Kıymık	1.045507505	1.166127468	1.195202318	1.216792776

Tablo 18'in devamı

Biyokütle Türü	β_1	β_2	β_3	β_4
Kiraz çekirdeği kabuğu	1.045468809	1.079397806	1.077879467	1.206903074
Kestane kupulası	1.045136013	1.084899357	1.084040836	1.177501096
Kolza tohumu	1.046218878	1.060181532	1.054723393	1.267616092
Kozalak	1.045771429	1.166637936	1.196877837	1.243273069
Kümes hayvan otu	1.045626264	1.148500596	1.177638333	1.228953747
Kakao	1.045213935	1.122192833	1.136678865	1.186391525
Kahve	1.045307573	1.119916652	1.133884869	1.195190777
Kayısı	1.045636067	1.146118153	1.166543037	1.228039671
Kestane Kabuk	1.045442874	1.198035367	1.244008000	1.211926425
Kakao Çekirdek Kabuğu	1.045665341	1.176159583	1.214221514	1.233988508
Kahve Kabuğu	1.045765379	1.159431412	1.188710060	1.242542231
Kolza	1.045823874	1.153637329	1.185665699	1.248899782
Kenaf	1.045357506	1.134461677	1.150673698	1.200226363
Küspe	1.045604256	1.170190282	1.200859701	1.226629022
Kiraz Ağacı Dalı	1.045627079	1.158455905	1.183927489	1.228109229
Kolza Samanı	1.045492662	1.143901450	1.172875746	1.215976212
Kahve Telvesi	1.045798832	1.122445057	1.136932834	1.241875772
Kiraz Ağacı Yaprağı	1.045683106	1.161360072	1.189763201	1.234204674
Kiraz Çekirdeği	1.045532922	1.144632564	1.164566997	1.217890111
Kızarmış Patates	1.044240155	1.063510741	1.058390239	1.099203471
Kepek	1.044518037	1.056319476	1.052442859	1.124642767
Karaçalı	1.045521775	1.179935499	1.218016038	1.219421901
Kıbrıs Meyvesi	1.046758900			1.373955221
Kestane Ağacı Yaprağı	1.045574780	1.143296017	1.165568356	1.222495638
Kivi Ağacı Dalı	1.045589851	1.149235080	1.171937696	1.223994690
Kedi Gözü Tohumu	1.045654545	1.153816677	1.178806204	1.230775786
Kayısı Çekirdeği	1.045435677	1.110954400	1.120232094	1.206036713
Karnabahar Artığı	1.045637784	1.181815874	1.224423721	1.231872270
Lahana Artığı	1.046080245	1.218697373	1.280463783	1.279170381
Leucaena Leucocephala	1.045948306	1.157751000	1.185078641	1.260190912
Lastik otu	1.045433476	1.067238484	1.063959371	1.202445832
Lastik otu küspesi	1.045317143	1.070228000	1.066150286	1.192167000
Limon Kabuğu	1.045928498	1.182686167	1.219835278	1.260159486
Limon Ağacı Dalı	1.045161454	1.114934321	1.126102527	1.180801827
Mısır Atıkları	1.045301431	1.135755628	1.153257174	1.195082269
Manyok kök sapı	1.044920194	1.132090790	1.149281939	1.158447875
Manyok sapı	1.045685876	1.118847849	1.130515645	1.230347620

Tablo 18'in devamı

Biyokütle Türü	β_1	β_2	β_3	β_4
Mısır koçanı	1.045431296	1.123774345	1.136586878	1.206606999
Mısır	1.045542232	1.150419563	1.173050896	1.219298308
Meşe Palamudu	1.045311010	1.156072820	1.180509016	1.196767569
Mısır Taneciği	1.046186230	1.202754346	1.250068372	1.287969182
Mikantus	1.045623827	1.155249419	1.178614330	1.227397012
Meyve posası	1.045499046	1.147364831	1.168512001	1.214807596
Mısır Sapı	1.045572084	1.165720039	1.195575819	1.223384878
Muz	1.045393774	1.116050431	1.128548306	1.202983325
Meyve Demeti	1.046090848	1.165758062	1.193292050	1.274476743
Nohut samanı	1.044804715	1.130891321	1.156473350	1.149401727
Nar posası	1.045767705	1.138046145	1.157097348	1.240451414
Nar Kabuğu	1.045425788	1.198277059	1.245102516	1.210312603
Nektari Çekirdeği	1.045536195	1.144268063	1.164170312	1.218206265
Okalptüs Meyvesi	1.045473067	1.153904531	1.178976686	1.212943868
Pamuk Atığı	1.045514337	1.130046198	1.147088096	1.215541099
Pirinç samanı	1.045525817	1.150737134	1.173025568	1.217610256
Pirinç kabuğu	1.045762339	1.169645018	1.199555426	1.242269033
Pamuk tohumu küspesi	1.045300288	1.125270326	1.140237031	1.194645829
Pamuk kalıntısı	1.045537376	1.119485329	1.132857601	1.216772272
Palmiye çekirdek küspesi	1.045134391	1.054606472	1.049501904	1.176035274
Palmiye yaprağı	1.045705946	1.102592950	1.113665566	1.231277376
Palmiye kaburga yaprağı	1.046343577	1.202783564	1.256944547	1.305201966
Pamuk çekirdeği	1.045378563	1.141633557	1.160848786	1.202773197
Palamut içi	1.045399185	1.139637980	1.158467400	1.204736996
P. bambusoides	1.045690800	1.146151068	1.168301366	1.233754473
Phragmites (Common reed)	1.045982502	1.163034604	1.191178113	1.263806319
Portakal posası	1.045686910	1.159353616	1.188000429	1.234658743
Piper aduncum	1.045801452	1.155391970	1.181245569	1.245400400
Patates Kabuğu	1.045603131	1.249339337	1.330062425	1.230805796
Pelemir	1.044110808	1.128066931	1.153384229	1.083001802
Pamuk sapı	1.045501422	1.151137989	1.175380268	1.215625696
Pamuk Çırçır Atığı	1.045736395	1.185796799	1.223137090	1.240745742
Pamuk Çiğidi	1.045304038	1.125316807	1.140305242	1.195007523
Pancar Topakları	1.045635516	1.237110770	1.309112951	1.233703577
Palmiye Yağı	1.045690667	1.137218563	1.154102582	1.232503090
Palmiye Çekirdeği Kabuğu	1.045412045	1.135660857	1.152648394	1.205640650
Pteris Vittata Bitkisi	1.045282921	1.122071057	1.136900907	1.193028852

Tablo 18'in devamı

Biyokütle Türü	β_1	β_2	β_3	β_4
Pişmiş Mısır	1.045334615	1.124512806	1.138723554	1.197745434
Portakal Kabuğu	1.045402195	1.216537923	1.276924064	1.208964050
Patates	1.045844964	1.165454720	1.195916161	1.250635794
Pirinç Çeltiği	1.045548166	1.327067507	1.468644922	1.226907421
P.Pinaster Aiton İğnesi (S)	1.045238838	1.108320451	1.119553460	1.188189622
P.Pinaster Aiton İğnesi (K)	1.045755769	1.107739462	1.117486151	1.235843130
P.Pinaster Aiton Dalı (S)	1.045491086	1.111033341	1.120280093	1.211205222
P.Pinaster Aiton Dalı (Kış)	1.045731579	1.109794157	1.118734151	1.233502341
Rambutan	1.045060011	1.124577918	1.139694075	1.171806902
Su Mercimeği	1.045693216	1.131995704	1.152647893	1.233555094
Sazlık	1.045618403	1.158509069	1.183974029	1.227250082
Soya Samanı	1.045800000	1.146683665	1.167681217	1.244155527
Soya Taneciği	1.045766314	1.170913941	1.202895454	1.243051239
Süpürge Darısı	1.045207330	1.218893565	1.279569955	1.188669653
Sorghum	1.045517816	1.141130715	1.160042995	1.216235425
Siyah Kimyon Tohumu	1.045842925	1.077024950	1.074241984	1.239291937
Süzülmüş portakal küspesi	1.045565658	1.142480373	1.162658649	1.221151021
Süzülmüş nar küspesi	1.045326060	1.150203766	1.173294723	1.198210060
Soya kabuğu	1.046082920	1.215042052	1.267069170	1.277990285
Sinapis Alba bitkisi	1.045570591	1.205772658	1.256084422	1.225322321
Siyah kimyon tohumu küspesi	1.046188406	1.194434221	1.239026912	1.287745059
Susam sapı	1.045535818	1.088607116	1.094317259	1.213348885
Soya küspesi	1.045369082	1.091549969	1.107217214	1.201350356
Şeftali Çekirdeği	1.045371825	1.122188032	1.134865127	1.200932452
Şeftali	1.045259865	1.127134186	1.142082386	1.190738612
Şeker Kamışı Küspesi	1.045600811	1.147264590	1.167874640	1.224633196
Şeftali Çekirdeği	1.046083700	1.229690478	1.291707611	1.279284797
Şeker kamışı	1.055252174	0.990308592	0.669249447	2.572243263
Şeker kamışı samanı	1.045453114	1.101058334	1.109050023	1.207075447
Şeker pancarı	1.045647029	1.166517312	1.196918891	1.230929505
Tatlı Patates Tortusu	1.045942209	1.136477997	1.152181150	1.256473032
Tütün Atıkları	1.045504429	1.143907753	1.168920068	1.216246860
Tabakalaşmış sert ağaç	1.045416007	1.111783031	1.121046253	1.204205967
Tatlı sorgum küspesi	1.045183529	1.097182559	1.104736845	1.182154658
Tahıl	1.045548777	1.148612525	1.173623820	1.220482406
Trabzon hurma yaprağı	1.044959000	1.132851648	1.150463831	1.162229658

Tablo 18'in devamı

Biyokütle Türü	β_1	β_2	β_3	β_4
Tatlı Kiraz	1.045806897	1.157423446	1.182842075	1.245850865
Tatlı Sorgum	1.045599798	1.174386079	1.207058896	1.226448172
Terbinth Meyvesi	1.045969812	1.113596906	1.129549383	1.257832571
Tütün	1.047106464	1.286620858	1.389696931	1.391758215
Tritikale	1.045688420	1.191383973	1.234477850	1.236738759
Tütün sapı	1.045621200	1.166006949	1.199162961	1.228916593
Tarımsal atık	1.045099706	1.170570731	1.208338525	1.177545562
Üzüm	1.045827573	1.152608612	1.175253761	1.247275127
Üzüm küspesi	1.045426534	1.064871835	1.060957711	1.201471232
Üzüm Çekirdeği	1.045412322	1.172093990	1.207382742	1.208260518
Üzüm Çekirdeği Unu	1.045199595	1.114018079	1.126583161	1.184768756
Vişne Çekirdeği	1.045620265	1.230473151	1.295067086	1.231399356
Vişne	1.045873186	1.159931231	1.186059091	1.252551015
Vişne tohumu	1.045796532	1.111694178	1.126234082	1.241144410
Vişne tohumu kabuğu	1.045556652	1.134989519	1.155530042	1.220409877
Vişne Çekirdeği	1.045554867	1.105540653	1.116474409	1.217426419
Yağlı Pirina	1.045573296	1.103711226	1.113631174	1.218783097
Yağsız Pirina	1.045582317	1.181925148	1.219254488	1.225306038
Yulaf samanı	1.045296918	1.111960787	1.122039943	1.193277734
Yer Fıstığı Kabuğu	1.045379711	1.129701791	1.145314797	1.202308284
Yulaf Kepeği	1.046090389	1.167328790	1.198599530	1.275202156
Yulaf ve Fiğ	1.045719669	1.199984704	1.247093395	1.240305523
Yabani Hardal	1.045498065	1.150955818	1.175188233	1.215298602
Zeytin Küspesi	1.045818070	1.134897619	1.154532628	1.245372434
Zeytin Çekirdeği	1.045341217	1.133241685	1.149208639	1.198627924
Zeytin Tortusu	1.045457386	1.119757071	1.133169453	1.209224145
Zararlı Ot	1.044006859	1.133232800	1.155098755	1.071247575
Zeytinyağı Atıkları	1.045443906	1.120910947	1.134859937	1.208085450
Zeytin	1.045703588	1.155954829	1.180585707	1.235509120
Zeytin Atıkları	1.045491881	1.112757674	1.123903062	1.211812083
Zeytin Taşı	1.045662127	1.152974447	1.178320164	1.231604182
Zeytin kabuğu	1.045471600	1.133741895	1.151666883	1.211622515
Zeytin posası yağı	1.045354139	1.120245237	1.135070572	1.199807964
Zeytinyağı	1.045282384	1.106276515	1.116259361	1.191917414
Zeytinyağı atık suyu	1.045570091	1.103693657	1.113613819	1.218486410

Tablo 19. Bitkisel biyokütle kaynaklarının korelasyon formüllerinden elde edilen kimyasal ekserji değerleri (MJ/kg)

Biyokütle Türü	(e^{CH})₁	(e^{CH})₂	(e^{CH})₃	(e^{CH})₄
A. mangium	18.91594066	20.81603864	21.21472983	22.25546559
Arpa samanı	21.12354135	22.68947225	22.97565956	24.40763490
Ayçiçeği	18.99726621	20.79839961	21.18381739	22.13977822
Akça ağaç meyvesi	30.87026288	31.45177946	31.43967263	35.24301825
Antep fıstığı tohumu	38.37549511	38.81253696	38.60195374	46.09288305
Aspir yağı	31.02836291	31.72888687	31.65301093	35.55047052
Aspir tohumu	39.23536058	39.58353677	39.35521098	46.82776025
Aspir tohumu küspesi	28.30225174	29.03642002	29.01068249	31.56055709
Ayçiçeği yağı	31.30055526	32.03368894	31.98657991	36.70953133
Ayçiçeği küspesi	33.65247936	34.23727199	34.14910532	39.50207119
Antep fıstığı	18.99436521	20.86574733	21.25487960	22.27944331
Ayçiçeği kabuğu	22.26103560	23.41975116	23.83443096	25.82544513
Ayçiçeği Tohumu Kabuğu	17.29325337	19.31490858	19.80430676	20.23385325
Ayçiçeği tarla atığı	29.67096818	30.45781288	30.40593253	34.01349763
Ayçiçeği atığı	18.50887650	19.95388266	20.43210988	21.11827984
Antep fıstığı kabuğu	16.78939387	18.87039111	19.40054513	19.64710498
Armut	17.88664034	19.80391637	20.24609599	20.83031721
At Kestanesi Kozalağı	22.50215831	24.06341535	24.30262630	26.36505234
Ananas Yaprağı Peleti	14.62218511	16.79253480	17.46277656	16.76498789
Asma	13.88787680	16.27019554	17.10446010	16.17545086
Amerikan Meşe Palamudu	17.07290279	19.13982210	19.66171414	20.07031523
Asma Dalları	18.38226084	20.47266571	20.96092511	22.16322020
At Kestanesi Ağacı Dalı	17.03284563	19.16691369	19.73069274	20.27609326
Arpa Tanecığı	15.87025243	18.14028426	18.84037057	18.98331697
Aromatik Bitki Atıkları	19.47545199	21.11745530	21.49982663	22.55412782
Ayçiçeği Çekirdeği	19.42143216	21.13278336	21.48855747	22.46485403
Ayçiçeği Samanı	18.64896085	20.41950060	20.80535046	21.51627076
Buğday	19.17643305	21.02266621	21.39640115	22.45459992
Badem kabuğu	20.41928111	22.20592870	22.53184079	24.17112232
Bira yapımında harcanan tahıllar	23.33622672	25.16968957	25.53785898	29.84469234
Beyaz palmye meyvesi	18.43914652	20.87273891	21.50386562	23.35910187
Beyaz palmye çekirdeği	23.80257862	24.94177692	25.15115594	26.54864256
Bezelye Kabuğu	15.71678539	18.21015107	19.01159851	19.26866939
Bezelye Bitkisi Atıkları	15.45594408	17.44531030	18.00520482	17.56259101
Biber Bitkisi Atıkları	12.87480282	15.50130979	16.67711507	15.42046611

Tablo 19'un devamı

Biyokütle Türü	(e^{CH})₁	(e^{CH})₂	(e^{CH})₃	(e^{CH})₄
Badem	19.84802074	21.62147762	21.96461143	23.23569071
Buğday Samanı	20.07571975	21.73667415	22.03698909	23.06422293
Badem Ağacı Yaprığı	16.10183479	18.11771761	18.72064852	18.78570117
Badem Ağacı Dalı	18.75925615	20.65398753	21.06060702	22.03912524
Buğday Tanesi	19.80395362	21.60004525	21.93889411	23.19380967
Bambu	35.86860271	35.90163294	35.62990573	36.29514872
Bezelye Tanesi	13.34701170	15.67622951	16.57346610	15.46860656
Buğday Tohumu	18.03126884	20.04945740	20.57026618	21.60248755
Buğday Samanı Peleti	28.89004661	29.49780280	29.39599127	30.76733774
Corn Stover	18.70959116	20.57717694	20.97187206	21.83439090
Cibre	21.56145699	23.06973396	23.35211426	24.93585157
Crambe Bitkisi	16.04132967	18.27197510	18.93934190	19.10443167
Ceviz dalı	17.59325239	19.26811146	19.63172591	19.56688400
Ceviz	19.23519929	21.08175563	21.46966860	22.63579125
Ceviz Kabuğu	19.57934618	21.26725011	21.59426832	22.49868578
Çekirdek	19.84524836	21.53296620	21.86436058	22.95686557
Çay Çalısı	18.10778063	20.01713352	20.43938305	21.06709269
Çam Çekirdeği Kabuğu	17.45366366	19.22525500	19.61675608	19.68294880
Çam tohumu kabuğu	19.21563916	21.01634889	21.37010927	22.31276757
Çeltik Sapı	18.24330945	20.21887018	20.72175171	21.80097924
Çam Kozalağı	18.24469903	20.06536799	20.44637858	20.94295603
Çam Kozalağı Yaprığı	17.88517583	19.71304869	20.11082549	20.47668886
Çavdar Samanı	16.00545285	18.54349037	19.34977775	19.75382545
Çam Peleti	17.32580479	19.20204170	19.63337624	19.82110694
Çam Kozalağı İçi	14.99389314	17.17692864	17.83074608	17.32703472
Çavdar Taneciği	16.31959433	18.74581811	19.47987616	19.97772087
Çam Rendesı	19.17398259	20.95292529	21.29822592	22.14713137
Çavdar Samanı	19.37923090	21.17583429	21.53410715	22.59526185
Çin Gümüş Otu	20.13859298	21.96199380	22.30142647	23.80565424
Çavdar Tohumu	18.68290451	20.57763004	21.02277380	22.11359178
Dövülmüş çimen	23.33289275	24.74909862	24.96063428	26.98025664
Defne ağacı özütü	31.57973476	32.19892967	32.13543285	36.12187527
Domates yaprağı	18.83862928	20.66976502	21.08378662	22.14255557
Domates dalı	17.77133229	19.72647250	20.18340672	20.77994747
Domates Artığı	24.84262780	26.13871143	26.37190810	29.25232556
Durian	20.18565042	21.74740793	22.04466330	22.97097735
Dallı Darı Bitkisi	18.21329093	20.12630437	20.54059988	21.20702870

Tablo 19'un devamı

Biyokütle Türü	(e ^{CH}) ₁	(e ^{CH}) ₂	(e ^{CH}) ₃	(e ^{CH}) ₄
Darı Kabuğu	22.06195016	23.72235780	23.98033521	26.06354713
Euphorbia Rigida	21.43919295	22.87186547	23.12125546	24.24856741
Erik	19.33413313	21.17544018	21.55432836	22.73732362
Elma	18.84271392	20.73548092	21.14138064	22.17107709
Erik Çekirdeği	19.46005745	21.29832017	21.67484510	22.92597401
Elma Ağacı Yaprığı	17.25729474	19.29929565	19.83383152	20.40651287
Elma Ağacı Dalı	24.11056555	26.31738247	26.67297084	32.33498539
Evliya Otu	15.75937131	17.99419772	18.68264816	18.73844091
Enginar	19.34870591	20.95669225	21.27838053	21.91422945
E.G. Labill Yaprak (S)	24.55108933	25.86906829	26.05051546	28.38481225
E.G. Labill Dalı (Sonbahar)	21.93262472	23.54207935	23.79296031	25.64297721
E.Globulus Labill Yaprak (K)	24.97502649	26.24964818	26.44331835	28.99788293
E.Globulus Labill Dalı (K)	22.61128123	24.21931559	24.45809410	26.69759886
Fasulye Kabuğu	14.06322231	16.54012483	17.41915554	16.61459317
Fıstık çamı kozalağı	27.72006464	28.69643253	28.64909649	31.95062300
Fındık Budağı	17.24920631	19.20227138	19.66626560	19.94380388
Fıstık kabuğu	20.02182331	21.69215027	21.99709497	23.03638075
Fındık	18.59542106	20.55775364	20.99491939	22.04812514
Fındık Kabuğu	17.99908728	19.84689490	20.24313946	20.70734316
Feijoa Yaprakları	17.47372138	19.46493117	19.96088835	20.51960292
Fındık küspesi	25.65540428	26.52919075	26.63562710	29.57714493
Fındık kupulası	34.37251575	35.06118501	34.89166508	40.53300799
Fındık Ağacı Yaprakları	18.35657348	20.36108990	20.85758832	22.02354491
Grass (Hay) Mixed	19.69002685	21.42194838	21.77604160	22.94586265
Humbaru meyvesi	23.97343449	25.36756135	25.55390168	27.75604881
Hurma salkımı	24.94248565	26.13924901	26.35048026	28.68418451
Halfa otu	38.21479588	38.69933887	38.45378259	45.53586813
Hurma ağacı yaprağı	25.09730390	26.63223390	26.83670900	30.45990262
Hindistan Cevizi	20.74433639	22.22212307	22.47098971	23.30095547
Hindistan Cevizi Lifi	18.32673864	20.16791892	20.55660422	21.13442666
Hindistan Cevizi Kabuğu	19.48268198	21.18040272	21.49330888	22.27810894
Hindistan Cevizi Torfu	17.32312758	19.13324406	19.55377452	19.65180827
Hurma çekirdek yağı	38.34197111	38.69426122	38.44955134	44.67210637
İncir	17.94025844	19.94282021	20.42246398	21.22905102
Japon kamelyası	19.36453581	21.06865574	21.39389858	22.19649225
Jatropha bitkisi	30.77847221	31.49608981	31.47326222	35.98239885
Karnibahar Yaprığı	8.462021409	11.65275342	13.95962881	9.564161025

Tablo 19'un devamı

Biyokütle Türü	(e^{CH})₁	(e^{CH})₂	(e^{CH})₃	(e^{CH})₄
Kayısı çekirdeği kabuğu	22.11391342	23.66969302	23.92597968	25.80326032
Keten Kıymık	17.26315774	19.25480431	19.73488093	20.09137717
Kiraz çekirdeği kabuğu	28.33093421	29.25036880	29.20922367	32.70560663
Kestane kupulası	25.83341113	26.81627155	26.79505084	29.10517823
Kolza tohumu	37.89061199	38.39629346	38.19861757	45.90889199
Kozalak	17.71480965	19.76222375	20.27447153	21.06038199
Kümes hayvan otu	18.10085340	19.88171264	20.38611649	21.27443846
Kakao	20.53859172	22.05123723	22.33588966	23.31274998
Kahve	21.01509492	22.51505239	22.79587250	24.02838007
Kayısı	19.26015339	21.11098892	21.48720624	22.61994701
Kestane Kabuk	15.06258881	17.26111924	17.92348625	17.46125959
Kakao Çekirdek Kabuğu	16.50769095	18.56777512	19.16865053	19.48070776
Kahve Kabuğu	17.98557610	19.94045921	20.44400748	21.36983906
Kolza	18.05214198	19.91312818	20.46597527	21.55746942
Kenaf	19.80713660	21.49545708	21.80263784	22.74154764
Küspe	17.20800151	19.25837239	19.76311346	20.18721130
Kiraz Ağacı Dalı	18.14148101	20.09904509	20.54097344	21.30752034
Kolza Samanı	18.01835811	19.71436693	20.21371930	20.95652664
Kahve Telvesi	21.98557451	23.59688946	23.90146247	26.10765234
Kiraz Ağacı Yaprağı	17.85490938	19.83007922	20.31505913	21.07389176
Kiraz Çekirdeği	19.15297507	20.96836791	21.33354407	22.31036294
Kızarmış Patates	29.92363121	30.47584703	30.32911446	31.49865397
Kepek	32.40599024	32.77212781	32.65185645	34.89184602
Karaçalı	16.12104592	18.19358985	18.78075898	18.80243619
Kıbrıs Meyvesi	8.765019334			11.50479263
Kestane Ağacı Yaprağı	19.01365105	20.79069993	21.19571971	22.23093547
Kivi Ağacı Dalı	18.54759768	20.38614843	20.78886752	21.71230053
Kedi Gözü Tohumu	18.43470330	20.34158240	20.78214331	21.69835778
Kayısı Çekirdeği	23.06372666	24.50915839	24.71383690	26.60680299
Karnabahar Artığı	15.95110358	18.02848722	18.67846581	18.79209270
Lahana Artığı	15.12554132	17.62145643	18.51455273	18.49585110
Leucaena Leucocephala	18.68943020	20.68716627	21.17546768	22.51760432
Lastik otu	32.01765942	32.68546403	32.58503724	36.82635191
Lastik otu küspesi	31.26909753	32.01426853	31.89228981	35.66189118
Limon Kabuğu	16.99876956	19.22139960	19.82515900	20.48052114
Limon Ağacı Dalı	21.55952889	22.99879948	23.22917657	24.35751050
Mısır Atıkları	19.40223751	21.08119228	21.40604512	22.18237663

Tablo 19'un devamı

Biyokütle Türü	(e^{CH})₁	(e^{CH})₂	(e^{CH})₃	(e^{CH})₄
Manyok kök sapı	18.72244248	20.28432871	20.59235251	20.75658392
Manyok sapı	22.50505799	24.07963644	24.33074860	26.47931389
Mısır koçanı	21.25515862	22.84798825	23.10848592	24.53209814
Mısır	18.58432226	20.44849767	20.85076547	21.67280478
Meşe Palamudu	17.62811291	19.49599879	19.90809052	20.18227459
Mısır Tanecığı	16.42921391	18.88794543	19.63096062	20.22615151
Mikantus	18.49368964	20.43261034	20.84585973	21.70866695
Meyve posası	18.79930157	20.63096810	21.01121908	21.84366828
Mısır Sapı	17.33407306	19.32595241	19.82091806	20.28195205
Muz	21.84730669	23.32393463	23.58512319	25.14071375
Meyve Demeti	18.67131258	20.80721116	21.29865575	22.74769318
Nohut samanı	17.40127600	18.83505283	19.26112284	19.14334458
Nar posası	20.18160776	21.96243086	22.33008794	23.93868519
Nar Kabuğu	14.96379246	17.15164235	17.82188258	17.32391416
Nektari Çekirdeği	19.17914399	20.99026513	21.35534872	22.34657535
Okalıptüs Meyvesi	17.98743577	19.85300654	20.28437468	20.86878238
Pamuk Atığı	20.32818280	21.97175579	22.30310544	23.63405340
Pirinç samanı	18.57901982	20.44862754	20.84469356	21.63696459
Pirinç kabuğu	17.63889578	19.72842758	20.23292707	20.95337841
Pamuk tohumu küspesi	20.46370907	22.02927220	22.32227346	23.38742749
Pamuk kalıntısı	21.75834336	23.29725051	23.57553659	25.32185791
Palmiye çekirdek küspesi	35.86235618	36.18737768	36.01222140	40.35404083
Palmiye yaprağı	24.34450308	25.66885803	25.92663349	28.66468914
Palmiye kaburga yaprağı	16.25704899	18.68765840	19.52915805	20.27893397
Pamuk çekirdeği	19.03414976	20.78675119	21.13662019	21.89997573
Palamut içi	19.17159517	20.89984220	21.24515528	22.09369427
P. bambusoides	19.17911608	21.02166757	21.42792833	22.62841009
Phragmites (Common reed)	18.49561746	20.56539483	21.06304328	22.34729374
Portakal posası	17.84859740	19.78874913	20.27771522	21.07411560
Piper aduncum	18.61495172	20.56563004	21.02581633	22.16775304
Patates Kabuğu	13.15962453	15.72378286	16.73973767	15.49052568
Pelemir	15.78668808	17.05608316	17.43887423	16.37470996
Pamuk sapı	18.26151456	20.10664232	20.53007621	21.23303314
Pamuk Çırçır Atığı	16.54701157	18.76323082	19.35407784	19.63270499
Pamuk Çiğidi	20.46636212	22.03295923	22.32642289	23.39745739
Pancar Topakları	13.64704027	16.14606643	17.08579795	16.10159769
Palmiye Yağı	20.31450840	22.09260997	22.42061381	23.94369117

Tablo 19'un devamı

Biyokütle Türü	(e^{CH})₁	(e^{CH})₂	(e^{CH})₃	(e^{CH})₄
Palmiye Çekirdeği Kabuğu	19.75825046	21.46394980	21.78501364	22.78656539
Pteris Vittata Bitkisi	20.63595541	22.15190532	22.44467594	23.55275275
Pişmiş Mısır	20.71892488	22.28826637	22.56992873	23.73976458
Portakal Kabuğu	13.90383871	16.17994217	16.98307724	16.07920974
Patates	17.83886114	19.87903143	20.39860884	21.33195553
Pirinç Çeltiği	11.23004282	14.25379090	15.77444818	13.17798962
P.Pinaster Aiton İğnesi (S)	22.35920945	23.70861876	23.94890948	25.41713882
P.Pinaster Aiton İğnesi (K)	24.14568306	25.57683806	25.80188150	28.53465159
P.Pinaster Aiton Dalı (S)	23.19243006	24.64637279	24.85149615	26.86851449
P.Pinaster Aiton Dalı (Kış)	24.03871613	25.51135229	25.71686006	28.35508962
Rambutan	19.87154318	21.38355541	21.67098518	22.28160221
Su Mercimeği	20.13110730	21.79255506	22.19013957	23.74772025
Sazlık	18.12458631	20.08141551	20.52282115	21.27296151
Soya Samanı	19.54701838	21.43263212	21.82509678	23.25447596
Soya Taneciği	17.40022923	19.48252750	20.01465945	20.68280094
Süpürge Darısı	13.46946773	15.70774244	16.48967215	15.31825033
Sorghum	19.44417981	21.22235554	21.57407961	22.61912705
Siyah Kimyon Tohumu	30.57809348	31.48978569	31.40841804	36.23410721
Süzülmüş portakal küspesi	19.31234002	21.10242362	21.47513071	22.55552634
Süzülmüş nar küspesi	18.04121122	19.85128839	20.24981365	20.67982575
Soya kabuğu	15.79778403	18.34937897	19.13508454	19.30001355
Sinapis Alba bitkisi	14.95945754	17.25154191	17.97137537	17.53124790
Siyah kimyon tohumu küspesi	16.75416347	19.12824314	19.84237190	20.62256769
Susam sapı	27.25614095	28.37896939	28.52782747	31.63087065
Soya küspesi	23.79010660	24.84107342	25.19762254	27.33986831
Şeftali Çekirdeği	21.23115089	22.79126225	23.04872980	24.39053500
Şeftali	20.23108890	21.81577297	22.10509658	23.04684176
Şeker Kamışı Küspesi	19.08921227	20.94525659	21.32152794	22.35775143
Şeftali Çekirdeği	15.09695016	17.74674040	18.64176397	18.46247945
Şeker kamışı	10.15910924	9.53388528	6.442989093	24.76346503
Şeker kamışı samanı	24.54088114	25.84615354	26.03374980	28.33479060
Şeker pancarı	17.42592077	19.44024868	19.94689718	20.51369099
Tatlı Patates Tortusu	21.16117911	22.99287114	23.31057247	25.42057356
Tütün Atıkları	18.45655906	20.19369828	20.63524712	21.47071919
Tabakalaşmış sert ağaç	22.94095939	24.39733960	24.60061486	26.42549950
Tatlı sorgum küspesi	24.42802124	25.64334215	25.81990087	27.62930938
Tahıl	18.40848723	20.22308232	20.66344446	21.48846163

Tablo 19'un devamı

Biyokütle Türü	(e^{CH})₁	(e^{CH})₂	(e^{CH})₃	(e^{CH})₄
Trabzon hurma yaprağı	18.71663427	20.29091089	20.60636901	20.81711094
Tatlı Kiraz	18.58432474	20.56778672	21.01948391	22.13917036
Tatlı Sorgum	16.89714490	18.97836225	19.50636285	19.81969823
Terbinth Meyvesi	22.83890764	24.31555537	24.66388009	27.46496274
Tütün	15.00661785	18.43922103	19.91645691	19.94599823
Tritikale	15.85276580	18.06152840	18.71483692	18.74911257
Tütün sapı	17.06230576	19.02674417	19.56777951	20.05329526
Tarımsal atık	15.42173040	17.27320956	17.83051977	17.37613176
Üzüm	19.13693088	21.09084892	21.50521804	22.82309102
Üzüm küspesi	33.02763069	33.64195623	33.51829928	37.95747176
Üzüm Çekirdeği	16.27903950	18.25171176	18.80122412	18.81489274
Üzüm Çekirdeği Unu	21.50873989	22.92492766	23.18349941	24.38087722
Vişne Çekirdeği	14.04247078	16.52500801	17.39249162	16.53744676
Vişne	18.56421252	20.58873883	21.05250743	22.23273677
Vişne tohumu	22.89214331	24.33462117	24.65289492	27.16824432
Vişne tohumu kabuğu	19.64144856	21.32150201	21.70736884	22.92617792
Vişne Çekirdeği	23.57399168	24.92648352	25.17300552	27.44915755
Yağlı Pirina	24.09013302	25.42963783	25.65819460	28.08090742
Yağsız Pirina	16.28119538	18.40424609	18.98551670	19.07974790
Yulaf samanı	22.44695548	23.87851132	24.09495352	25.62473084
Yer Fıstığı Kabuğu	20.25413913	21.88787193	22.19037255	23.29461630
Yulaf Kepeği	18.25473677	20.37040013	20.91608828	22.25283775
Yulaf ve Fiğ	15.53370804	17.82524762	18.52502660	18.42419574
Yabani Hardal	18.24677644	20.08730022	20.51022157	21.21025627
Zeytin Küspesi	20.39716339	22.13453069	22.51748305	24.28918160
Zeytin Çekirdeği	19.87592032	21.54724321	21.85083585	22.79048479
Zeytin Tortusu	21.54260993	23.07362319	23.34999765	24.91717444
Zararlı Ot	15.69000402	17.03094865	17.35956423	16.09939496
Zeytinyağı Atıkları	21.30815642	22.84631978	23.13062700	24.62310373
Zeytin	18.49597171	20.44604995	20.88171073	21.85317330
Zeytin Atıkları	22.66717172	24.12555252	24.36719421	26.27313810
Zeytin Taşı	18.44336102	20.33613289	20.78317998	21.72300209
Zeytin kabuğu	19.88473795	21.56362782	21.90455884	23.04490739
Zeytin posası yağı	20.98077352	22.48387483	22.78142661	24.08073802
Zeytinyağı	22.98686987	24.32819559	24.54772898	26.21152992
Zeytinyağı atık suyu	24.08367091	25.42248966	25.65099076	28.06662696

Tablo 20. Bitkisel biyokütle kaynakları için korelasyon formüllerinden hesaplanan kimyasal ekserji değerlerinin % olarak değişimleri

Biyokütle Türü	$\Delta(e^{CH})_1$	$\Delta(e^{CH})_2$	$\Delta(e^{CH})_3$	$\Delta(e^{CH})_4$
A. mangium	5.854102411	-3.60281191	-5.58712454	-10.7669358
Arpa samanı	4.757337272	-2.30319423	-3.59356694	-10.0501143
Ayçiçeği	5.767657076	-3.16652423	-5.07831613	-9.8201788
Akça ağaç meyvesi	2.493577178	0.65680626	0.69504671	-11.3181528
Antep fıstığı tohumu	2.222545430	1.10900044	1.64554836	-17.4406940
Aspir yağı	2.384110286	0.18024698	0.41895432	-11.8425365
Aspir tohumu	2.027965421	1.15855759	1.72869487	-16.9305157
Aspir tohumu küspesi	2.360146872	-0.17265806	-0.08386624	-8.8806709
Ayçiçeği yağı	2.808132835	0.53166741	0.67794642	-13.9873674
Ayçiçeği küspesi	2.477086218	0.78239144	1.03789328	-14.4746882
Antep fıstığı	5.769229470	-3.51467012	-5.44514966	-10.5279954
Ayçiçeği kabuğu	5.190290830	0.25532341	-1.51079710	-9.9905227
Ayçiçeği Tohumu Kabuğu	6.561073328	-4.36233645	-7.00665327	-9.3275793
Ayçiçeği tarla atığı	2.596254488	0.01320358	0.18351619	-11.6593853
Ayçiçeği atığı	6.041966698	-1.29342918	-3.72109081	-7.2043481
Antep fıstığı kabuğu	6.714770298	-4.84766645	-7.79330824	-9.1632440
Armut	6.205304160	-3.84858626	-6.16730583	-9.2308689
At Kestanesi Kozalağı	4.598835880	-2.02033981	-3.03450934	-11.7784637
Ananas Yaprağı Peleti	7.702019627	-5.99763549	-10.22832740	-5.8237541
Asma	8.556351022	-7.12984219	-12.62299250	-6.5060031
Amerikan Meşe Palamudu	6.752333977	-4.53663098	-7.38706688	-9.6187376
Asma Dalları	6.712807911	-3.89568046	-6.37352305	-12.4749886
At Kestanesi Ağacı Dalı	7.136319181	-4.49869585	-7.57243934	-10.5459824
Arpa Tanecığı	7.885102113	-5.29072800	-9.35420332	-10.1838998
Aromatik Bitki Atıkları	5.594522440	-2.36493889	-4.21844902	-9.3290779
Ayçiçeği Çekirdeği	5.435379088	-2.89733689	-4.62963159	-9.3833033
Ayçiçeği Samanı	5.714859705	-3.23660896	-5.18738296	-8.7816432
Buğday	5.703755845	-3.37472357	-5.21248979	-10.4159690
Badem kabuğu	5.696799243	-2.55454838	-4.05972152	-11.6304824
Bira yapımında harcanan tahıllar	6.315906680	-1.04459366	-2.52262256	-19.8125548
Beyaz palmye meyvesi	7.377654475	-4.84661174	-8.01684718	-17.3359517
Beyaz palmye çekirdeği	3.317478569	-1.30977489	-2.16024118	-7.8366232
Bezelye Kabuğu	8.959427785	-5.48356634	-10.12600640	-11.6151073
Bezelye Bitkisi Atıkları	7.095272341	-4.86268543	-8.22817690	-5.5676525
Biber Bitkisi Atıkları	10.44600525	-7.82333791	-16.00195320	-7.2610089
Badem	5.479655884	-2.96590936	-4.59998292	-10.6531230

Tablo 20'nin devamı

Biyokütle Türü	$\Delta(e^{CH})_1$	$\Delta(e^{CH})_2$	$\Delta(e^{CH})_3$	$\Delta(e^{CH})_4$
Buğday Samanı	4.944990693	-2.91933690	-4.34127539	-9.2050473
Badem Ağacı Yaprağı	7.377116853	-4.21888335	-7.68713402	-8.0613375
Badem Ağacı Dalı	5.964719788	-3.53307665	-5.57135457	-10.4764124
Buğday Tanesi	5.496417362	-3.07445168	-4.69142333	-10.6798244
Bambu	-1.143812620	-1.23695265	-0.47072471	-2.3466052
Bezelye Tanesi	8.902288617	-6.99538316	-13.1193158	-5.5782887
Buğday Tohumu	6.753267874	-3.68357323	-6.37687880	-11.7148986
Buğday Samanı Peleti	1.224058807	-0.85387796	-0.50578124	-5.1944562
Corn Stover	5.789227120	-3.61486398	-5.60232229	-9.9454726
Cibre	4.740664300	-1.92296064	-3.17052752	-10.1675391
Crambe Bitkisi	7.548215204	-5.30777343	-9.15404132	-10.1055113
Ceviz dalı	5.350525037	-3.66000518	-5.61620498	-5.2673636
Ceviz	5.837540438	-3.20194408	-5.10090230	-10.8094460
Ceviz Kabuğu	5.196866763	-2.97595880	-4.55937995	-8.9385664
Çekirdek	5.270974695	-2.78515355	-4.36702676	-9.5819744
Çay Çalısı	5.981305088	-3.93238176	-6.12477356	-9.3839494
Çam Çekirdeği Kabuğu	5.903987937	-3.64699707	-5.75765368	-6.1145111
Çam tohumu kabuğu	5.505093336	-3.35008432	-5.08973782	-9.7253581
Çeltik Sapı	6.575041643	-3.54190995	-6.11719302	-11.6439746
Çam Kozalağı	5.747889018	-3.65768641	-5.62598704	-8.1913060
Çam Kozalağı Yaprağı	5.933734875	-3.67987890	-5.77196781	-7.6962095
Çavdar Samanı	8.288473391	-6.25452623	-10.87456720	-13.1897676
Çam Peleti	6.133025223	-4.03196768	-6.36883279	-7.3859118
Çam Kozalağı İçi	7.858499564	-5.55683987	-9.57472365	-6.4792820
Çavdar Taneciği	7.932333567	-5.75530818	-9.89652707	-12.7051386
Çam Rendesi	5.383046753	-3.39541841	-5.09935728	-9.2884112
Çavdar Samanı	5.535827262	-3.22172631	-4.96812944	-10.1407341
Çin Gümüş Otu	5.492733576	-3.06420123	-4.65710566	-11.7162112
Çavdar Tohumu	6.208866836	-3.30295473	-5.53764677	-11.0137254
Dövülmüş çimen	4.058879896	-1.76433195	-2.63413270	-10.9384966
Defne ağacı özütü	2.303084326	0.38750671	0.58394418	-11.7487474
Domates yaprağı	6.302619268	-2.80487043	-4.86408265	-10.1300646
Domates dalı	6.390393675	-3.90820987	-6.31508806	-9.4573367
Domates Artığı	4.296106854	-0.69693377	-1.59530206	-12.6918401
Durian	4.827091166	-2.53640722	-3.93793047	-8.3053895
Dallı Darı Bitkisi	5.949151928	-3.92937784	-6.06874103	-9.5100848
Darı Kabuğu	4.792402917	-2.37302990	-3.48632266	-12.4763530

Tablo 20'nin devamı

Biyokütle Türü	$\Delta(e^{CH})_1$	$\Delta(e^{CH})_2$	$\Delta(e^{CH})_3$	$\Delta(e^{CH})_4$
Euphorbia Rigida	4.225108782	-2.17504139	-3.28913650	-8.3251552
Erik	5.766207841	-3.20824910	-5.05493498	-10.8208066
Elma	5.971215214	-3.47405801	-5.49957605	-10.6379604
Erik Çekirdeği	5.749749250	-3.15344760	-4.97705828	-11.0366094
Elma Ağacı Yaprığı	6.867488420	-4.15258605	-7.03731792	-10.1279096
Elma Ağacı Dalı	6.396361220	-2.17108997	-3.55157874	-25.5330276
Evliya Otu	7.934420123	-5.12134111	-9.14323942	-9.4691783
Enginar	5.038054353	-2.85381767	-4.43263876	-7.5533358
E.G. Labill Yaprak (S)	3.825542390	-1.33740209	-2.04818863	-11.1923746
E.G. Labill Dalı (Sonbahar)	4.672130208	-2.32319673	-3.41362474	-11.4545306
E.Globulus Labill Yaprak (K)	3.840017343	-1.06758904	-1.81326674	-11.6489674
E.Globulus Labill Dalı (K)	4.659352801	-2.12093686	-3.12774837	-12.5706380
Fasulye Kabuğu	8.703771519	-7.37589030	-13.08241950	-7.8593270
Fıstık çamı kozalağı	2.962338704	-0.45556303	-0.28985710	-11.8472764
Fındık Budağı	6.257892541	-4.35618627	-6.87779771	-8.3861003
Fıstık kabuğu	5.032144301	-2.89057917	-4.33699811	-9.2665562
Fındık	6.230248099	-3.66506102	-5.86952435	-11.1804470
Fındık Kabuğu	6.124518589	-3.51284955	-5.57949038	-8.0005767
Feijoa Yaprakları	6.591952821	-4.05231774	-6.70352125	-9.6902025
Fındık küspesi	3.822876546	0.54722091	0.14821172	-10.8789668
Fındık kupulası	2.299521275	0.34204696	0.82389062	-15.2110690
Fındık Ağacı Yaprakları	6.676373536	-3.51445764	-6.03862336	-11.9662708
Grass (Hay) Mixed	5.506583360	-2.80499406	-4.50430498	-10.1183343
Humbaru meyvesi	3.877327742	-1.71249290	-2.45963367	-11.2892516
Hurma salkımı	3.633962870	-0.98976809	-1.80586632	-10.8222023
Halfa otu	2.032136962	0.78995732	1.41946805	-16.7362428
Hurma ağacı yaprağı	4.473862176	-1.36843605	-2.14671553	-15.9374277
Hindistan Cevizi	4.302277390	-2.51504456	-3.66311554	-7.4919115
Hindistan Cevizi Lifi	5.703253718	-3.77018903	-5.77009530	-8.7431707
Hindistan Cevizi Kabuğu	5.051724601	-3.22206733	-4.74700626	-8.5717061
Hindistan Cevizi Torfu	5.879418117	-3.95536578	-6.24020557	-6.7728457
Hurma çekirdek yağı	1.718301422	0.81527872	1.44254178	-14.5076887
İncir	6.496524915	-3.94069842	-6.44057099	-10.6444508
Japon kamelyası	5.283873499	-3.05134506	-4.64217804	-8.5678369
Jatropha bitkisi	2.930019033	0.66677716	0.73877145	-13.4822660
Karnibahar Yaprığı	14.355658640	-17.93782400	-41.28577050	3.2008745
Kayısı çekirdeği kabuğu	4.610383500	-2.10055983	-3.20606683	-11.3038231

Tablo 20'nin devamı

Biyokütle Türü	$\Delta(e^{CH})_1$	$\Delta(e^{CH})_2$	$\Delta(e^{CH})_3$	$\Delta(e^{CH})_4$
Keten Kıymık	6.382595764	-4.41802282	-7.02145889	-8.9547235
Kiraz çekirdeği kabuğu	2.923974201	-0.22647098	-0.08548708	-12.0658531
Kestane kupulası	2.936614696	-0.75626808	-0.67653593	-9.3563337
Kolza tohumu	2.422195611	1.11993932	1.62900419	-18.2268812
Kozalak	6.634603460	-4.15623386	-6.85602108	-10.9981397
Kümes hayvan otu	6.599689505	-2.58953504	-5.19225628	-9.7759931
Kakao	4.657993025	-2.36384468	-3.68522711	-8.2199014
Kahve	4.736795973	-2.06263817	-3.33561952	-8.9226806
Kayısı	5.755720086	-3.30083612	-5.14175243	-10.6845088
Kestane Kabuk	7.661415569	-5.81629340	-9.87681931	-7.0432190
Kakao Çekirdek Kabuğu	7.326471493	-4.23876010	-7.61205104	-9.3639280
Kahve Kabuğu	6.770279872	-3.36301829	-5.97320235	-10.7723268
Kolza	6.872383326	-2.72809569	-5.58013021	-11.2109439
Kenaf	5.017696525	-3.07840399	-4.55144558	-9.0538538
Küspe	6.560015646	-4.57356215	-7.31432186	-9.6171863
Kiraz Ağacı Dalı	6.220530206	-3.89878260	-6.18326017	-10.1458012
Kolza Samanı	6.425352909	-2.38252104	-4.97580517	-8.8334227
Kahve Telvesi	5.052711726	-1.90594130	-3.22127564	-12.7489660
Kiraz Ağacı Yaprağı	6.521759273	-3.81911662	-6.35819808	-10.3310180
Kiraz Çekirdeği	5.637352660	-3.30670298	-5.10584850	-9.9184279
Kızarmış Patates	0.617138778	-1.21688957	-0.72955892	-4.6138529
Kepek	0.905479160	-0.21413567	0.15364301	-6.6960378
Karaçalı	7.241271291	-4.68391901	-8.06242574	-8.1871510
Kıbrıs Meyvesi	16.159743750			-10.0470775
Kestane Ağacı Yaprağı	5.918876710	-2.87410865	-4.87818014	-10.0005136
Kivi Ağacı Dalı	6.853876736	-2.37933381	-4.40179099	-9.0392759
Kedi Gözü Tohumu	6.169489628	-3.53630473	-5.77870887	-10.4421347
Kayısı Çekirdeği	4.086641737	-1.92436482	-2.77554567	-10.6476792
Karnabahar Artığı	7.756558704	-4.25671770	-8.01547091	-8.6725625
Lahana Artığı	8.867974930	-6.17001900	-11.55096190	-11.4382838
Leucaena Leucocephala	6.503250761	-3.49073117	-5.93353408	-12.6477791
Lastik otu	2.304069098	0.26638750	0.57282123	-12.3687614
Lastik otu küspesi	2.123937503	-0.20853798	0.17327018	-11.6260387
Limon Kabuğu	7.367538129	-4.74437926	-8.03448327	-11.6057893
Limon Ağacı Dalı	4.227175181	-2.16642513	-3.18981781	-8.2021596
Mısır Atıkları	5.157760726	-3.04932516	-4.63727451	-8.4321470
Manyok kök sapı	4.776860890	-3.16695895	-4.73358111	-5.5688690

Tablo 20'nin devamı

Biyokütle Türü	$\Delta(e^{CH})_1$	$\Delta(e^{CH})_2$	$\Delta(e^{CH})_3$	$\Delta(e^{CH})_4$
Manyok sapı	4.623918396	-2.04912030	-3.11332969	-12.2189156
Mısır koçanı	4.618763730	-2.52896268	-3.69793018	-10.0863038
Mısır	5.898633892	-3.54058319	-5.57745865	-9.7398392
Meşe Palamudu	5.875831528	-4.09762400	-6.29796144	-7.7619495
Mısır Tanecığı	7.974938437	-5.79717023	-9.95902597	-13.2928725
Mikantus	5.999137955	-3.85612734	-5.95661671	-10.3421463
Meyve posası	5.711992765	-3.47474150	-5.38189249	-9.5570463
Mısır Sapı	6.540217614	-4.19935924	-6.86805586	-9.3538038
Muz	4.490441977	-1.96491124	-3.10674556	-9.9072985
Meyve Demeti	6.763909145	-3.90180239	-6.35585442	-13.5916920
Nohut samanı	5.636841941	-2.13820338	-4.44868402	-3.8099993
Nar posası	5.600414577	-2.72939565	-4.44911374	-11.9733366
Nar Kabuğu	7.723042350	-5.76873335	-9.90189206	-6.8310788
Nektari Çekirdeği	5.650996871	-3.25854960	-5.05452507	-9.9307200
Okalıptüs Meyvesi	6.188493311	-3.54118730	-5.79094074	-8.8388552
Pamuk Atığı	5.254015103	-2.40638145	-3.95074228	-10.1540501
Pirinç samanı	5.827357036	-3.64924086	-5.65680556	-9.6726394
Pirinç kabuğu	6.606217152	-4.45735970	-7.12856523	-10.9431847
Pamuk tohumu küspesi	4.763603521	-2.52239678	-3.88600023	-8.8431383
Pamuk kalıntısı	4.750111354	-1.98664852	-3.20488088	-10.8496224
Palmiye çekirdek küspesi	1.348229131	0.45414546	0.93597320	-11.0076976
Palmiye yaprağı	4.281751961	-0.92537571	-1.93890289	-12.7044498
Palmiye kaburga yaprağı	8.442817618	-5.24599815	-9.98519386	-14.2078157
Pamuk çekirdeği	5.432183890	-3.27530724	-5.01356966	-8.8061670
Palamut içi	5.705515666	-2.79477659	-4.49318086	-8.6666753
P. bambusoides	5.910469334	-3.12877961	-5.12182685	-11.0111893
Phragmites (Common reed)	6.592573235	-3.86031260	-6.37355993	-12.8593413
Portakal posası	6.856996671	-3.26769576	-5.81936796	-9.9753877
Piper aduncum	6.292905668	-3.52674896	-5.84331258	-11.5917869
Patates Kabuğu	9.432375750	-8.21476364	-15.20680310	-6.6094329
Pelemir	5.491971988	-2.10734363	-4.39894708	1.9717410
Pamuk sapı	6.089537464	-3.39909509	-5.57661835	-9.1915983
Pamuk Çırçır Atığı	7.079672197	-5.36558527	-8.68350756	-10.2481482
Pamuk Çiğidi	4.769194564	-2.52024478	-3.88574297	-8.8693095
Pancar Topakları	9.131521427	-7.50818211	-13.76536110	-7.2120881
Palmiye Yağı	5.476493091	-2.79702224	-4.32322568	-11.4101121
Palmiye Çekirdeği Kabuğu	5.143952470	-3.04482403	-4.58619768	-9.3944797

Tablo 20'nin devamı

Biyokütle Türü	$\Delta(e^{CH})_1$	$\Delta(e^{CH})_2$	$\Delta(e^{CH})_3$	$\Delta(e^{CH})_4$
Pteris Vittata Bitkisi	4.862915465	-2.12600515	-3.47575334	-8.5842736
Pişmiş Mısır	4.727411816	-2.48894842	-3.78412670	-9.1634255
Portakal Kabuğu	8.354365220	-6.64832224	-11.94209940	-5.9843553
Patates	6.964992679	-3.67510686	-6.38485874	-11.2525414
Pirinç Çeltiği	10.837488870	-13.16998610	-25.24345940	-4.6285099
P.Pinaster Aiton İğnesi (S)	4.294678552	-1.48127037	-2.50979962	-8.7943402
P.Pinaster Aiton İğnesi (K)	4.335565009	-1.33462597	-2.22624099	-13.0533899
P.Pinaster Aiton Dalı (S)	4.170139066	-1.83747329	-2.68503185	-11.0192420
P.Pinaster Aiton Dalı (Kış)	4.241806951	-1.62443716	-2.44307710	-12.9524610
Rambutan	4.625344266	-2.63164854	-4.01118483	-6.9418776
Su Mercimeği	5.671702070	-2.11334113	-3.97630224	-11.2746556
Sazlık	6.194096564	-3.93370044	-6.21824664	-10.1006853
Soya Samanı	5.878629705	-3.20083938	-5.09060644	-11.9732483
Soya Taneciği	6.861253801	-4.28472870	-7.13308785	-10.7094695
Süpürge Darısı	8.373835784	-6.85204622	-12.17112950	-4.2025229
Sorghum	5.438993370	-3.20863735	-4.91914316	-10.0014217
Siyah Kimyon Tohumu	2.982011924	0.08940042	0.34756321	-14.9633539
Süzülmüş portakal küspesi	5.643065591	-3.10299004	-4.92397593	-10.2026122
Süzülmüş nar küspesi	5.784295161	-3.66837934	-5.74957764	-7.9952080
Soya kabuğu	8.004625058	-6.85410023	-11.42950640	-12.3899390
Sinapis Alba bitkisi	7.801801323	-6.32478382	-10.76126480	-8.0486690
Siyah kimyon tohumu küspesi	7.775875908	-5.29236343	-9.22332065	-13.5179471
Susam sapı	3.198230274	-0.78956022	-1.31823836	-12.3388767
Soya küspesi	4.295691223	0.06779705	-1.36655075	-9.9845091
Şeftali Çekirdeği	4.613608912	-2.39559155	-3.55233056	-9.5807346
Şeftali	4.754705925	-2.70577734	-4.06787470	-8.5014865
Şeker Kamışı Küspesi	5.809419200	-3.34873200	-5.20534172	-10.3183077
Şeftali Çekirdeği	8.468038272	-7.59749130	-13.02396900	-11.9369770
Şeker kamışı	20.147430110	25.06181176	49.35685555	-94.6456402
Şeker kamışı samanı	3.750921046	-1.36834363	-2.10409419	-11.1287521
Şeker pancarı	6.606262180	-4.18947220	-6.90484077	-9.9425564
Tatlı Patates Tortusu	5.387444755	-2.80213027	-4.22258678	-13.6564937
Tütün Atıkları	6.306226738	-2.51227120	-4.75377119	-8.9950022
Tabakalaşmış sert ağaç	4.049884459	-2.04139741	-2.89159222	-10.5241366
Tatlı sorgum küspesi	3.345051957	-1.46363796	-2.16223216	-9.3215630
Tahıl	6.069057182	-3.19007561	-5.43706260	-9.6467860
Trabzon hurma yaprağı	4.858039775	-3.14445481	-4.74801790	-5.8192788

Tablo 20'nin devamı

Biyokütle Türü	$\Delta(e^{CH})_1$	$\Delta(e^{CH})_2$	$\Delta(e^{CH})_3$	$\Delta(e^{CH})_4$
Tatlı Kiraz	6.334310378	-3.66241191	-5.93898264	-11.5822441
Tatlı Sorgum	6.749999141	-4.73558146	-7.64944990	-9.3786487
Terbinth Meyvesi	5.321227397	-0.80022099	-2.24420238	-13.8561004
Tütün	10.04042186	-10.5368686	-19.39239600	-19.5694862
Tritikale	7.812051938	-5.03247597	-8.83163454	-9.0309563
Tütün sapı	7.193512586	-3.49159826	-6.43443557	-9.0752868
Tarımsal atık	7.144749964	-4.00312747	-7.35872877	-4.6228288
Üzüm	6.096286841	-3.49146579	-5.52474896	-11.9914686
Üzüm küspesi	2.081889180	0.26057788	0.62718773	-12.5337740
Üzüm Çekirdeği	7.118356962	-4.13691647	-7.27221265	-7.3502003
Üzüm Çekirdeği Unu	4.334845865	-1.96398067	-3.11403903	-8.4396570
Vişne Çekirdeği	8.468599437	-7.71303368	-13.36745100	-7.7941117
Vişne	6.427428053	-3.77715959	-6.11477670	-12.0637010
Vişne tohumu	4.917057578	-1.07430102	-2.39625696	-12.8438074
Vişne tohumu kabuğu	5.636974159	-2.43447367	-4.28828612	-10.1437866
Vişne Çekirdeği	4.379032964	-1.10695259	-2.10689659	-11.3394382
Yağlı Pirina	4.142858445	-1.18717034	-2.09662145	-11.7368474
Yağsız Pirina	7.131517689	-4.97843447	-8.29402149	-8.8315193
Yulaf samanı	4.044890800	-2.07465166	-2.99988779	-9.5393024
Yer Fıstığı Kabuğu	4.933589213	-2.73462679	-4.15446732	-9.3374321
Yulaf Kepeği	7.002268991	-3.77585914	-6.55583675	-13.3658318
Yulaf ve Fiğ	7.829675229	-5.76733248	-9.91951916	-9.3212323
Yabani Hardal	6.168660064	-3.29596033	-5.47077062	-9.0705951
Zeytin Küspesi	5.668459840	-2.36640904	-4.13746344	-12.3311054
Zeytin Çekirdeği	4.979425743	-3.01064760	-4.46202927	-8.9541977
Zeytin Tortusu	4.648908290	-2.12760518	-3.35088342	-10.2874625
Zararlı Ot	4.624686073	-3.52655560	-5.52412133	2.13610867
Zeytinyağı Atıkları	4.762157526	-2.11273846	-3.38346346	-10.0541608
Zeytin	6.204169215	-3.68496840	-5.89426914	-10.8207007
Zeytin Atıkları	4.344994017	-1.80934345	-2.82906650	-10.8721112
Zeytin Taşı	6.211713781	-3.41342072	-5.68674717	-10.4659360
Zeytin kabuğu	5.267111311	-2.73128865	-4.35551824	-9.7882533
Zeytin posası yağı	4.807600944	-2.01215808	-3.36218780	-9.2573265
Zeytinyağı	4.029102902	-1.57097371	-2.48753246	-9.4339531
Zeytinyağı atık suyu	4.140059948	-1.18882392	-2.09832405	-11.7132512

Tablo 21. Bitkisel biyokütle kaynakları ve tüm biyokütle kaynakları için türetilen ekserji formüllerinin temel eşitlikle yüzde olarak farkları

Biyokütle Türü	(e^{CH})_B	(e^{CH})_{BB}	Δ(e^{CH})_B	Δ(e^{CH})_{BB}
A. mangium	20.08091	20.05991	0.055975	0.160490
Arpa samanı	22.06605	22.18840	0.507708	-0.043940
Ayçiçeği	20.11767	20.19208	0.210094	-0.158970
Akça ağaç meyvesi	31.09294	31.37311	1.790248	0.905291
Antep fıstığı tohumu	38.69492	38.86382	1.408691	0.978348
Aspir yağı	31.34216	31.62794	1.396898	0.497844
Aspir tohumu	39.45773	39.66513	1.472714	0.954829
Aspir tohumu küspesi	28.54605	28.90880	1.519085	0.267635
Ayçiçeği yağı	31.74761	31.93414	1.419976	0.840794
Ayçiçeği küspesi	33.98113	34.19143	1.524676	0.915239
Antep fıstığı	20.14008	20.19320	0.085355	-0.178150
Ayçiçeği kabuğu	23.06740	23.05927	1.756001	1.790595
Ayçiçeği Tohumu Kabuğu	18.53820	18.55324	-0.165630	-0.246910
Ayçiçeği tarla atığı	30.06028	30.33302	1.318230	0.422880
Ayçiçeği atığı	19.42380	19.49268	1.397488	1.047789
Antep fıstığı kabuğu	18.04373	18.07453	-0.254590	-0.425690
Armut	19.07005	19.10715	-0.000310	-0.194870
At Kestanesi Kozalağı	23.47835	23.55679	0.460151	0.127593
Ananas Yaprağı Peleti	15.93071	15.95291	-0.557660	-0.697750
Asma	15.29869	15.26825	-0.733070	-0.532620
Amerikan Meşe Palamudu	18.34155	18.34557	-0.176670	-0.198660
Asma Dalları	19.71328	19.64001	-0.041920	0.329919
At Kestanesi Ağacı Dalı	18.36904	18.31395	-0.148670	0.151698
Arpa Tanecığı	17.26542	17.18846	-0.212790	0.233920
Aromatik Bitki Atıkları	20.50677	20.52498	0.595300	0.507053
Ayçiçeği Çekirdeği	20.47057	20.55420	0.327017	-0.080160
Ayçiçeği Samanı	19.73697	19.81106	0.214099	-0.160480
Buğday	20.31629	20.36658	0.098749	-0.148540
Badem kabuğu	21.60846	21.40542	0.204782	1.142458
Bira yapımında harcanan tahıllar	24.73905	24.44725	0.684244	1.855685
Beyaz palmye meyvesi	19.92528	19.77276	-0.087400	0.678757
Beyaz palmye çekirdeği	24.36019	24.64557	1.052544	-0.106610
Bezelye Kabuğu	17.33322	17.06429	-0.403880	1.153943
Bezelye Bitkisi Atıkları	16.68008	16.72492	-0.262900	-0.532460
Biber Bitkisi Atıkları	14.43017	14.24672	-0.372750	0.903318
Badem	20.95311	21.00339	0.216980	-0.022460

Tablo 21'in devamı

Biyokütle Türü	(e^{CH})_B	(e^{CH})_{BB}	$\Delta(e^{\text{CH}})_B$	$\Delta(e^{\text{CH}})_{BB}$
Buğday Samanı	21.06301	21.19467	0.270326	-0.353060
Badem Ağacı Yaprağı	17.36786	17.34688	0.094537	0.215206
Badem Ağacı Dalı	19.93509	19.96466	0.070552	-0.077640
Buğday Tanesi	20.92472	20.97050	0.148175	-0.070310
Bambu	34.60741	35.76960	2.412542	-0.864650
Bezelye Tanesi	14.71710	14.67434	-0.449040	-0.157160
Buğday Tohumu	19.30203	19.26141	0.181673	0.391735
Buğday Samanı Peleti	28.77963	29.36824	1.601590	-0.410900
Corn Stover	19.84703	19.90241	0.061722	-0.217130
Cibire	22.49247	22.59195	0.627429	0.187924
Crambe Bitkisi	17.38652	17.35518	-0.204580	-0.023960
Ceviz dalı	18.56261	18.75089	0.135498	-0.877420
Ceviz	20.39214	20.41704	0.173940	0.052047
Ceviz Kabuğu	20.59778	20.70854	0.265604	-0.270660
Çekirdek	20.88142	21.02379	0.324942	-0.354670
Çay Çalısı	19.26503	19.32967	-0.027350	-0.362960
Çam Çekirdeği Kabuğu	18.54963	18.63541	-0.004550	-0.467050
Çam tohumu kabuğu	20.31396	20.22184	0.103984	0.556991
Çeltik Sapı	19.48027	19.45955	0.240496	0.346604
Çam Kozalağı	19.35760	19.44140	-0.001360	-0.434290
Çam Kozalağı Yaprağı	19.01601	19.08138	-0.013850	-0.357620
Çavdar Samanı	17.51898	17.37525	-0.384060	0.439512
Çam Peleti	18.47470	18.54523	-0.091410	-0.473510
Çam Kozalağı İçi	16.36000	16.31664	-0.536620	-0.270130
Çavdar Taneciği	17.78007	17.67083	-0.307020	0.309276
Çam Rendesi	20.24435	20.36628	0.101160	-0.500550
Çavdar Samanı	20.48150	20.55036	0.162798	-0.172850
Çin Gümüş Otu	21.27488	21.32232	0.160321	-0.062310
Çavdar Tohumu	19.87284	19.87648	0.235190	0.216942
Dövülmüş çimen	24.16773	24.32528	0.626183	-0.021640
Defne ağacı özütü	31.81689	32.11769	1.569422	0.638850
Domates yaprağı	20.05647	20.00426	0.245485	0.505136
Domates dalı	18.99293	19.00286	-0.044310	-0.096620
Domates Artığı	25.71673	25.74839	0.928724	0.806756
Durian	21.11230	21.24952	0.458038	-0.188910
Dallı Darı Bitkisi	19.37512	19.43678	-0.050380	-0.368780
Darı Kabuğu	23.09145	23.13188	0.349618	0.175176

Tablo 21'in devamı

Biyokütle Türü	(e^{CH})_B	(e^{CH})_{BB}	$\Delta(e^{\text{CH}})_B$	$\Delta(e^{\text{CH}})_{BB}$
Euphorbia Rigida	22.24789	22.32775	0.612454	0.255664
Erik	20.48409	20.51528	0.161345	0.009338
Elma	20.02162	20.04540	0.088266	-0.030400
Erik Çekirdeği	20.61016	20.63847	0.179474	0.042385
Elma Ağacı Yaprığı	18.52997	18.50944	-0.000770	0.110015
Elma Ağacı Dalı	25.66052	25.34791	0.379045	1.592680
Evliya Otu	17.15379	17.06790	-0.211740	0.290028
Enginar	20.29964	20.44373	0.370936	-0.336220
E.G. Labill Yaprak (S)	25.34608	25.49185	0.711310	0.140302
E.G. Labill Dalı (Sonbahar)	22.92041	23.01682	0.378824	-0.040200
E.Globulus Labill Yaprak (K)	25.75748	25.88972	0.827399	0.318232
E.Globulus Labill Dalı (K)	23.61992	23.69009	0.406413	0.110541
Fasulye Kabuğu	15.51684	15.45761	-0.732890	-0.348340
Fıstık çamı kozalağı	28.29401	28.79337	0.953181	-0.794910
Fındık Budağı	18.42549	18.49463	-0.134720	-0.510450
Fıstık kabuğu	21.02692	21.14330	0.264771	-0.287240
Fındık	19.82339	19.81998	0.038058	0.055278
Fındık Kabuğu	19.18217	19.07656	-0.045950	0.504877
Feijoa Yaprakları	18.70888	18.71548	-0.010730	-0.046020
Fındık küspesi	26.22268	26.37125	1.696289	1.139310
Fındık kupulası	34.76765	34.99605	1.176405	0.527201
Fındık Ağacı Yaprakları	19.63619	19.58053	0.170866	0.453863
Grass (Hay) Mixed	20.77095	20.82651	0.319165	0.052566
Humbaru meyvesi	24.78986	24.95666	0.603849	-0.064940
Hurma salkımı	25.62637	25.81502	0.991775	0.262920
Halfa otu	38.50715	38.72850	1.282668	0.715212
Hurma ağacı yaprağı	26.11691	26.13316	0.593006	0.531155
Hindistan Cevizi	21.57622	21.77874	0.464655	-0.469630
Hindistan Cevizi Lifi	19.43325	19.52580	0.009887	-0.466310
Hindistan Cevizi Kabuğu	20.48511	20.62600	0.166424	-0.520220
Hindistan Cevizi Torfu	18.40085	18.49507	0.023915	-0.488000
Hurma çekirdek yağı	38.44913	38.74306	1.443622	0.690206
İncir	19.18678	19.18063	-0.000250	0.031814
Japon kamelyası	20.40625	20.49764	0.188644	-0.258380
Jatropha bitkisi	31.22847	31.39552	1.510820	0.983973
Karnabahar Yaprığı	10.00655	9.950920	-1.276580	0.855388
Kayısı çekirdeği kabuğu	23.06676	23.17067	0.500213	0.052013

Tablo 21'in devamı

Biyokütle Türü	(e^{CH})_B	(e^{CH})_{BB}	$\Delta(e^{\text{CH}})_B$	$\Delta(e^{\text{CH}})_{BB}$
Keten Kıymık	18.46695	18.51816	-0.145540	-0.423230
Kiraz çekirdeği kabuğu	28.86448	29.09543	1.095778	0.304427
Kestane kupulası	26.35559	26.65014	0.974642	-0.132070
Kolza tohumu	38.30434	38.42771	1.356755	1.039034
Kozalak	18.97387	18.97606	-0.001260	-0.012800
Kümes hayvan otu	19.25201	19.23835	0.659725	0.730195
Kakao	21.42686	21.50063	0.534550	0.192117
Kahve	21.93131	22.04851	0.583504	0.052261
Kayısı	20.41257	20.44754	0.116693	-0.054420
Kestane Kabuk	16.39541	16.39285	-0.509210	-0.493500
Kakao Çekirdek Kabuğu	17.79906	17.76128	0.076754	0.288891
Kahve Kabuğu	19.24737	19.19343	0.229690	0.509267
Kolza	19.24981	19.20865	0.693844	0.906193
Kenaf	20.80978	20.93977	0.209680	-0.413670
Küspe	18.44963	18.48194	-0.182060	-0.357530
Kiraz Ağacı Dalı	19.35117	19.37314	-0.032750	-0.146350
Kolza Samanı	19.09566	19.12373	0.830612	0.684831
Kahve Telvesi	23.01682	23.05537	0.599146	0.432653
Kiraz Ağacı Yaprığı	19.08776	19.08425	0.067259	0.085635
Kiraz Çekirdeği	20.27376	20.33154	0.115480	-0.169200
Kızarmış Patates	29.62208	30.34599	1.618672	-0.785610
Kepek	32.06240	32.71485	1.956134	-0.039000
Karaçalı	17.40491	17.39540	-0.145920	-0.091210
Kıbrıs Meyvesi	10.74562	10.47627	-2.785370	-0.208880
Kestane Ağacı Yaprığı	20.13851	20.16366	0.352964	0.228544
Kivi Ağacı Dalı	19.89065	19.69864	0.109044	1.073332
Kedi Gözü Tohumu	19.61981	19.58050	0.137444	0.337517
Kayısı Çekirdeği	23.91706	24.15085	0.537954	-0.434290
Karnabahar Artığı	17.27274	17.20690	0.113692	0.494412
Lahana Artığı	16.63273	16.48293	-0.212910	0.689645
Leucaena Leucocephala	19.94508	19.87447	0.221682	0.574923
Lastik otu	32.32152	32.59869	1.376910	0.531162
Lastik otu küspesi	31.56594	31.90464	1.194785	0.134613
Limon Kabuğu	18.38432	18.30087	-0.182850	0.271907
Limon Ağacı Dalı	22.39273	22.57112	0.525909	-0.266560
Mısır Atıkları	20.40700	20.53149	0.246264	-0.362260
Manyok kök sapı	19.59814	19.81552	0.323026	-0.782550

Tablo 21'in devamı

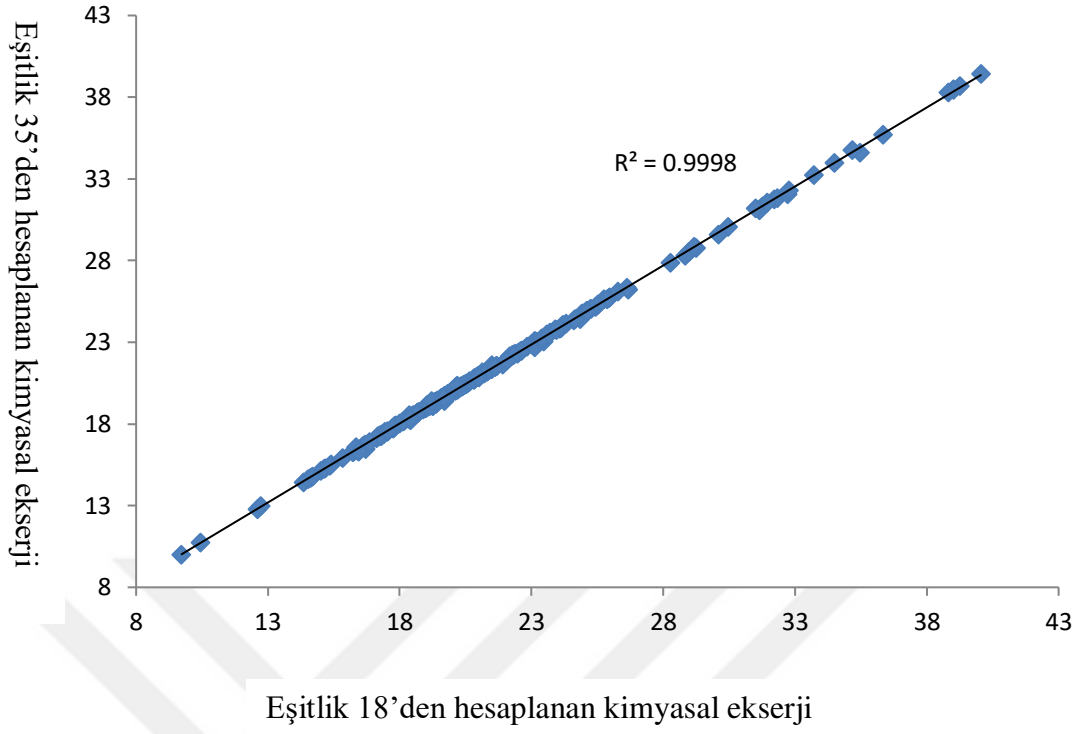
Biyokütle Türü	(e^{CH})_B	(e^{CH})_{BB}	$\Delta(e^{\text{CH}})_B$	$\Delta(e^{\text{CH}})_{BB}$
Manyok sapı	23.48016	23.56794	0.491451	0.119462
Mısır koçanı	22.20237	22.33852	0.368199	-0.242730
Mısır	19.73384	19.77780	0.078080	-0.144540
Meşe Palamudu	18.74612	18.85130	-0.093670	-0.655300
Mısır Tanecığı	17.90794	17.78603	-0.307870	0.374979
Mikantus	19.68337	19.73154	-0.047860	-0.292690
Meyve posası	19.92108	19.97693	0.085699	-0.194390
Mısır Sapı	18.55689	18.39179	-0.052820	0.837370
Muz	22.73307	22.83112	0.618148	0.189537
Meyve Demeti	20.03538	19.93811	-0.047610	0.438108
Nohut samanı	18.23790	18.37967	1.100004	0.331218
Nar posası	21.30063	21.32825	0.366179	0.236987
Nar Kabuğu	16.29262	16.28985	-0.471410	-0.454310
Nektari Çekirdeği	20.30182	20.35497	0.128134	-0.133290
Okalıptüs Meyvesi	19.15724	19.18195	0.087515	-0.041340
Pamuk Atığı	21.35424	21.42506	0.471734	0.141649
Pirinç samanı	19.72152	19.77881	0.036272	-0.254080
Pirinç kabuğu	18.91613	18.91739	-0.156410	-0.163090
Pamuk tohumu küspesi	21.38722	21.52795	0.465661	-0.189290
Pamuk kalıntısı	22.71088	23.09379	0.580269	-1.095980
Palmiye çekirdek küspesi	35.73140	36.18720	1.708469	0.454634
Palmiye yaprağı	25.18644	25.27562	0.971406	0.620786
Palmiye kaburga yaprağı	17.72750	17.57592	0.161493	1.015140
Pamuk çekirdeği	20.09721	20.19278	0.150549	-0.324250
Palamut içi	20.29188	20.11551	0.195473	1.062910
P. bambusoides	20.33163	20.36259	0.256451	0.104521
Phragmites (Common reed)	19.78661	19.74779	0.072728	0.268806
Portakal posası	19.13196	19.05467	0.159749	0.563088
Piper aduncum	19.83032	19.79036	0.174789	0.375916
Patates Kabuğu	14.65000	14.57031	-0.824750	-0.276320
Pelemir	16.49038	16.74222	1.279278	-0.228380
Pamuk sapı	19.41573	19.44523	0.153940	0.002235
Pamuk Çırçır Atığı	17.87507	17.86943	-0.378070	-0.346400
Pamuk Çiğidi	21.39116	21.53816	0.466073	-0.217920
Pancar Topakları	15.12483	15.03966	-0.708320	-0.141190
Palmiye Yağı	21.44514	21.46708	0.215666	0.113555
Palmiye Çekirdeği Kabuğu	20.78136	20.89555	0.232170	-0.316020

Tablo 21'in devamı

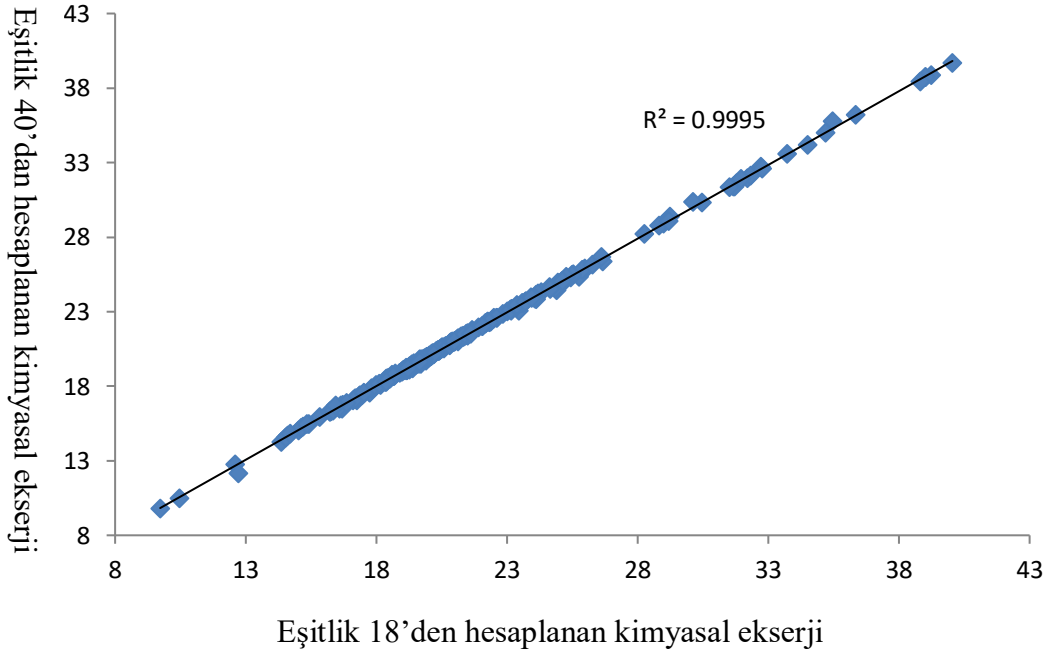
Biyokütle Türü	(e^{CH})_B	(e^{CH})_{BB}	$\Delta(e^{\text{CH}})_B$	$\Delta(e^{\text{CH}})_{BB}$
Pteris Vittata Bitkisi	21.56742	21.67774	0.568623	0.060001
Pişmiş Mısır	21.65194	21.95388	0.437104	-0.951320
Portakal Kabuğu	15.24780	15.20839	-0.504230	-0.244460
Patates	19.15951	19.07624	0.077424	0.511702
Pirinç Çeltiği	12.78943	12.73716	-1.543470	-1.128480
P.Pinaster Aiton İğnesi (S)	23.18349	23.31347	0.766460	0.210110
P.Pinaster Aiton İğnesi (K)	25.06098	25.13505	0.709201	0.415738
P.Pinaster Aiton Dalı (S)	24.07185	24.20393	0.536405	-0.009320
P.Pinaster Aiton Dalı (Kış)	24.95759	25.05359	0.581480	0.199054
Rambutan	20.73558	20.93045	0.478358	-0.456930
Su Mercimeği	21.19095	21.01131	0.705608	1.547326
Sazlık	19.32859	19.35612	-0.037350	-0.179860
Soya Samanı	20.73083	20.77463	0.178427	-0.032480
Soya Taneciği	18.69544	18.66920	-0.071630	0.068821
Süpürge Darısı	14.80440	14.82868	-0.707050	-0.872200
Sorghum	20.52541	20.61176	0.180751	-0.239190
Siyah Kimyon Tohumu	31.19201	31.34577	1.034178	0.546321
Süzülmüş portakal küspesi	20.42024	20.47530	0.230045	-0.038980
Süzülmüş nar küspesi	19.13573	19.23334	0.068429	-0.441310
Soya kabuğu	17.27683	17.19535	-0.608290	-0.133820
Sinapis Alba bitkisi	16.31281	16.30572	-0.539160	-0.495460
Siyah kimyon tohumu küspesi	18.18732	18.08347	-0.113010	0.458642
Susam sapı	27.89713	28.20111	0.921720	-0.157860
Soya küspesi	24.43275	24.56006	1.710416	1.198295
Şeftali Çekirdeği	22.16798	22.22552	0.404648	0.146133
Şeftali	21.15912	21.32643	0.385658	-0.402030
Şeker Kamışı Küspesi	20.25184	20.27331	0.072736	-0.033200
Şeftali Çekirdeği	16.60645	16.35797	-0.683950	0.822534
Şeker kamışı	12.98107	12.16679	-2.033690	4.366670
Şeker kamışı samanı	25.30540	25.47555	0.752506	0.085179
Şeker pancarı	18.66326	18.67745	-0.025230	-0.101250
Tatlı Patates Tortusu	22.31673	22.33483	0.220937	0.139979
Tütün Atıkları	19.59755	19.58289	0.514063	0.588483
Tabakalaşmış sert ağaç	23.78767	23.95817	0.508555	-0.204560
Tatlı sorgum küspesi	25.06324	25.31822	0.831666	-0.177200
Tahıl	19.53224	19.57340	0.334986	0.124963
Trabzon hurma yaprağı	19.60753	19.81331	0.329369	-0.716690

Tablo 21'in devamı

Biyokütle Türü	(e^{CH})_B	(e^{CH})_{BB}	Δ(e^{CH})_B	Δ(e^{CH})_{BB}
Tatlı Kiraz	19.82933	19.81239	0.059432	0.144823
Tatlı Sorgum	18.16261	18.17890	-0.233720	-0.323620
Terbinth Meyvesi	23.87648	23.82174	1.019957	1.246892
Tütün	16.75722	16.48777	-0.453840	1.161439
Tritikale	17.24508	17.15906	-0.284640	0.215621
Tütün sapı	18.35347	18.27727	0.170543	0.584975
Tarımsal atık	16.58176	16.63409	0.160145	-0.154970
Üzüm	20.36577	20.16090	0.066468	1.071713
Üzüm küspesi	33.25647	33.57348	1.403457	0.463606
Üzüm Çekirdeği	17.52903	17.51924	-0.013610	0.042264
Üzüm Çekirdeği Unu	22.32996	22.48284	0.682271	0.002299
Vişne Çekirdeği	15.46878	15.44810	-0.828340	-0.693560
Vişne	19.83422	19.80463	0.026001	0.175149
Vişne tohumu	23.84368	23.87298	0.964832	0.843134
Vişne tohumu kabuğu	20.69881	20.74654	0.557097	0.327812
Vişne Çekirdeği	24.44354	24.51431	0.851958	0.564910
Yağlı Pirina	24.92184	25.03115	0.833398	0.398452
Yağsız Pirina	17.57815	17.57540	-0.266370	-0.250690
Yulaf samanı	23.26258	23.45313	0.558296	-0.256260
Yer Fıstığı Kabuğu	21.22953	21.37577	0.355402	-0.330990
Yulaf Kepeği	19.60253	19.50643	0.136025	0.625588
Yulaf ve Fiğ	16.92154	16.87206	-0.405130	-0.111550
Yabani Hardal	19.41583	19.19797	0.156963	1.277314
Zeytin Küspesi	21.50639	21.51726	0.538600	0.488306
Zeytin Çekirdeği	20.86809	20.98344	0.236153	-0.315300
Zeytin Tortusu	22.46490	22.58910	0.566725	0.016995
Zararlı Ot	16.33457	16.71865	0.706516	-1.628200
Zeytinyağı Atıkları	22.24755	22.30799	0.563501	0.293362
Zeytin	19.71257	19.71846	0.034628	0.004734
Zeytin Atıkları	23.54660	23.66992	0.633833	0.113404
Zeytin Taşı	19.62549	19.64047	0.200322	0.124158
Zeytin kabuğu	20.90799	21.00129	0.392236	-0.052250
Zeytin posası yağı	21.89748	22.01989	0.648391	0.092990
Zeytinyağı	23.77496	23.93992	0.738800	0.050087
Zeytinyağı atık suyu	24.91433	25.02802	0.833786	0.381277



Şekil 6. Bitkisel biyokütle kaynakları için Eşitlik 18 ile Eşitlik 35 arasındaki korelasyon



Şekil 7. Bitkisel biyokütle kaynakları için Eşitlik 18 ile Eşitlik 40 arasındaki korelasyon

3.2. Hayvansal Biyokütle Kaynakları

Hayvansal biyokütle kaynaklarına ait Tablo 9’da verilen c, h, o, n ve s verilerinin Eşitlik 17’de yerine konulmasıyla hesaplanan v_{CO_2} , v_{H_2O} , v_{SO_2} , v_{N_2} ve v_{O_2} değerleri Tablo 22’de verilmiştir. Bu biyokütle kaynaklarına ait e^{CH} , HHV, s_{DAF} ve LHV değerleri sırasıyla 18, 19, 20 ve 34 eşitlikleri kullanılarak hesaplandı ve elde edilen sonuçlar Tablo 23’de verilmiştir.

Hayvansal biyokütle kaynaklarının kimyasal ekserjilerini hesaplamak için literatürde verilmiş olan korelasyonlarda kullanılmak üzere gerekli olan β_1 , β_2 , β_3 ve β_4 değerleri sırasıyla Eşitlik 30, 31, 32 ve 33 kullanılarak hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 24’de sunulmuştur.

Tablo 24’de hayvansal biyokütle kaynaklarına ait β_1 , β_2 , β_3 ve β_4 değerlerinin Eşitlik 29’da yerine konulmasıyla hesaplanan $(e^{CH})_1$, $(e^{CH})_2$, $(e^{CH})_3$ ve $(e^{CH})_4$ ekserji değerleri Tablo 25’de verilmiştir.

Hayvansal biyokütle kaynakları için Eşitlik 18 ile literatürdeki korelasyon eşitlikleri arasındaki değişimleri yüzde olarak hesaplandı ve elde edilen veriler Tablo 26’da toplu olarak verilmiştir.

Bu çalışmada hayvansal biyokütle kaynakları için türetmiş olduğumuz Eşitlik 36’dan ve bütün biyokütle kaynakları için türetmiş olduğumuz Eşitlik 40’dan hesaplanan kimyasal ekserji değerleri ve bulunan bu değerler ile genel ekserji formülünden bulunan değerlerin yüzde olarak farklılıkları Tablo 27’de verilmiştir.

Hayvansal biyokütle kaynakları ve bütün biyokütle kaynakları için türettiğimiz formüllerin kullanılabilirliğini daha iyi anlamak için korelasyon katsayıları (R^2) hesaplandı. Bu amaçla, Eşitlik 18 ile Eşitlik 36 arasında ve Eşitlik 18 ile Eşitlik 40 arasında çizilen korelasyonlar sırasıyla Şekil 8 ve 9’da gösterilmiştir.

Tablo 22. Hayvansal biyokütle kaynaklarının ν_{CO_2} , ν_{H_2O} , ν_{SO_2} , ν_{N_2} ve ν_{O_2} değerleri

Biyokütle Türü	ν_{CO_2}	ν_{H_2O}	ν_{SO_2}	ν_{N_2}	ν_{O_2}
Büyükbaş hayvan gübresi	0.040267	0.034305	0.000091	0.002114	0.044521
Domuz gübresi	0.054142	0.044000	0.000156	0.005357	0.070552
Gübre	0.040700	0.033895	0.000250	0.003986	0.046024
Güvercin gübresi	0.034392	0.030182	0.000091	0.003000	0.034509
Hindi çöpü	0.050500	0.036000	0.000125	0.003000	0.060000
Kümes Çöpü	0.056783	0.025300	0	0.004243	0.062915
Keçi gübresi	0.039400	0.031550	0	0.001164	0.041181
Tavuk Atığı	0.043308	0.030300	0.0002375	0.002814	0.047049
Tezek	0.062567	0.020850	0.0003750	0.002136	0.068192
Tavuk çöpü	0.053017	0.036250	0	0.003650	0.063635

Tablo 23. Hayvansal biyokütle kaynaklarının S_{DAF} (kJ/kgK), HHV (MJ/kg), LHV (MJ/kg) ve e^{CH} (MJ/kg) değerleri

Biyokütle Türü	S_{DAF}	HHV	LHV	e^{CH}
Büyükbaş hayvan gübresi	1.597920	20.63776	19.14079	21.25659
Domuz gübresi	1.751408	31.10209	29.18177	31.50220
Gübre	1.611138	21.10586	19.62635	21.81388
Güvercin gübresi	1.554093	16.50613	15.18810	17.27887
Hindi çöpü	1.620004	26.76216	25.19100	27.28116
Kümes Çöpü	1.449690	27.50325	26.39908	28.16341
Keçi gübresi	1.557295	19.28566	17.90871	19.91520
Tavuk Atığı	1.553853	21.44639	20.12400	22.16214
Tezek	1.286378	29.48709	28.57712	30.24047
Tavuk çöpü	1.628075	28.19159	26.60951	28.66472

Tablo 24. Hayvansal biyokütle kaynaklarının β değerleri

Biyokütle Türü	β_1	β_2	β_3	β_4
Büyükbaş hayvan gübresi	1.04576	1.136537235	1.157021033	1.239751149
Domuz gübresi	1.04565	1.068750000	1.069150000	1.223050474
Gübre	1.04571	1.125093373	1.145693868	1.234767389
Güvercin gübresi	1.04583	1.187695772	1.235138563	1.251679491
Hindi çöpü	1.04539	1.082700000	1.083690000	1.200934717
Kümes Çöpü	1.04468	1.069860000	1.069440000	1.138228822
Keçi gübresi	1.04562	1.149179994	1.172715638	1.227322363
Tavuk Atığı	1.04535	1.116591684	1.132487204	1.200105841
Tezek	1.04438	1.062610000	1.058690000	1.112131218
Tavuk çöpü	1.04531	1.076300000	1.076590000	1.193603396

Tablo 25. Hayvansal biyokütle kaynaklarının korelasyon formüllerinden elde edilen kimyasal ekserji değerleri (MJ/kg)

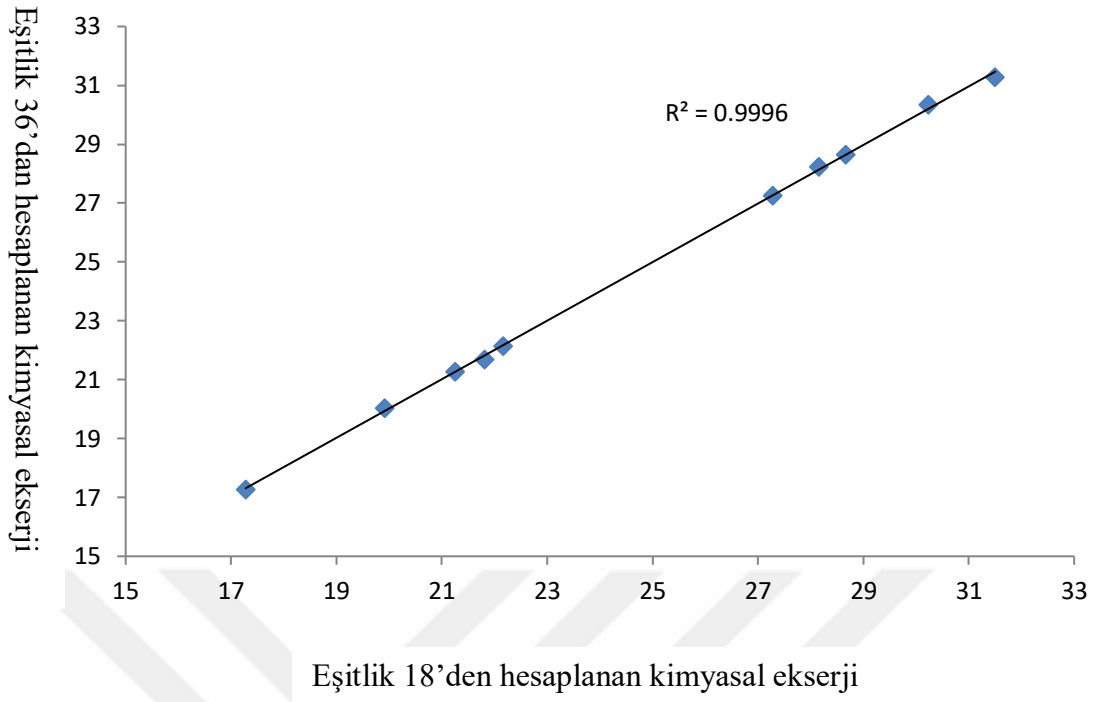
Biyokütle Türü	$(e^{CH})_1$	$(e^{CH})_2$	$(e^{CH})_3$	$(e^{CH})_4$
Büyükbaş hayvan gübresi	20.01662300	21.75422231	22.14629841	23.72981833
Domuz gübresi	30.51402767	31.18808309	31.19964800	35.69078294
Gübre	20.52341428	22.08147400	22.48578648	24.23397438
Güvercin gübresi	15.88412803	18.03884523	18.75941121	19.01063653
Hindi çöpü	26.33439363	27.27441687	27.29915892	30.25274255
Kümes Çöpü	27.57860497	28.24336809	28.23234432	30.04818847
Keçi gübresi	18.72573727	20.58032661	21.00181954	21.97975533
Tavuk Atığı	21.03670165	22.47028799	22.79016939	24.15092665
Tezek	29.84546175	30.36631860	30.25425541	31.78150794
Tavuk çöpü	27.81524232	28.63970519	28.64763325	31.76120614

Tablo 26. Hayvansal biyokütle kaynakları için korelasyon formüllerinden hesaplanan kimyasal ekserji değerlerinin % olarak değişimleri

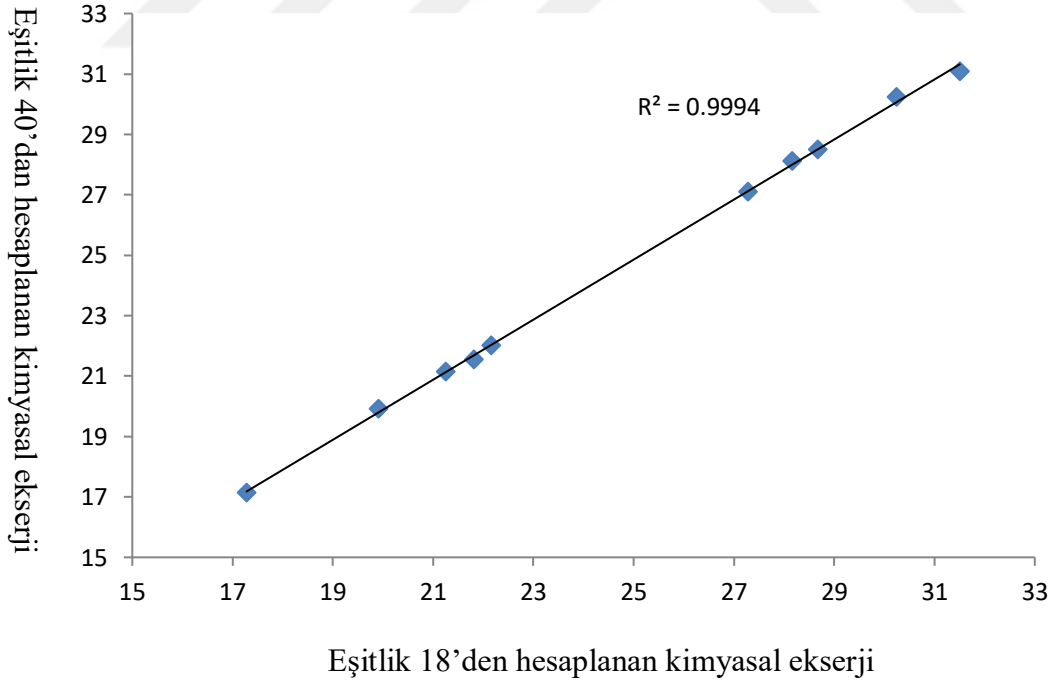
Biyokütle Türü	$\Delta(e^{CH})_1$	$\Delta(e^{CH})_2$	$\Delta(e^{CH})_3$	$\Delta(e^{CH})_4$
Büyükbaş hayvan gübresi	5.833329883	-2.34107301	-4.18556502	-11.6359719
Domuz gübresi	3.136821756	0.99711241	0.96348409	-13.2926497
Gübre	5.915787115	-1.22672922	-3.08019381	-11.0945935
Güvercin gübresi	8.071952647	-4.39829087	-8.56850549	-10.0252633
Hindi çöpü	3.470390890	-1.22672922	-3.08019381	-10.8924494
Kümes Çöpü	2.076461527	-4.39829087	-8.56850549	-6.6923052
Keçi gübresi	5.972631325	-3.33980070	-5.45623919	-10.3667390
Tavuk Atığı	5.078188946	-1.39043972	-2.83380865	-8.9738179
Tezek	1.306225171	-0.41615824	-0.04558467	-5.0959443
Tavuk çöpü	2.963500981	0.08727255	0.05961464	-10.8024231

Tablo 27. Hayvansal biyokütle kaynakları ve tüm biyokütle kaynakları için türetilen ekserji formüllerinin temel eşitlikle % olarak farkları

Biyokütle Türü	$(e^{CH})_H$	$(e^{CH})_{BB}$	$\Delta(e^{CH})_H$	$\Delta(e^{CH})_{BB}$
Büyükbaş hayvan gübresi	21.28420	21.13672	-0.129890	0.563910
Domuz gübresi	31.28455	31.09541	0.690901	1.291289
Gübre	21.69498	21.54975	0.545062	1.210820
Güvercin gübresi	17.27776	17.14881	0.006418	0.752695
Hindi çöpü	27.26534	27.10835	0.057983	0.633428
Kümes Çöpü	28.23093	28.11536	-0.239740	0.170595
Keçi gübresi	20.04808	19.91147	-0.667240	0.018718
Tavuk Atığı	22.15540	22.02332	0.030416	0.626387
Tezek	30.34726	30.24696	-0.353130	-0.021470
Tavuk çöpü	28.65747	28.49897	0.025299	0.578229



Şekil 8. Hayvansal biyokütle kaynakları için Eşitlik 18 ile Eşitlik 36 arasındaki korelasyon



Şekil 9. Hayvansal biyokütle kaynakları için Eşitlik 18 ile Eşitlik 40 arasındaki korelasyon

3.3. Ormansal Biyokütle Kaynakları

Ormansal biyokütle kaynaklarına ait Tablo 10’da verilen c, h, o, n ve s verilerinin Eşitlik 17’de yerine konulmasıyla hesaplanan v_{CO_2} , v_{H_2O} , v_{SO_2} , v_{N_2} ve v_{O_2} değerleri Tablo 28’de verilmiştir. Bu biyokütle kaynaklarına ait e^{CH} , HHV, s_{DAF} ve LHV değerleri sırasıyla 18, 19, 20 ve 34 eşitlikleri kullanılarak hesaplandı ve elde edilen sonuçlar Tablo 29’da verilmiştir.

Ormansal biyokütle kaynaklarının kimyasal ekserjilerini hesaplamak için literatürde verilmiş olan korelasyonlarda kullanılmak üzere gerekli olan β_1 , β_2 , β_3 ve β_4 değerleri sırasıyla Eşitlik 30, 31, 32 ve 33 kullanılarak hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 30’da sunulmuştur.

Tablo 30’da ormansal biyokütle kaynaklarına ait β_1 , β_2 , β_3 ve β_4 değerlerinin Eşitlik 29’da yerine konulmasıyla hesaplanan $(e^{CH})_1$, $(e^{CH})_2$, $(e^{CH})_3$ ve $(e^{CH})_4$ ekserji değerleri Tablo 31’de verilmiştir.

Ormansal biyokütle kaynakları için Eşitlik 18 ile literatürdeki korelasyon eşitlikleri arasındaki değişimleri yüzde olarak hesaplandı ve elde edilen veriler Tablo 32’de toplu olarak verilmiştir.

Bu çalışmada ormansal biyokütle kaynakları için türetmiş olduğumuz Eşitlik 37’den ve bütün biyokütle kaynakları için türetmiş olduğumuz Eşitlik 40’dan hesaplanan kimyasal ekserji değerleri ve bulunan bu değerler ile genel ekserji formülünden bulunan değerlerin yüzde olarak farklılıkları Tablo 33’de verilmiştir.

Ormansal biyokütle kaynakları ve bütün biyokütle kaynakları için türettiğimiz formüllerin kullanılabilirliğini daha iyi anlamak için korelasyon katsayıları (R^2) hesaplandı. Bu amaçla, Eşitlik 18 ile Eşitlik 37 arasında ve Eşitlik 18 ile Eşitlik 40 arasında çizilen korelasyonlar sırasıyla Şekil 10 ve 11’de gösterilmiştir.

Tablo 28. Ormansal biyokütle kaynaklarının v_{CO_2} , v_{H_2O} , v_{SO_2} , v_{N_2} ve v_{O_2} değerleri

Biyokütle Türü	v_{CO_2}	v_{H_2O}	v_{SO_2}	v_{N_2}	v_{O_2}
Ağaç kabuğu	0.041483	0.02890	0	0.000229	0.042146
Akdeniz defnesi	0.040808	0.03190	0	0.002157	0.043749
Avrupa Melezi Odunu	0.038575	0.03250	0	0	0.040072
Aylандız	0.042525	0.03195	0	0.000221	0.045291
Ağaç Yongası	0.035175	0.02755	8.44E-05	9.29E-05	0.032822
Ahşap Pelet	0.038992	0.03065	0.0001	0.000429	0.039992
Ahşap Talaş	0.038308	0.02565	0.000075	8.57E-05	0.036040
Ağaç Talaşı	0.045425	0.03005	6.25E-06	7.14E-05	0.048156
Ağaç Atıkları	0.041883	0.03360	6.25E-05	0.000114	0.045415
Ahşap Kavak Talaşı	0.037917	0.03130	0	0.000743	0.038817
Atık Kağıt	0.035583	0.02395	2.19E-05	0.001407	0.031808
Babul Ağacı	0.041750	0.03055	0	0.000357	0.043497
Budanmış Bağ	0.039942	0.03130	2.81E-05	0.001371	0.041932
Budanmış Portakal Ağacı	0.038700	0.03175	9.38E-06	0.000764	0.040175
Budanmış Elma Ağacı	0.073625	0.05825	0	0	0.102750
Budanmış Şeftali Ağacı	0.041108	0.03040	1.88E-05	0.000257	0.042524
Budanmış Badem Ağacı	0.073300	0.06020	0	0	0.103400
Budanmış Limon Ağacı	0.073117	0.06130	0	0	0.103767
Budanmış Armut Ağacı	0.073250	0.06050	0	0	0.103500
Budanmış Kiraz Ağacı	0.073642	0.05815	0	0	0.102717
Budanmış Kayısı Ağacı	0.042133	0.03310	3.13E-05	0.000579	0.045618
Bambu Talaşı	0.041258	0.03350	0	0.000250	0.044433
Çam kabuğu	0.045825	0.02885	3.13E-05	7.14E-05	0.048081
Çam İğnesi	0.038650	0.03540	2.19E-05	0.000321	0.041991
Çam Dalı	0.045742	0.03710	0	0.000757	0.052845
Çam ağacı talaşı	0.039667	0.03260	0	0.000250	0.041739
Çam Cipsleri	0.043342	0.03100	0.000025	8.57E-05	0.045870
Çam ağacı	0.039058	0.03210	0	0.000136	0.040571
Çam Odunu	0.043883	0.03640	0	7.14E-05	0.049596
Çınar Ağacı	0.038750	0.02880	0.000050	0.000193	0.038416
Defne Yaprığı Atığı	0.042850	0.03225	6.56E-05	0.000921	0.046344
Dönüşemeyen Atık Kağıtlar	0.041367	0.02565	1.88E-05	0.000100	0.040139
Dalgaların karaya attığı odun	0.040400	0.03415	1.88E-05	0.000943	0.043959
Demir ağacı	0.038742	0.03335	0	0.001314	0.041354
Defne (Pelet)	0.046542	0.02695	1.88E-05	0.000250	0.048051
Domates peleti	0.068775	0.05995	3.44E-05	0.003836	0.098784
Dişbudak	0.038442	0.02940	0	0.000050	0.038167

Tablo 28'in devamı

Biyokütle Türü	ν_{CO_2}	ν_{H_2O}	ν_{SO_2}	ν_{N_2}	ν_{O_2}
Doğu Kayını	0.037233	0.03040	0	0	0.037046
Endamlı Okaliptus	0.040308	0.03505	0	0.001586	0.044583
Gökmar ağacı talaşı	0.034450	0.03430	0	0.000171	0.035488
Gökkuşuğu okaliptüsü	0.040925	0.03160	0	0.000114	0.042847
Gürge Ağacı Kabuğu	0.034817	0.02680	0	0.000429	0.031885
Huş Kontraplak	0.040525	0.03130	0	0.00045	0.042275
Huş Ağacı	0.043633	0.02050	0	0.000229	0.040377
Hibrit kavak	0.042250	0.03180	6.25E-06	0.000136	0.044803
Hasır	0.040075	0.03220	9.38E-05	0.000214	0.042247
Hurma ağacının gövdesi	0.042167	0.04900	0	0.000786	0.054635
Hızır tozu	0.038142	0.03345	0	0.002179	0.040964
Islak Bambu Talaşı	0.043350	0.02455	0	0.000236	0.042269
İpil Ağacı Odunu	0.040450	0.02975	0	0	0.041103
İskoç Çamı	0.042408	0.02900	3.13E-06	0	0.04338
Ihlamur Ağacı	0.039767	0.03030	0	0.000443	0.040667
İşlenmemiş Atık Odun	0.038083	0.02900	0	0.000286	0.037552
İşlenmiş Atık Odun	0.038083	0.02800	0	0.000143	0.036927
İşlenmemiş Küspe	0.036333	0.02750	0	0.000214	0.034271
İşlenmiş Küspe	0.037083	0.02850	0	0.000143	0.035833
Japon Servi Kerestesi	0.042917	0.03100	0	7.14E-05	0.045229
Japon kızılçam	0.040050	0.03455	5.94E-05	0.001336	0.043956
Küt yapraklı yalancı servi	0.039508	0.03540	6.56E-05	0.000857	0.043493
Kayın Kerestesi	0.040200	0.03205	0	0.000100	0.042097
Kızılağaç Talaşı	0.037892	0.02970	6.25E-05	0.000286	0.037807
Kara Kavak Kabuğu	0.036042	0.03165	0.000106	0.000300	0.036454
Kestane Ağacı Kerestesi	0.038233	0.02500	8.44E-05	8.57E-05	0.03559
Kamış	0.044433	0.03440	0	0	0.049196
Kestane(Pelet)	0.044525	0.02485	0.000025	0.000264	0.044116
Kabuk Peleti	0.045075	0.03065	9.38E-06	0.000357	0.048144
Kağıt Fab. Atıkları	0.044717	0.03360	0	0.000336	0.049282
Kızılağaç kabuğu	0.043425	0.02560	3.13E-05	7.14E-05	0.042953
Kabuk	0.049367	0.03190	0	0.000271	0.054692
Kral ağacı	0.038192	0.03145	0	0	0.038954
Kenger peleti	0.068975	0.06350	9.38E-05	0.003021	0.100819

Tablo 28'in devamı

Biyokütle Türü	V_{CO2}	V_{H2O}	V_{SO2}	V_{N2}	V_{O2}
Kızılçam	0.043842	0.03050	0	0.000214	0.046282
Köknar	0.042142	0.03100	0	0	0.044132
Kontrplak	0.039092	0.02980	1.56E-05	0.000857	0.039670
Kestane Kabuğu	0.036675	0.02850	0	0.001021	0.035656
Kayın	0.041158	0.03065	0	0	0.042583
Kayın (Kabuğu İle)	0.040108	0.03115	3.13E-06	0.000157	0.041496
Kavak	0.040975	0.03175	9.38E-06	0.000293	0.043097
Kıyılmış Meşe Ağacı	0.041867	0.03575	4.06E-05	0.000650	0.046792
Kavuk (İbrelili Odun)	0.044942	0.03055	9.38E-06	0.000371	0.047910
Kara Kavak Ağacı	0.038492	0.02855	0.000175	0.000129	0.038142
Kestane Ağacı Yongası	0.037750	0.03050	5.31E-05	0.000164	0.037991
Ladin kabuğu	0.044867	0.02965	3.13E-05	0.000150	0.047248
Ladin Çamı	0.039825	0.03170	3.44E-05	0.000100	0.041453
Lignoselülozik orman atıkları	0.045533	0.03350	0.000125	2.86E-05	0.050465
Loblolly Çam	0.043117	0.03025	0	0.000100	0.045095
Meşe Ağacı Yaprağı	0.039092	0.02735	0.000119	0.002171	0.039073
Muşmula Ağacı Dalı	0.036967	0.03085	5.63E-05	0.000371	0.037207
Mimoza Ağacı Dalı	0.038175	0.03095	5.31E-05	0.000536	0.038991
Meşe Ağacı Dalı	0.040217	0.03140	0.000103	0.002050	0.042814
Maun	0.035950	0.02745	0	0.000564	0.033869
Melez Kavak	0.037117	0.03105	0	0	0.037251
Meşe kabuğu	0.043733	0.02850	3.44E-05	0.000150	0.045049
Meşe Ağacı Budama	0.031575	0.02970	6.56E-05	0.000521	0.029231
Meşe Dalı Talaşı	0.038042	0.02875	0.000622	0.000543	0.038710
MDF Peleti	0.043842	0.02880	9.38E-06	0.002521	0.046354
MDF	0.041308	0.03165	0	0.003171	0.044740
Monteri Çamı	0.044158	0.03000	3.13E-06	0	0.046349
Masif Odun	0.042467	0.03185	0	0.000629	0.045332
Mobilya	0.038883	0.03325	0	0.001179	0.041433
Meşe ağacı	0.037917	0.03020	0	0.000136	0.037932
Meşe ağacı talaşı	0.038833	0.03210	0	0.000300	0.040333
MDF tozu	0.039008	0.03460	0	0.003086	0.043199
Oryantel beyaz meşe	0.046083	0.02850	0	0.001786	0.048927
Okalıptüs grandis	0.037617	0.03005	4.06E-05	0.000271	0.037576
Odun talaşı	0.044442	0.03060	2.19E-05	0.000271	0.047232
Orman peleti	0.070200	0.06160	0	0.002457	0.101000

Tablo 28'in devamı

Biyokütle Türü	V_{CO2}	V_{H2O}	V_{SO2}	V_{N2}	V_{O2}
Odun Briketi	0.042275	0.03210	0	3.57E-05	0.044950
Orman Güllü peleti	0.048125	0.02640	1.25E-05	0.000207	0.049888
Orman Atığı	0.044392	0.03130	2.81E-05	0.000214	0.047545
Okaliptüs Kabuğu	0.038775	0.02935	9.38E-05	0.001207	0.039291
Okaliptüs Talaşı	0.037308	0.03165	4.69E-05	0.000100	0.037990
Odun	0.043858	0.03180	0	7.14E-05	0.046974
Orman Atığı Peleti	0.049525	0.02475	4.69E-05	0.000314	0.051000
Odun Kabuğu	0.051300	0.02310	0	0.000114	0.052331
Odun Lifi	0.044433	0.02855	0	0.003371	0.047380
Odun Parçacıkları	0.043792	0.01745	1.56E-05	0.000257	0.038923
Portakal Ağacı Yaprağı	0.034258	0.02640	0.000125	0.001850	0.031765
Portakal Ağacı Dalı	0.038142	0.03060	6.56E-05	0.000400	0.038714
Pavlonya	0.038867	0.02980	0	7.14E-05	0.038985
P. falcataria	0.039442	0.03345	0	0.000621	0.042070
Pelet	0.039800	0.02995	0	0.000050	0.040344
Sert odun	0.042050	0.03220	0	0.000300	0.044813
Servi ağacı	0.043317	0.03120	0.000144	0.000464	0.046351
Sarı Çam	0.040275	0.03245	0	0	0.042381
Söğüt	0.043025	0.02770	9.38E-06	0.000271	0.043628
Sunta	0.037342	0.02660	0	0.001657	0.035782
Sazlık Kamışı	0.046250	0.02805	2.19E-05	0.000264	0.048281
Saman	0.042975	0.03405	0	0.000464	0.047197
Siyah Kavak Ağacı Rendesı	0.041950	0.03000	9.38E-06	0.000143	0.043388
Siyah Pelet	0.043958	0.02905	0	0.000143	0.045596
Schima Ağacı	0.038608	0.02905	0.000131	4.29E-05	0.038458
Siyah Kavak Yaprağı	0.048575	0.04205	0.000109	0.000736	0.059734
Siyah Kavak Ağacı Dalı	0.038017	0.00015	0.000184	0.000236	0.021579
Saman Pelet	0.039908	0.02755	5.31E-05	0.000400	0.039402
Şeftali Ağacı Yaprağı	0.049650	0.04880	0.000241	0.001450	0.065584
Tesbih ağacı	0.037267	0.03470	0	0.001364	0.040107
Titrek kavak	0.040658	0.03000	3.13E-06	0.000357	0.041693
Talaş Briketi	0.045575	0.02130	0	0.000100	0.043441
Tütün Sapı	0.073092	0.06145	0	0	0.103817
Vermont Ağacı	0.045425	0.03105	9.38E-06	7.86E-05	0.048728
Yumuşak Buğday Samanı	0.073283	0.06030	0	0	0.103433
Yumuşak odun	0.043842	0.03050	0	0.000143	0.046251
Yonga	0.047400	0.02985	0	0	0.050716
Yonga Levha	0.052900	0.03940	0	0.002157	0.064594
Quercus serrata	0.039117	0.03320	5.31E-05	0.000893	0.041707
Zeytin Ağacı Budama	0.037800	0.02735	8.75E-05	0.001050	0.036744

Tablo 29. Ormansal biyokütle kaynaklarının S_{DAF} (kJ/kgK), HHV (MJ/kg), LHV (MJ/kg) ve e^{CH} (MJ/kg) değerleri

Biyokütle Türü	S_{DAF}	HHV	LHV	e^{CH}
Ağaç kabuğu	1.508618	19.62193	18.36064	20.25778
Akdeniz defnesi	1.569640	20.26284	18.87061	20.89649
Avrupa Melezi Odunu	1.558275	18.93728	17.51886	19.52974
Aylandız	1.545577	20.96851	19.57410	21.53924
Ağaç Yongası	1.508347	15.88872	14.68635	16.62513
Ahşap Pelet	1.540531	18.80752	17.46985	19.46511
Ahşap Talaş	1.473556	17.09608	15.97662	17.83604
Ağaç Talaşı	1.508271	22.04170	20.73022	22.61922
Ağaç Atıkları	1.566319	21.07058	19.60416	21.63129
Ahşap Kavak Talaşı	1.552416	18.36402	16.99798	19.00198
Atık Kağıt	1.468171	15.30932	14.26406	16.12409
Babul Ağacı	1.531342	20.20559	18.87228	20.81194
Budanmış Bağ	1.555687	19.55965	18.19361	20.20075
Budanmış Portakal Ağacı	1.556841	18.91349	17.52781	19.53892
Budanmış Elma Ağacı	1.787957	44.57018	42.02795	44.37682
Budanmış Şeftali Ağacı	1.530112	19.81858	18.49182	20.43602
Budanmış Badem Ağacı	1.811631	44.89357	42.26623	44.66851
Budanmış Limon Ağacı	1.824515	45.07599	42.40065	44.83318
Budanmış Armut Ağacı	1.815179	44.94332	42.30289	44.71341
Budanmış Kiraz Ağacı	1.786713	44.55360	42.01573	44.36187
Budanmış Kayısı Ağacı	1.565276	21.11517	19.67057	21.68528
Bambu Talaşı	1.567714	20.68157	19.21952	21.23696
Çam kabuğu	1.489173	21.96760	20.70849	22.57037
Çam İğnesi	1.592368	19.77539	18.23042	20.32976
Çam Dalı	1.608710	24.10154	22.48237	24.56232
Çam ağacı talaşı	1.560103	19.58659	18.16381	20.17296
Çam Cipsleri	1.529164	21.16797	19.81503	21.75182
Çam ağacı	1.554234	19.11397	17.71301	19.71221
Çam Odunu	1.594211	22.82826	21.23964	23.30330
Çınar Ağacı	1.515523	18.14031	16.88338	18.81484
Defne Yaprağı Atığı	1.557521	21.35124	19.94374	21.94686
Dönüşemeyen Atık Kağıtlar	1.460881	18.72182	17.60236	19.42071
Dalgaların karaya attığı odun	1.584097	20.48000	18.98958	21.05332
Demir ağacı	1.579826	19.40814	17.95263	20.01579
Defne (Pelet)	1.459187	21.88363	20.70744	22.51674
Domates peleti	1.902766	42.86901	40.25258	42.77901
Dişbudak	1.522356	18.07640	16.79329	18.72657

Tablo 29'un devamı

Biyokütle Türü	S_{DAF}	HHV	LHV	e^{CH}
Doğu Kayını	1.536732	17.67044	16.34368	18.31272
Endamlı Okaliptus	1.600579	20.72817	19.19847	21.29708
Göknar ağacı talaşı	1.580384	17.18000	15.68303	17.78563
Gökkuşağı okaliptüsü	1.544027	19.99675	18.61761	20.58600
Gürgen Ağacı Kabuğu	1.501638	15.48834	14.31870	16.22815
Huş Kontrplak	1.545010	19.74415	18.37811	20.35045
Huş Ağacı	1.364347	18.63613	17.74144	19.41264
Hibrit kavak	1.543375	20.77422	19.38636	21.34980
Hasır	1.554705	19.76253	18.35721	20.37555
Hurma ağacının gövdesi	1.718229	25.21429	23.07576	25.50772
Hızar tozu	1.588143	19.21481	17.75494	19.84779
Islak Bambu Talaşı	1.435958	19.52134	18.44989	20.22219
İpil Ağacı Odunu	1.520620	19.25047	17.95207	19.87476
İskoç Çamı	1.503956	20.12362	18.85796	20.74482
Ihlamur Ağacı	1.534225	19.07515	17.75275	19.70631
İşlenmemiş Atık Odun	1.520449	17.80843	16.54277	18.47481
İşlenmiş Atık Odun	1.506396	17.53443	16.31241	18.21542
İşlenmemiş Küspe	1.505379	16.46484	15.26465	17.17265
İşlenmiş Küspe	1.515440	17.11960	15.87576	17.80073
Japon Servi Kerestesi	1.530224	20.91912	19.56617	21.50002
Japon kızılçam	1.592953	20.46756	18.95968	21.05714
Küt yapraklı yalancı servi	1.597518	20.33624	18.79126	20.90637
Kayın Kerestesi	1.551010	19.71666	18.31789	20.30424
Kızılağaç Talaşı	1.529808	17.92457	16.62836	18.59630
Kara Kavak Kabuğu	1.555250	17.45020	16.06888	18.11660
Kestane Ağacı Kerestesi	1.464583	16.89485	15.80376	17.64992
Kamış	1.568316	22.60540	21.10406	23.10934
Kestane(Pelet)	1.435457	20.25611	19.17157	20.94833
Kabuk Peleti	1.522173	22.04281	20.70514	22.61970
Kağıt Fab. Atıkları	1.562250	22.59568	21.12926	23.11911
Kızılağaç kabuğu	1.450298	19.83130	18.71403	20.51589
Kabuk	1.522484	24.67690	23.28467	25.18820
Kral ağacı	1.547022	18.45997	17.08738	19.07463
Kenger peleti	1.922862	43.82569	41.05434	43.67007
Kızılçam	1.522352	21.31089	19.97976	21.89588
Köknar	1.531714	20.48947	19.13652	21.07572
Kontrplak	1.533590	18.64186	17.34129	19.30231

Tablo 29'un devamı

Biyokütle Türü	S_{DAF}	HHV	LHV	e^{CH}
Kestane Kabuğu	1.523094	17.00648	15.76265	17.71306
Kayın	1.530122	19.86580	18.52813	20.46734
Kayın (Kabuğu İle)	1.540958	19.44528	18.08579	20.05199
Kavak	1.547834	20.09054	18.70486	20.68328
Kıyılmış Meşe Ağacı	1.597298	21.66462	20.10436	22.19430
Kavuk (İbrelili Odun)	1.521445	21.94655	20.61324	22.52679
Kara Kavak Ağacı	1.512972	18.00956	16.76354	18.72172
Kestane Ağacı Yongası	1.538551	18.03159	16.70047	18.68498
Ladin kabuğu	1.505961	21.66201	20.36799	22.26012
Ladin Çamı	1.547793	19.44574	18.06225	20.05195
Lignoselülozik orman atıkları	1.554850	23.05708	21.59503	23.60014
Loblolly Çam	1.519894	20.83900	19.51878	21.43244
Meşe Ağacı Yaprağı	1.513957	18.24359	17.04994	19.00705
Muşmula Ağacı Dalı	1.545684	17.72361	16.37721	18.38406
Mimoza Ağacı Dalı	1.546392	18.42364	17.07287	19.07404
Meşe Ağacı Dalı	1.563452	19.86743	18.49703	20.53984
Maun	1.508173	16.28714	15.08913	17.00808
Melez Kavak	1.544399	17.77371	16.41858	18.40557
Meşe kabuğu	1.493856	20.75386	19.51002	21.38410
Meşe Ağacı Budama	1.537761	14.52580	13.22959	15.26507
Meşe Dalı Talaşı	1.522422	18.15927	16.90452	18.99746
MDF Peleti	1.527623	21.16643	19.90950	21.83890
MDF	1.576103	20.59564	19.21432	21.25333
Monteri Çamı	1.511397	21.33021	20.02091	21.91744
Masif Odun	1.549473	20.96153	19.57149	21.54412
Mobilya	1.577429	19.44265	17.99151	20.04739
Meşe ağacı	1.534163	18.00700	16.68896	18.64976
Meşe ağacı talaşı	1.556239	19.01210	17.61115	19.61642
MDF tozu	1.608500	20.09235	18.58228	20.71864
Oryantel beyaz meşe	1.507327	22.20969	20.96585	22.84776
Okalipütüs grandis	1.534369	17.84893	16.53744	18.51097
Odun talaşı	1.522545	21.68366	20.34817	22.26840
Orman peleti	1.889754	43.87290	41.18446	43.70248
Odun Peleti	1.515370	20.13614	18.83993	20.74785
Odun Briketi	1.545823	20.84825	19.44730	21.41424
Orman Gülü peleti	1.441554	22.59301	21.44083	23.22051
Orman Atığı	1.531518	21.83296	20.46692	22.40562

Tablo 29'un devamı

Biyokütle Türü	S_{DAF}	HHV	LHV	e^{CH}
Okaliptüs Kabuğu	1.532092	18.4488	17.16787	19.14900
Okaliptüs Talaşı	1.551883	18.07453	16.69322	18.70854
Odun	1.537819	21.63552	20.24766	22.19333
Orman Atığı Peleti	1.407556	22.96593	21.88575	23.62469
Odun Kabuğu	1.362827	23.45148	22.44332	24.11144
Odun Lifi	1.532666	21.52258	20.27656	22.21175
Odun Parçacıkları	1.305198	17.95399	17.19241	18.79441
Portakal Ağacı Yaprığı	1.505387	15.33991	14.18772	16.16051
Portakal Ağacı Dalı	1.541155	18.30720	16.97171	18.96408
Pavlonya	1.526446	18.41236	17.11179	19.05194
P. falcataria	1.573858	19.72822	18.26835	20.31059
Pelet	1.525618	18.95496	17.64784	19.58275
Sert odun	1.550903	20.78438	19.37907	21.35682
Servi ağacı	1.537349	21.32995	19.96827	21.94983
Sarı Çam	1.554496	19.84756	18.43133	20.42494
Söğüt	1.486516	20.16286	18.95394	20.81056
Sunta	1.502313	16.96003	15.79911	17.71039
Sazlık Kamışı	1.478013	22.01103	20.78683	22.62703
Saman	1.573536	21.78120	20.29514	22.31568
Siyah Kavak Ağacı Rendesi	1.520954	20.15283	18.84352	20.76477
Siyah Pelet	1.500652	20.99371	19.72587	21.60272
Schima Ağacı	1.518019	18.16194	16.89410	18.85062
Siyah Kavak Yaprığı	1.661136	26.97764	25.14243	27.35161
Siyah Kavak Ağacı Dalı	0.910017	10.49094	10.48439	11.79220
Saman Pelet	1.497473	18.47650	17.27413	19.16907
Şeftali Ağacı Yaprığı	1.741017	29.46559	27.33579	29.76177
Tesbih ağacı	1.594244	18.95945	17.44502	19.55943
Titrek kavak	1.527242	19.47386	18.16456	20.10100
Talaş Briketi	1.365201	19.87963	18.95002	20.62155
Tütün Sapı	1.826246	45.10087	42.41898	44.85565
Vermont Ağacı	1.522505	22.30096	20.94583	22.86100
Yumuşak Buğday Samanı	1.812817	44.91015	42.27845	44.68348
Yumuşak odun	1.521391	21.30206	19.97093	21.88540
Yonga	1.496027	23.04995	21.74719	23.61062
Yonga Levha	1.645996	28.75116	27.03161	29.13469
Quercus serrata	1.574269	19.55588	18.10691	20.16605
Zeytin Ağacı Budama	1.506901	17.38319	16.18954	18.12330

Tablo 30. Ormansal biyokütle kaynaklarının β değerleri

Biyokütle Türü	β_1	β_2	β_3	β_4
Ağaç kabuğu	1.045346163	1.139581508	1.157908654	1.199485860
Akdeniz defnesi	1.045571513	1.134772717	1.155082501	1.221788956
Avrupa Melezi Odunu	1.045732664	1.160997780	1.186302869	1.238486114
Aylاندız	1.045491005	1.131585566	1.146792273	1.212866233
Ağaç Yongası	1.045575551	1.199471242	1.245010904	1.225334460
Ahşap Pelet	1.045583073	1.155296342	1.179686448	1.223597383
Ahşap Talaş	1.045274353	1.166181275	1.195478569	1.193620015
Ağaç Talaşı	1.045253054	1.117061062	1.128080447	1.189343610
Ağaç Atıkları	1.045625905	1.134677163	1.150393292	1.225962036
Ahşap Kavak Talaşı	1.045687560	1.163830060	1.192485436	1.234660223
Atık Kağıt	1.045283630	1.189294630	1.234495424	1.196110702
Babul Ağacı	1.045439102	1.136533245	1.153826860	1.208308397
Budanmış Bağ	1.045576653	1.144046255	1.166117499	1.222625954
Budanmış Portakal Ağacı	1.045674096	1.156484992	1.181967155	1.232775776
Budanmış Elma Ağacı	1.045596604	1.045883418	1.036546067	1.212093039
Budanmış Şeftali Ağacı	1.045459700	1.141109537	1.159788312	1.210543317
Budanmış Badem Ağacı	1.045676398	1.045962710	1.036616326	1.218596999
Budanmış Limon Ağacı	1.045721723	1.046007750	1.036656234	1.222291406
Budanmış Armut Ağacı	1.045688737	1.045974972	1.036627190	1.219602730
Budanmış Kiraz Ağacı	1.045592531	1.045879371	1.036542480	1.211761050
Budanmış Kayısı Ağacı	1.045581843	1.131817777	1.147649583	1.221731627
Bambu Talaşı	1.045651687	1.138815487	1.156191504	1.228864190
Çam kabuğu	1.045168358	1.115389047	1.126106116	1.181323700
Çam İğnesi	1.045927167	1.156848130	1.180638811	1.257361543
Çam Dalı	1.045649353	1.110816079	1.120794157	1.226164031
Çam ağacı talaşı	1.045677899	1.150734556	1.172541766	1.232413947
Çam Cipsleri	1.045395405	1.127492152	1.141312968	1.203409729
Çam ağacı	1.045677896	1.156433831	1.180298491	1.232815063
Çam Odunu	1.045698101	1.122530253	1.134256383	1.231647998
Çınar Ağacı	1.045469548	1.160096415	1.186296979	1.212643764
Defne Yaprığı Atığı	1.045494457	1.126371390	1.141313002	1.213138882
Dönüşemeyen Atık Kağıtlar	1.045143171	1.142287834	1.161837184	1.179935575
Dalgaların karaya attığı odun	1.045740037	1.141297030	1.160918775	1.237951852
Demir ağacı	1.045781200	1.152711475	1.177672311	1.243215341
Defne (Pelet)	1.045034485	1.112264252	1.122697611	1.168780426
Domates peleti	1.045809960	1.046095432	1.039772568	1.230738402
Dişbudak	1.045526707	1.163765203	1.191055429	1.218419498

Tablo 30'un devamı

Biyokütle Türü	β_1	β_2	β_3	β_4
Doğu Kayını	1.045663653	1.175044990	1.207027290	1.232699596
Endamlı Okaliptus	1.045804300	1.138958801	1.159024580	1.244237145
Gökmar ağacı talaşı	1.046138462	1.204555347	1.250803436	1.282892926
Gökkuşuğu okaliptüsü	1.045546182	1.142573444	1.161262034	1.218926229
Gürge Ağacı Kabuğu	1.045539828	1.203993123	1.253456513	1.222116183
Huş Kontrplak	1.045546761	1.144117601	1.164146887	1.219264701
Huş Ağacı	1.044745034	1.129940815	1.146213112	1.141562132
Hibrit kavak	1.045494556	1.133611976	1.149306112	1.213313113
Hasır	1.045629258	1.147036511	1.167433986	1.227365881
Hurma ağacının gövdesi	1.046579447	1.124212451	1.136178676	1.315347051
Hızar tozu	1.045824033	1.153433615	1.180801203	1.247932083
Islak Bambu Talaşı	1.045000750	1.129838766	1.145542126	1.165989023
İpil Ağacı Odunu	1.045449011	1.147405925	1.167916995	1.209779462
İskoç Çamı	1.045312144	1.134438894	1.150535682	1.195828892
İhlamur Ağacı	1.045519153	1.150301661	1.172825027	1.217015544
İşlenmemiş Atık Odun	1.045517943	1.166072897	1.195069936	1.217817909
İşlenmiş Atık Odun	1.045448359	1.167438668	1.196912604	1.210933857
İşlenmemiş Köspe	1.045505734	1.185600032	1.224156835	1.217643097
İşlenmiş Köspe	1.045536629	1.177064230	1.210895790	1.220238496
Japon Servi Kerestesi	1.045414175	1.130224126	1.144844426	1.205368376
Japon kızılçam	1.045786080	1.141484775	1.161975627	1.242614523
Küt yapraklı yalancı servi	1.045874436	1.147038108	1.168326751	1.251484800
Kayın Kerestesi	1.045612749	1.147639204	1.168044689	1.225752186
Kızılğaç Talaşı	1.045577106	1.166683904	1.195776463	1.223707538
Kara Kavak Kabuğu	1.045827098	1.183910592	1.220626957	1.249836173
Kestane Ağacı Kerestesi	1.045232781	1.167166096	1.197062081	1.189539428
Kamış	1.045551613	1.120673914	1.132017139	1.217629885
Kestane(Pelet)	1.044979001	1.122869036	1.136431306	1.163805282
Kabuk Peleti	1.045301941	1.117594483	1.129193520	1.194093785
Kağıt Fab. Atıkları	1.045491204	1.118399129	1.129847211	1.211913119
Kızılğaç kabuğu	1.045062234	1.129297759	1.144361251	1.171765200
Kabuk	1.045212390	1.099052486	1.106258893	1.184699657
Kral ağacı	1.045682217	1.165064478	1.192318979	1.233831274
Kenger peleti	1.045939652	1.046224308	1.039234747	1.241040263
Kızılçam	1.045343566	1.124647970	1.137948384	1.198373463
Kökmar	1.045449377	1.135237743	1.151297891	1.209033308
Kontrplak	1.045520124	1.153828222	1.178836487	1.217561395

Tablo 30'un devamı

Biyokütle Türü	β_1	β_2	β_3	β_4
Kestane Kabuğu	1.045559305	1.176308332	1.212229784	1.222936527
Kayın	1.045473416	1.141897663	1.160260937	1.211791817
Kayın (Kabuğu İle)	1.045558113	1.148505712	1.169527211	1.220536532
Kavak	1.045553386	1.141312174	1.159918141	1.219617077
Kıyılmış Meşe Ağacı	1.045762838	1.131913031	1.147542919	1.239050322
Kavuk (İbreli Odun)	1.045301391	1.118250150	1.130058939	1.194087136
Kara Kavak Ağacı	1.045465555	1.161396760	1.188021638	1.212292269
Kestane Ağacı Yongası	1.045641060	1.168287460	1.197589133	1.230080276
Ladin kabuğu	1.045251244	1.119550116	1.131406863	1.189338980
Ladin Çamı	1.045609353	1.150312393	1.171777220	1.225627340
Lignoselülozik orman atıkları	1.045449671	1.114507579	1.124442600	1.207568725
Loblolly Çam	1.045359200	1.129265626	1.143750780	1.200082566
Meşe Ağacı Yaprağı	1.045354040	1.147947138	1.174146519	1.201707196
Muşmula Ağacı Dalı	1.045711519	1.174664761	1.207354052	1.237639958
Mimoza Ağacı Dalı	1.045648461	1.162141453	1.189602545	1.230569611
Meşe Ağacı Dalı	1.045569043	1.138423770	1.159899522	1.221800906
Maun	1.045523435	1.187941262	1.228768905	1.219737210
Melez Kavak	1.045716861	1.175817315	1.207989201	1.238053810
Meşe kabuğu	1.045226944	1.126017986	1.139846288	1.187356757
Meşe Ağacı Budama	1.045992637	1.256637297	1.338950413	1.271675609
Meşe Dalı Talaşı	1.045502738	1.158025033	1.184136757	1.215969084
MDF Peleti	1.045240810	1.117240689	1.132916446	1.189366520
Monteri Çamı	1.045300340	1.123859737	1.136594658	1.194133926
Masif Odun	1.045487500	1.130433755	1.146107822	1.212644350
Mobilya	1.045766074	1.152264459	1.176737021	1.241626325
Meşe ağacı	1.045610681	1.167686658	1.196729808	1.227016143
Meşe ağacı talaşı	1.045690515	1.157524587	1.182227447	1.234223896
MDF tozu	1.045850523	1.141904019	1.166566788	1.249806719
Oryantel beyaz meşe	1.045138879	1.109146965	1.121275393	1.179094313
Okalıptüs grandis	1.045616947	1.169433065	1.199643573	1.227826278
Odun talaşı	1.045324639	1.121027600	1.133399378	1.196393551
Orman peleti	1.045825356	1.046110731	1.038654511	1.231526007
Odun Peleti	1.045369848	1.135922696	1.152520242	1.201473931
Odun Briketi	1.045512182	1.133765581	1.149263279	1.214962637
Orman Güllü peleti	1.044953714	1.105778046	1.114673203	1.161116215
Orman Atığı	1.045368481	1.121159145	1.133380065	1.200509496

Tablo 30'un devamı

Biyokütle Türü	β_1	β_2	β_3	β_4
Okaliptüs Kabuğu	1.045505867	1.154148779	1.180221731	1.216374336
Okaliptüs Talaşı	1.045748090	1.172304034	1.202961901	1.240954557
Odun	1.045421414	1.124532025	1.137368910	1.205671112
Orman Atığı Peleti	1.044824331	1.100280462	1.108308030	1.149195439
Odun Kabuğu	1.044693275	1.095210587	1.102090622	1.137177188
Odun Lifi	1.045202719	1.111679157	1.127324600	1.185918566
Odun Parçacıkları	1.044555966	1.130079768	1.146867602	1.123496057
Portakal Ağacı Yaprığı	1.045542131	1.199865355	1.251777360	1.222976345
Portakal Ağacı Dalı	1.045626021	1.163198463	1.190846902	1.228362689
Pavlonya	1.045531818	1.159676093	1.185194476	1.218678189
P. falcataria	1.045747433	1.150329349	1.172683888	1.239342054
Pelet	1.045494158	1.152026339	1.174375720	1.214490378
Sert odun	1.045529251	1.134095092	1.150220564	1.216750463
Servi ağacı	1.045408734	1.125192683	1.139024346	1.204703087
Sarı Çam	1.045635133	1.147318193	1.167308475	1.227849983
Söğüt	1.045206101	1.130181284	1.145634289	1.185615426
Sunta	1.045387704	1.167299876	1.201061765	1.205735998
Sazlık Kamışı	1.045107189	1.113139638	1.123706112	1.175601926
Saman	1.045599651	1.127122738	1.141170557	1.222962471
Siyah Kavak Ağacı Rendesı	1.045395113	1.136266977	1.153108956	1.203962036
Siyah Pelet	1.045251261	1.124854719	1.138261110	1.189604455
Schima Ağacı	1.045493935	1.161008392	1.187152650	1.215018979
Siyah Kavak Yaprığı	1.045794030	1.096874881	1.103683274	1.237726792
Siyah Kavak Ağacı Dalı	1.043510456	1.183459492	1.228734503	1.016758301
Saman Pelet	1.045329380	1.150307047	1.173244071	1.198498743
Şeftali Ağacı Yaprığı	1.046104632	1.084404666	1.083848859	1.264633362
Tesbih ağacı	1.045967487	1.164512377	1.194310962	1.262665746
Titrek kavak	1.045455319	1.144182372	1.164253131	1.210369029
Talaş Briketi	1.044738508	1.119587590	1.132308511	1.140990313
Tütün Sapı	1.045727922	1.046013909	1.036661692	1.222796625
Vermont Ağacı	1.045311392	1.116638090	1.127454333	1.194795415
Yumuşak Buğday Samanı	1.045680509	1.045966796	1.036619945	1.218932090
Yumuşak odun	1.045343566	1.124901627	1.138140562	1.198355022
Yonga	1.045168829	1.108351802	1.117183854	1.181029243
Yonga Levha	1.045473724	1.078573314	1.077727253	1.207557428
Quercus serrata	1.045749169	1.151199679	1.174570412	1.239731923
Zeytin Ağacı Budama	1.045417394	1.164671890	1.195394913	1.208210158

Tablo 31. Ormansal biyokütle kaynaklarının korelasyon formüllerinden elde edilen kimyasal ekserji değerleri (MJ/kg)

Biyokütle Türü	(e ^{CH}) ₁	(e ^{CH}) ₂	(e ^{CH}) ₃	(e ^{CH}) ₄
Ağaç kabuğu	19.19322149	20.92344245	21.25994053	22.02332452
Akdeniz defnesi	19.73057411	21.41385539	21.79711345	23.05590506
Avrupa Melezi Odunu	18.32004802	20.33936188	20.78267830	21.69686945
Aylандız	20.46454925	22.14977311	22.44743076	23.74076930
Ağaç Yongası	15.35568605	17.61585167	18.28466299	17.99568789
Ahşap Pelet	18.26618265	20.18285733	20.60894890	21.37606647
Ahşap Talaş	16.69995549	18.63163995	19.09971181	19.07001838
Ağaç Talaşı	21.66832066	23.15691611	23.38535033	24.65534887
Ağaç Atıkları	20.49862064	22.24439601	22.55249755	24.03395953
Ahşap Kavak Talaşı	17.77458129	19.78276571	20.26984935	20.98673573
Atık Kağıt	14.90998527	16.96416639	17.60891309	17.06139123
Babul Ağacı	19.72981987	21.44897407	21.77534402	22.80353487
Budanmış Bağ	19.02281891	20.81433692	21.21589263	22.24398569
Budanmış Portakal Ağacı	18.32838135	20.27065416	20.71730079	21.60786486
Budanmış Elma Ağacı	43.94428239	43.95633658	43.56390684	50.94178631
Budanmış Şeftali Ağacı	19.33245563	21.10119549	21.44660008	22.38515265
Budanmış Badem Ağacı	44.19680321	44.20890454	43.81386806	51.50550574
Budanmış Limon Ağacı	44.33928090	44.35140863	43.95489827	51.82595025
Budanmış Armut Ağacı	44.23565860	44.24776714	43.85232894	51.59272362
Budanmış Kiraz Ağacı	43.93133442	43.94338619	43.55108992	50.91302619
Budanmış Kayısı Ağacı	20.56719049	22.26350043	22.57492107	24.03215709
Bambu Talaşı	20.09691858	21.88748168	22.22144029	23.61817409
Çam kabuğu	21.64385976	23.09802429	23.31995862	24.46343147
Çam İğnesi	19.06768818	21.08982357	21.52353761	22.92222498
Çam Dalı	23.50867144	24.97377362	25.19810441	27.56706848
Çam ağacı talaşı	18.99349821	20.90172771	21.29782981	22.38533694
Çam Cipsleri	20.71453802	22.34128727	22.61514711	23.84559611
Çam ağacı	18.52210522	20.48392643	20.90664144	21.83686812
Çam Odunu	22.21024637	23.84213327	24.09119198	26.15975438
Çınar Ağacı	17.65105589	19.58634442	20.02869841	20.47352109
Defne Yaprağı Atığı	20.85107023	22.46405879	22.76205042	24.19452714
Dönüşemeyen Atık Kağıtlar	18.39698966	20.10696531	20.45108007	20.76965451
Dalgaların karaya attığı odun	19.85816208	21.67274905	22.04535772	23.50818335
Demir ağacı	18.77452066	20.69420008	21.14231268	22.31898231
Defne (Pelet)	21.63998548	23.03214162	23.24818974	24.20244671
Domates peleti	42.09655403	42.10804501	41.85353338	49.54040179
Dişbudak	17.55782832	19.54344112	20.00173367	20.46126629

Tablo 31'in devamı

Biyokütle Türü	(e ^{CH}) ₁	(e ^{CH}) ₂	(e ^{CH}) ₃	(e ^{CH}) ₄
Doğu Kayını	17.08998785	19.20455450	19.72726284	20.14684270
Endamlı Okaliptus	20.07783829	21.86626180	22.25149397	23.88744450
Gökmar ağacı talaşı	16.40662564	18.89108314	19.61639351	20.11965409
Gökkuşığı okaliptüsü	19.46557607	21.27199227	21.61992924	22.69349900
Gürge Ağacı Kabuğu	14.97076929	17.23961421	17.94786556	17.49911283
Huş Kontrplak	19.21517007	21.02671549	21.39481586	22.40777694
Huş Ağacı	18.53527696	20.04677243	20.33546635	20.25295128
Hibrit kavak	20.26832978	21.97660547	22.28085758	23.52172009
Hasır	19.19484083	21.05639556	21.43083639	22.53101906
Hurma ağacının gövdesi	24.15061846	25.94205921	26.21818898	30.35263578
Hızır tozu	18.56854345	20.47914517	20.96505506	22.15695983
Islak Bambu Talaşı	19.28014882	20.84540088	21.13512615	21.51236915
İpil Ağacı Odunu	18.76797711	20.59831509	20.96653130	21.71804939
İskoç Çamı	19.71245951	21.39320862	21.69676129	22.55089903
İhlamur Ağacı	18.56084251	20.42102041	20.82087214	21.60537544
İşlenmemiş Atık Odun	17.29576360	19.29007656	19.76976793	20.14608244
İşlenmiş Atık Odun	17.05378658	19.04374302	19.52453408	19.75325455
İşlenmemiş Köspe	15.95927475	18.09776459	18.68632053	18.58689063
İşlenmiş Köspe	16.59869112	18.68679206	19.22389388	19.37221646
Japon Servi Kerestesi	20.45475549	22.11416175	22.40022507	23.58444721
Japon kızılçam	19.82776806	21.64218458	22.03068455	23.55957210
Küt yapraklı yalancı servi	19.65330137	21.55429452	21.95433500	23.51697975
Kayın Kerestesi	19.15341645	21.02232555	21.39611092	22.45319036
Kızılğaç Talaşı	17.38623598	19.40004383	19.88380546	20.34825352
Kara Kavak Kabuğu	16.80527394	19.02412153	19.61411252	20.08347202
Kestane Ağacı Kerestesi	16.51861157	18.44561684	18.91808590	18.79919968
Kamış	22.06538629	23.65077201	23.89016014	25.69693685
Kestane(Pelet)	20.03388588	21.52715998	21.78716997	22.31197201
Kabuk Peleti	21.64312518	23.13995252	23.38011225	24.72388144
Kağıt Fab. Atıkları	22.09045124	23.63094145	23.87283092	25.60682247
Kızılğaç kabuğu	19.55732322	21.13370914	21.41560775	21.92844600
Kabuk	24.33743058	25.59107969	25.75887854	27.58534622
Kral ağacı	17.86797182	19.90790215	20.37361023	21.08294669
Kenger peleti	42.94035851	42.95204489	42.66509308	50.95008466
Kızılçam	20.88571416	22.47019717	22.73593625	23.94321485
Kökmar	20.00626172	21.72449848	22.03183379	23.13668869
Kontrplak	18.13066554	20.00886747	20.44254298	21.11408277

Tablo 31'in devamı

Biyokütle Türü	(e^{CH})₁	(e^{CH})₂	(e^{CH})₃	(e^{CH})₄
Kestane Kabuğu	16.48078163	18.54173231	19.10794945	19.27671606
Kayın	19.37066219	21.15722269	21.49745975	22.45223032
Kayın (Kabuğu İle)	18.90974274	20.77163122	21.15182159	22.07436538
Kavak	19.55693106	21.34808590	21.69610793	22.81276826
Kıyılmış Meşe Ağacı	21.02439529	22.75639000	23.07061894	24.91031694
Kavuk (İbrelili Odun)	21.54704676	23.05075693	23.29417431	24.61400279
Kara Kavak Ağacı	17.52570391	19.46912133	19.91544855	20.32231025
Kestane Ağacı Yongası	17.46269460	19.51094684	20.00029847	20.54291576
Ladin kabuğu	21.28966321	22.80298162	23.04447968	24.22444027
Ladin Çamı	18.88605489	20.77722710	21.16493011	22.13758430
Lignoselülozik orman atıkları	22.57651417	24.06782160	24.28236864	26.07747959
Loblolly Çam	20.40413982	22.04189118	22.32462376	23.42415169
Meşe Ağacı Yaprağı	17.82322402	19.57243023	20.01912812	20.48903601
Muşmula Ağacı Dalı	17.12583440	19.23772838	19.77308768	20.26908624
Mimoza Ağacı Dalı	17.85222236	19.84109231	20.30993201	21.00935749
Meşe Ağacı Dalı	19.33992246	21.05745918	21.45469682	22.59968861
Maun	15.77603695	17.92499777	18.54105130	18.40477090
Melez Kavak	17.16918457	19.30524911	19.83346575	20.32708389
Meşe kabuğu	20.39240319	21.96863840	22.23842892	23.16535932
Meşe Ağacı Budama	13.83805509	16.62479787	17.71376674	16.82374858
Meşe Dalı Talaşı	17.67372253	19.57585798	20.01726416	20.55537437
MDF Peleti	20.81022440	22.24370618	22.55580269	23.67969556
MDF	20.08915950	21.66936812	22.05466415	23.39922451
Monteri Çamı	20.92786536	22.50069608	22.75566082	23.90764940
Masif Odun	20.46174809	22.12427287	22.43103772	23.73325670
Mobilya	18.81490675	20.73097310	21.17127135	22.33872767
Meşe ağacı	17.45015860	19.48748012	19.97218019	20.47762774
Meşe ağacı talaşı	18.41580842	20.38533460	20.82038029	21.73609735
MDF tozu	19.43428991	21.21918310	21.67747364	23.22426157
Oryantel beyaz meşe	21.91222749	23.25421157	23.50849440	24.72071735
Okalıptüs grandis	17.29183078	19.33943279	19.83903733	20.30510722
Odun talaşı	21.27044056	22.81085707	23.06260007	24.34441605
Orman peleti	43.07175368	43.08350670	42.77642628	50.71973492
Odun Peleti	19.69469194	21.40070102	21.71339758	22.63568153
Odun Briketi	20.33238915	22.04867949	22.35006786	23.62774299
Orman Güllü peleti	22.40467244	23.70879645	23.89951597	24.89529259
Orman Atığı	21.39547185	22.94667321	23.19679779	24.57073041

Tablo 31'in devamı

Biyokütle Türü	(e^{CH})₁	(e^{CH})₂	(e^{CH})₃	(e^{CH})₄
Okalıptüs Kabuğu	17.94910516	19.81427216	20.26188912	20.88255223
Okalıptüs Talaşı	17.45690150	19.56952754	20.08130601	20.71552572
Odun	21.16733328	22.76913774	23.02905458	24.41201407
Orman Atığı Peleti	22.86676646	24.08046560	24.25615496	25.15100668
Odun Kabuğu	23.44638433	24.58016047	24.73457130	25.52203027
Odun Lifi	21.19311904	22.54103274	22.85826856	24.04635280
Odun Parçacıkları	17.95843783	19.42879837	19.71742176	19.31560850
Portakal Ağacı Yaprığı	14.83386068	17.02335563	17.75986870	17.35124792
Portakal Ağacı Dalı	17.74605870	19.74146375	20.21070496	20.84741193
Pavlonya	17.89091878	19.84413141	20.28079657	20.85376277
P. falcataria	19.10407642	21.01461509	21.42299556	22.64073003
Pelet	18.45071723	20.33078049	20.72519886	21.43313606
Sert odun	20.26138009	21.97770335	22.29019993	23.57948722
Servi ağacı	20.87500613	22.46815373	22.74434814	24.05583913
Sarı Çam	19.27244504	21.14659895	21.51504642	22.63090687
Söğüt	19.81077494	21.42138956	21.71428490	22.47208501
Sunta	16.51619524	18.44229906	18.97570685	19.04955556
Sazlık Kamışı	21.72446856	23.13864771	23.35829124	24.43704086
Saman	21.22058964	22.87511199	23.16021440	24.82019263
Siyah Kavak Ağacı Rendesi	19.69892820	21.41127436	21.72863662	22.68688785
Siyah Pelet	20.61849104	22.18873855	22.45319129	23.46598347
Schima Ağacı	17.66267546	19.61418786	20.05587147	20.52664792
Siyah Kavak Yaprığı	26.29380321	27.57809994	27.74927948	31.11945926
Siyah Kavak Ağacı Dalı	10.94057527	12.40785617	12.88253725	10.66009512
Saman Pelet	18.05715212	19.87054964	20.26676669	20.70301910
Şeftali Ağacı Yaprığı	28.59610169	29.64306355	29.62787011	34.56975821
Tesbih ağacı	18.24692810	20.31494658	20.83478362	22.02723448
Titrek kavak	18.99023720	20.78357081	21.14814735	21.98582240
Talaş Briketi	19.79781987	21.21621178	21.45727353	21.62179389
Tütün Sapı	44.35871137	44.37084268	43.97413116	51.86978510
Vermont Ağacı	21.89491857	23.38891572	23.61547094	25.02598605
Yumuşak Buğday Samanı	44.20975483	44.22185856	43.82668819	51.53456373
Yumuşak odun	20.87648377	22.46533228	22.72972614	23.93226494
Yonga	22.72948803	24.10354033	24.29561266	25.68407063
Yonga Levha	28.26083912	29.15557437	29.13270396	32.64222278
Quercus serrata	18.93529061	20.84467395	21.26784582	22.44771971
Zeytin Ağacı Budama	16.92483127	18.85550723	19.35289896	19.56037194

Tablo 32. Ormansal biyokütle kaynakları için korelasyon formüllerinden hesaplanan kimyasal ekserji değerlerinin % olarak değişimleri

Biyokütle Türü	$\Delta(e^{CH})_1$	$\Delta(e^{CH})_2$	$\Delta(e^{CH})_3$	$\Delta(e^{CH})_4$
Ağaç kabuğu	5.255045612	-3.28597527	-4.94705629	-8.7154065
Akdeniz defnesi	5.579461197	-2.47587085	-4.30994988	-10.3338893
Avrupa Melezi Odunu	6.194101287	-4.14558512	-6.41554068	-11.0965613
Aylandız	4.989467722	-2.83450209	-4.21643392	-10.2210022
Ağaç Yongası	7.635702273	-5.95917127	-9.98206464	-8.2438823
Ahşap Pelet	6.159381931	-3.68733540	-5.87633661	-9.8173235
Ahşap Talaş	6.369575674	-4.46065891	-7.08496330	-6.9184833
Ağaç Talaşı	4.203934110	-2.37717524	-3.38708734	-9.0017755
Ağaç Atıkları	5.236255597	-2.83434652	-4.25867925	-11.1073783
Ahşap Kavak Talaşı	6.459329003	-4.10896035	-6.67229109	-10.4449838
Atık Kağıt	7.529768672	-5.21005630	-9.20871058	-5.8130350
Babul Ağacı	5.199532370	-3.06088886	-4.62907467	-9.5694630
Budanmış Bağ	5.831140225	-3.03743014	-5.02525561	-10.1146354
Budanmış Portakal Ağacı	6.195520131	-3.74501347	-6.03094662	-10.5888450
Budanmış Elma Ağacı	0.974701310	0.94753804	1.83185041	-14.7936735
Budanmış Şeftali Ağacı	5.400080555	-3.25493208	-4.94510780	-9.5377471
Budanmış Badem Ağacı	1.056023150	1.02893174	1.91330522	-15.3060674
Budanmış Limon Ağacı	1.101647052	1.07459627	1.95900891	-15.5972992
Budanmış Armut Ağacı	1.068483985	1.04140365	1.92578747	-15.3853367
Budanmış Kiraz Ağacı	0.970515774	0.94334882	1.82765835	-14.7675296
Budanmış Kayısı Ağacı	5.155976847	-2.66642649	-4.10251890	-10.8224511
Bambu Talaşı	5.368175579	-3.06317930	-4.63571452	-11.2126167
Çam kabuğu	4.104996460	-2.33780598	-3.32110533	-8.3873613
Çam İğnesi	6.207997118	-3.73867946	-5.87207437	-12.7520741
Çam Dalı	4.289702275	-1.67513358	-2.58844623	-12.2331536
Çam ağacı talaşı	5.846745424	-3.61259776	-5.57612765	-10.9670427
Çam Cipsleri	4.768701866	-2.70998015	-3.96900063	-9.6257647
Çam ağacı	6.037395821	-3.91491942	-6.05935187	-10.7783900
Çam Odunu	4.690556825	-2.31225751	-3.38102761	-12.2577202
Çınar Ağacı	6.185441516	-4.10052892	-6.45162024	-8.8158325
Defne Yaprağı Atığı	4.992917537	-2.35660148	-3.71438862	-10.2414125
Dönüşemeyen Atık Kağıtlar	5.271275654	-3.53363291	-5.30552890	-6.9459141
Dalgaların karaya attığı odun	5.676825627	-2.94217964	-4.71201272	-11.6602064
Demir ağacı	6.201470487	-3.38935266	-5.62814766	-11.5068533
Defne (Pelet)	3.893774882	-2.28898675	-3.24848690	-7.4864765

Tablo 32'nin devamı

Biyokütle Türü	$\Delta(e^{CH})_1$	$\Delta(e^{CH})_2$	$\Delta(e^{CH})_3$	$\Delta(e^{CH})_4$
Domates peleti	1.595313171	1.56845190	2.16339698	-15.8053868
Dişbudak	6.241082906	-4.36210232	-6.80938752	-9.2632946
Doğu Kayını	6.676973309	-4.87000742	-7.72435254	-10.0155457
Endamlı Okaliptus	5.724934226	-2.67257061	-4.48142015	-12.1629913
Gökmar ağacı talaşı	7.753468625	-6.21543583	-10.2935057	-13.1230969
Gökkuşuğu okaliptüsü	5.442657407	-3.33231612	-5.02247905	-10.2375266
Gürge Ağacı Kabuğu	7.748149982	-6.23277095	-10.5971089	-7.8318355
Huş Kontraplak	5.578640056	-3.32310693	-5.13191406	-10.1095001
Huş Ağacı	4.519533888	-3.26660775	-4.75375196	-4.3286934
Hibrit kavak	5.065460835	-2.93590715	-4.36098924	-10.1730474
Hasır	5.794722397	-3.34149718	-5.17919420	-10.5787187
Hurma ağacının gövdesi	5.320346061	-1.70278632	-2.78532052	-18.9939320
Hızar tozu	6.445290922	-3.18097777	-5.62915894	-11.6343852
Islak Bambu Talaşı	4.658459659	-3.08180954	-4.51451909	-6.3800093
İpil Ağacı Odunu	5.568783012	-3.64057622	-5.49325885	-9.2745277
İskoç Çamı	4.976458727	-3.12556080	-4.58883077	-8.7061857
İhlamur Ağacı	5.812702515	-3.62680056	-5.65585464	-9.6368294
İşlenmemiş Atık Odun	6.381898215	-4.41287197	-7.00933417	-9.0462404
İşlenmiş Atık Odun	6.377186509	-4.54738556	-7.18685871	-8.4425009
İşlenmemiş Küspe	7.065763351	-5.38711585	-8.81440174	-8.2354003
İşlenmiş Küspe	6.752762622	-4.97765892	-7.99496072	-8.8281993
Japon Servi Kerestesi	4.861672868	-2.85649002	-4.18701611	-9.6950220
Japon kızılçam	5.838268718	-2.77836428	-4.62334397	-11.8840048
Küt yapraklı yalancı servi	5.993711987	-3.09917815	-5.01266430	-12.4871557
Kayın Kerestesi	5.667912750	-3.53661201	-5.37753447	-10.5837341
Kızılağaç Talaşı	6.507024022	-4.32205301	-6.92343923	-9.4209683
Kara Kavak Kabuğu	7.238238220	-5.00935813	-8.26599076	-10.8567616
Kestane Ağacı Kerestesi	6.409700030	-4.50822730	-7.18511821	-6.5115388
Kamış	4.517439614	-2.34292921	-3.37882276	-11.1972069
Kestane(Pelet)	4.365236564	-2.76313165	-4.00432839	-6.5095497
Kabuk Peleti	4.317348468	-2.30001422	-3.36174254	-9.3024465
Kağıt Fab. Atıkları	4.449395409	-2.21388047	-3.26015536	-10.7604069
Kızılağaç kabuğu	4.672327988	-3.01140245	-4.38545239	-6.8851644
Kabuk	3.377659791	-1.59946838	-2.26564871	-9.5169311
Kral ağacı	6.325966885	-4.36850384	-6.81000946	-10.5287531
Kenger peleti	1.670970388	1.64420978	2.30130007	-16.6704834
Kızılçam	4.613491457	-2.62295263	-3.83660146	-9.3503267

Tablo 32'nin devamı

Biyokütle Türü	$\Delta(e^{CH})_1$	$\Delta(e^{CH})_2$	$\Delta(e^{CH})_3$	$\Delta(e^{CH})_4$
Köknar	5.074383898	-3.07829778	-4.53654092	-9.7788512
Kontrplak	6.069994199	-3.66045489	-5.90720880	-9.3862722
Kestane Kabuğu	6.956885673	-4.67831917	-7.87492765	-8.8277083
Kayın	5.358197728	-3.37063687	-5.03297796	-9.6978266
Kayın (Kabuğu İle)	5.696429703	-3.58887540	-5.48489855	-10.0856578
Kavak	5.445687186	-3.21423061	-4.89685574	-10.2957115
Kıyılmış Meşe Ağacı	5.271188656	-2.53259349	-3.94840275	-12.2374594
Kavuk (İbrelili Odun)	4.349234415	-2.32597404	-3.40654250	-9.2654709
Kara Kavak Ağacı	6.388394086	-3.99215478	-6.37616215	-8.5493688
Kestane Ağacı Yongası	6.541560723	-4.42046214	-7.03941877	-9.9434473
Ladin kabuğu	4.359628893	-2.43870947	-3.52360046	-8.8243827
Ladin Çamı	5.814386477	-3.61697524	-5.55046776	-10.4011384
Lignoselülozik orman atıkları	4.337374902	-1.98168667	-2.89077887	-10.4971358
Loblolly Çam	4.797865998	-2.84359430	-4.16277489	-9.2929791
Meşe Ağacı Yaprağı	6.228372411	-2.97455925	-5.32472826	-7.7970097
Muşmula Ağacı Dalı	6.844088773	-4.64355051	-7.55563538	-10.2536177
Mimosa Ağacı Dalı	6.405646178	-4.02145884	-6.47945808	-10.1463560
Meşe Ağacı Dalı	5.841880172	-2.52009899	-4.45408552	-10.0285791
Maun	7.243845455	-5.39109840	-9.01322209	-8.2119533
Melez Kavak	6.717462963	-4.88806895	-7.75794248	-10.4398377
Meşe kabuğu	4.637540093	-2.73352184	-3.99516262	-8.3298338
Meşe Ağacı Budama	9.348239001	-8.90744348	-16.04117330	-10.2107504
Meşe Dalı Talaşı	6.967958830	-3.04462017	-5.36812150	-8.2006595
MDF Peleti	4.710296396	-1.85359504	-3.28268025	-8.4289687
MDF	5.477582405	-1.95752902	-3.77040287	-10.0967549
Monteri Çamı	4.515010564	-2.66115012	-3.82444626	-9.0804824
Masif Odun	5.023987193	-2.69284980	-4.11674094	-10.1611691
Mobilya	6.147849603	-3.40983513	-5.60612229	-11.4296051
Meşe ağacı	6.432253046	-4.49186458	-7.09082626	-9.8010359
Meşe ağacı talaşı	6.120428530	-3.91976462	-6.13752783	-10.8056436
MDF tozu	6.199026558	-2.41588653	-4.62785822	-12.0935394
Oryantel beyaz meşe	4.094647156	-1.77894360	-2.89188772	-8.1975404
Okalıptüs grandis	6.586035083	-4.47552484	-7.17448954	-9.6922932
Odun talaşı	4.481492254	-2.43600830	-3.56650288	-9.3227141
Orman peleti	1.443232696	1.41633944	2.11900070	-16.0568745
Odun Peleti	5.075999915	-3.14658140	-4.65370874	-9.0989106
Odun Briketi	5.052029552	-2.96268448	-4.37010462	-10.3365781

Tablo 32'nin devamı

Biyokütle Türü	$\Delta(e^{CH})_1$	$\Delta(e^{CH})_2$	$\Delta(e^{CH})_3$	$\Delta(e^{CH})_4$
Orman Güllü peleti	3.513417807	-2.10284231	-2.92418326	-7.2125335
Orman Atığı	4.508476808	-2.41479096	-3.53113825	-9.6632263
Okaliptüs Kabuğu	6.266107618	-3.47417535	-5.81172250	-9.0529520
Okaliptüs Talaşı	6.690197697	-4.60211084	-7.33764487	-10.7276460
Odun	4.623008251	-2.59449471	-3.76564300	-9.9970616
Orman Atığı Peleti	3.208196648	-1.92922095	-2.67288929	-6.4606706
Odun Kabuğu	2.758245221	-1.94398860	-2.58439354	-5.8503082
Odun Lifi	4.585989209	-1.48248292	-2.91071731	-8.2596177
Odun Parçacıkları	4.447998334	-3.37539335	-4.91108051	-2.7731405
Portakal Ağacı Yaprığı	8.209184666	-5.33924556	-9.89673313	-7.3682184
Portakal Ağacı Dalı	6.422790828	-4.09923207	-6.57360024	-9.9310364
Pavlonya	6.093960818	-4.15808176	-6.45005440	-9.4574453
P. falcata	5.940313447	-3.46630032	-5.47697794	-11.4725425
Pelet	5.780781350	-3.81982595	-5.83393685	-9.4490423
Sert odun	5.129233303	-2.90718391	-4.37040060	-10.4072882
Servi ağacı	4.896723907	-2.36140838	-3.61970709	-9.5946557
Sarı Çam	5.642573606	-3.53323875	-5.33714869	-10.8003746
Söğüt	4.804202781	-2.93520891	-4.34264532	-7.9840700
Sunta	6.742888213	-4.13267220	-7.14450814	-7.5614878
Sazlık Kamışı	3.988869882	-2.26108451	-3.23179750	-7.9993235
Saman	4.907280481	-2.50688811	-3.78447578	-11.2230930
Siyah Kavak Ağacı Rendesı	5.132929042	-3.11347216	-4.64184098	-9.2566345
Siyah Pelet	4.556062129	-2.71268541	-3.93684921	-8.6251105
Schima Ağacı	6.301893972	-4.05061554	-6.39368739	-8.8910928
Siyah Kavak Yaprığı	3.867444370	-0.82806223	-1.45391032	-13.7755966
Siyah Kavak Ağacı Dalı	7.221900525	-5.22091260	-9.24629582	9.6004239
Saman Pelet	5.800588530	-3.65942921	-5.72638932	-8.0022033
Şeftali Ağacı Yaprığı	3.916655937	0.39884788	0.44989805	-16.1549224
Tesbih ağacı	6.710315343	-3.86268579	-6.52041719	-12.6169702
Titrek kavak	5.525887448	-3.39572838	-5.20945217	-9.3767833
Talaş Briketi	3.994533706	-2.88366692	-4.05264642	-4.8504541
Tütün Sapı	1.107854444	1.08080920	1.96522745	-15.6371360
Vermont Ağacı	4.225903391	-2.30923060	-3.30024235	-9.4702041
Yumuşak Buğday Samanı	1.060178255	1.03309054	1.91746743	-15.3324774
Yumuşak odun	4.610003919	-2.64985147	-3.85793465	-9.3526421
Yonga	3.731949435	-2.08768609	-2.90118566	-8.7818347
Yonga Levha	2.999335595	-0.07169545	0.00680346	-12.0390405
Quercus serrata	6.103115411	-3.36519173	-5.46362901	-11.3144229
Zeytin Ağacı Budama	6.612842371	-4.04016426	-6.78465251	-7.9294386

Tablo 33. Ormansal biyokütle kaynakları ve tüm biyokütle kaynakları için türetilen ekserji formüllerinin temel eşitlikle % olarak farkları

Biyokütle Türü	$(e^{CH})_o$	$(e^{CH})_{BB}$	$\Delta(e^{CH})_o$	$\Delta(e^{CH})_{BB}$
Ağaç kabuğu	20.24606	20.34634	0.057834	-0.437180
Akdeniz defnesi	20.74478	20.83765	0.726009	0.281576
Avrupa Melezi Odunu	19.46570	19.57395	0.327889	-0.226360
Aylاندız	21.49641	21.58893	0.198850	-0.230680
Ağaç Yongası	16.57284	16.69923	0.314564	-0.445670
Ahşap Pelet	19.37600	19.48225	0.457808	-0.088060
Ahşap Talaş	17.82991	17.94630	0.034328	-0.618230
Ağaç Talaşı	22.62327	22.70702	-0.017920	-0.388170
Ağaç Atıkları	21.55031	21.64305	0.374348	-0.054370
Ahşap Kavak Talaşı	18.91098	19.02078	0.478902	-0.098900
Atık Kağıt	16.06930	16.19467	0.339840	-0.437740
Babul Ağacı	20.77493	20.87174	0.177870	-0.287300
Tablo Budanmış Bağ	20.08268	20.18203	0.584499	0.092695
Budanmış Portakal Ağacı	19.44347	19.54945	0.488492	-0.053890
Budanmış Elma Ağacı	44.20894	44.14749	0.378309	0.516793
Budanmış Şeftali Ağacı	20.39636	20.49602	0.194059	-0.293590
Budanmış Badem Ağacı	44.47354	44.41103	0.436493	0.576431
Budanmış Limon Ağacı	44.62280	44.55970	0.469267	0.610015
Budanmış Armut Ağacı	44.51425	44.45158	0.445435	0.585594
Budanmış Kiraz Ağacı	44.19537	44.13397	0.375322	0.513731
Budanmış Kayısı Ağacı	21.59811	21.68924	0.401987	-0.018290
Bambu Talaşı	21.16487	21.26045	0.339442	-0.110610
Çam kabuğu	22.58383	22.66715	-0.059610	-0.428780
Çam İğnesi	20.20524	20.30838	0.612499	0.105159
Çam Dalı	24.44792	24.51972	0.465774	0.173460
Çam ağacı talaşı	20.10204	20.20500	0.351566	-0.158820
Çam Cipsleri	21.72535	21.81594	0.121702	-0.294810
Çam ağacı	19.64958	19.75593	0.317726	-0.221800
Çam Odunu	23.22001	23.30231	0.357443	0.004265
Çınar Ağacı	18.77443	18.88522	0.214735	-0.374070
Defne Yaprağı Atığı	21.84756	21.93534	0.452474	0.052494
Dönüşemeyen Atık Kağıtlar	19.44860	19.55346	-0.143610	-0.683560
Dalgaların karaya attığı odun	20.92638	21.02204	0.602964	0.148604
Demir ağacı	19.87445	19.97659	0.706186	0.195854
Defne (Pelet)	22.55162	22.63393	-0.154930	-0.520460
Domates peleti	42.36445	42.30689	0.969083	1.103640

Tablo 33'ün devamı

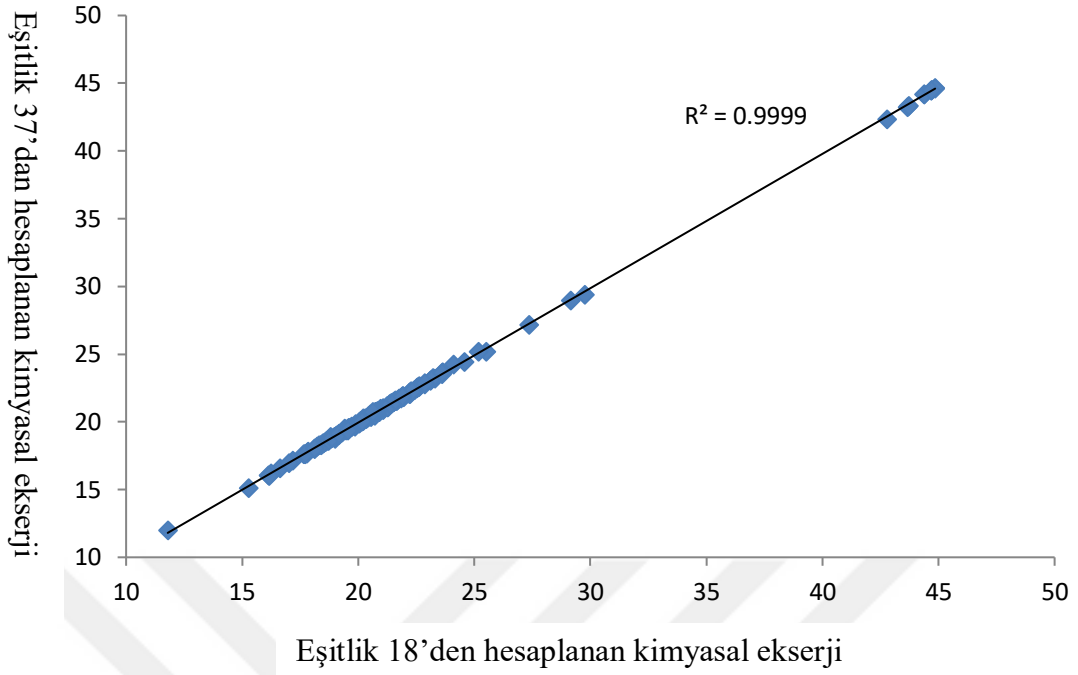
Biyokütle Türü	(e^{CH})_O	(e^{CH})_{BB}	Δ(e^{CH})_O	Δ(e^{CH})_{BB}
Dişbudak	18.69881	18.81114	0.148215	-0.451590
Doğu Kayını	18.26705	18.38313	0.249398	-0.384460
Endamlı Okaliptus	21.13054	21.22353	0.781989	0.345351
Gökmar ağacı talaşı	17.66054	17.78238	0.703342	0.018283
Gökkuşuğu okaliptüsü	20.54288	20.64251	0.209475	-0.274510
Gürge Ağacı Kabuğu	16.19058	16.31910	0.231541	-0.560450
Huş Kontraplak	20.29152	20.39197	0.289546	-0.204050
Huş Ağacı	19.51136	19.61320	-0.508520	-1.033150
Hibrit kavak	21.30959	21.40359	0.188324	-0.251980
Hasır	20.28646	20.38735	0.437246	-0.057920
Hurma ağacının gövdesi	25.20570	25.27728	1.184043	0.903422
Hızar tozu	19.65637	19.75787	0.964426	0.453040
Islak Bambu Talaşı	20.27314	20.37122	-0.251920	-0.736950
İpil Ağacı Odunu	19.85773	19.96184	0.085701	-0.438170
İskoç Çamı	20.74810	20.84533	-0.015820	-0.484510
Ihlamur Ağacı	19.65553	19.76021	0.257673	-0.273510
İşlenmemiş Atık Odun	18.43774	18.55117	0.200635	-0.413340
İşlenmiş Atık Odun	18.19824	18.31335	0.094303	-0.537630
İşlenmemiş Küspe	17.14707	17.26947	0.148980	-0.563780
İşlenmiş Küspe	17.77098	17.88945	0.167169	-0.498370
Japon Servi Kerestesi	21.47906	21.57167	0.097493	-0.333250
Japon kızılçam	20.89050	20.98529	0.791359	0.341207
Küt yapraklı yalancı servi	20.74744	20.84489	0.760218	0.294082
Kayın Kerestesi	20.25148	20.35349	0.259851	-0.242570
Kızılağaç Talaşı	18.53061	18.64326	0.353230	-0.252530
Kara Kavak Kabuğu	17.99979	18.11688	0.644773	-0.001580
Kestane Ağacı Kerestesi	17.64845	17.76582	0.008308	-0.656640
Kamış	23.05876	23.14152	0.218875	-0.139270
Kestane(Pelet)	20.99361	21.08630	-0.216140	-0.658630
Kabuk Peleti	22.59916	22.68257	0.090809	-0.277980
Kağıt Fab. Atıkları	23.06363	23.14510	0.239990	-0.112420
Kızılağaç kabuğu	20.55398	20.65071	-0.185660	-0.657130
Kabuk	25.18527	25.25059	0.011626	-0.247690
Kral ağacı	19.02166	19.13268	0.277667	-0.304370
Kenger peleti	43.23162	43.17108	1.004010	1.142648
Kızılçam	21.87960	21.96867	0.074341	-0.332430
Kökmar	21.05357	21.14949	0.105135	-0.349980

Tablo 33'ün devamı

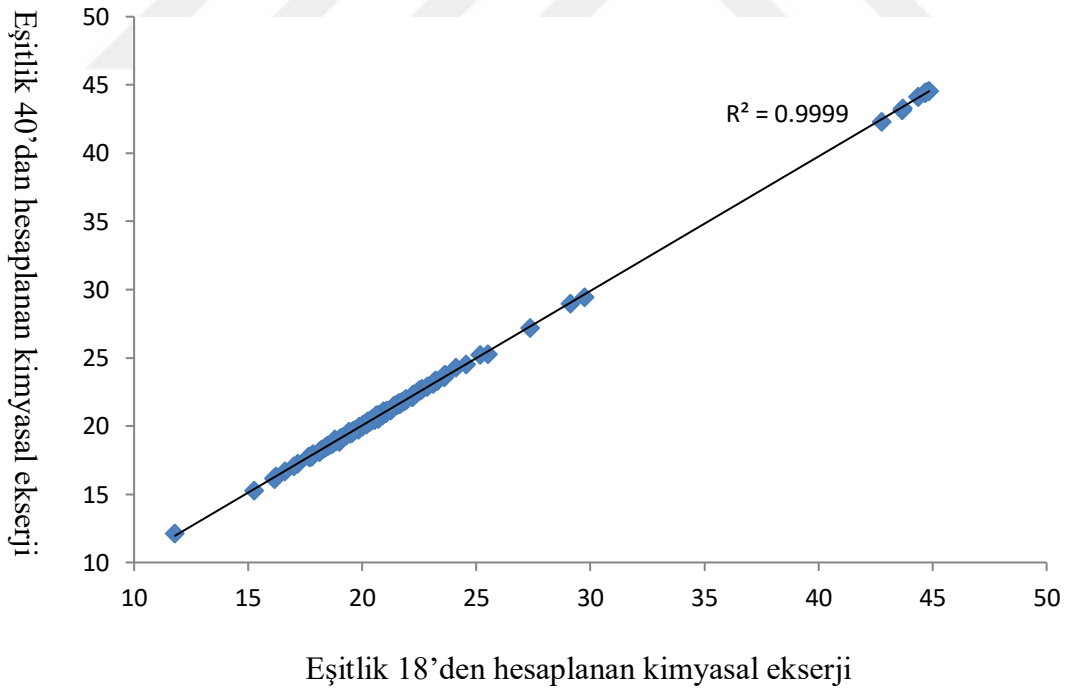
Biyokütle Türü	(e ^{CH}) _O	(e ^{CH}) _{BB}	$\Delta(e^{CH})_O$	$\Delta(e^{CH})_{BB}$
Kontrplak	19.22769	19.33407	0.386616	-0.16452
Kestane Kabuğu	17.63523	17.75237	0.439362	-0.22193
Kayın	20.44345	20.54368	0.116734	-0.37299
Kayın (Kabuğu İle)	20.00627	20.10950	0.228016	-0.28679
Kavak	20.62674	20.72529	0.273354	-0.20312
Kıyılmış Meşe Ağacı	22.06486	22.15353	0.583202	0.18369
Kavuk (İbrelili Odun)	22.50595	22.58997	0.092522	-0.28045
Kara Kavak Ağacı	18.64907	18.75999	0.388056	-0.20442
Kestane Ağacı Yongası	18.61718	18.72995	0.362862	-0.24063
Ladin kabuğu	22.25437	22.34026	0.025862	-0.36000
Ladin Çamı	19.99106	20.09459	0.303681	-0.21264
Lignoselülozik orman atıkları	23.52931	23.60730	0.300141	-0.03033
Loblolly Çam	21.42055	21.51318	0.055454	-0.37670
Meşe Ağacı Yaprığı	18.86493	18.96868	0.747757	0.20190
Muşmula Ağacı Dalı	18.29500	18.40972	0.484398	-0.13959
Mimosa Ağacı Dalı	18.98416	19.09345	0.471215	-0.10177
Meşe Ağacı Dalı	20.36537	20.46039	0.849415	0.38680
Maun	16.96252	17.08533	0.267824	-0.45420
Melez Kavak	18.35075	18.46651	0.297858	-0.33107
Meşe kabuğu	21.38458	21.47631	-0.002260	-0.43121
Meşe Ağacı Budama	15.14353	15.28037	0.796202	-0.10020
Meşe Dalı Talaşı	18.76571	18.87178	1.219890	0.66157
MDF Peleti	21.72436	21.80761	0.524472	0.14327
MDF	21.05632	21.14410	0.926968	0.51393
Monteri Çamı	21.91902	22.00812	-0.007200	-0.41372
Masif Odun	21.48164	21.57314	0.290040	-0.13467
Mobilya	19.91529	20.01745	0.658934	0.14933
Meşe ağacı	18.60409	18.71725	0.244860	-0.36187
Meşe ağacı talaşı	19.54391	19.65060	0.369625	-0.17427
MDF tozu	20.47161	20.56525	1.192323	0.74036
Oryantel beyaz meşe	22.79064	22.86795	0.250015	-0.08836
Okalıptüs grandis	18.44626	18.55987	0.349572	-0.26418
Odun talaşı	22.24520	22.33133	0.104170	-0.28263
Orman peleti	43.35235	43.29218	0.801177	0.93885
Odun Peleti	20.73865	20.83614	0.044337	-0.42552
Odun Briketi	21.37731	21.47126	0.172463	-0.26627
Orman Güllü peleti	23.27469	23.35160	-0.233370	-0.56458

Tablo 33'ün devamı

Biyokütle Türü	(e ^{CH}) _O	(e ^{CH}) _{BB}	$\Delta(e^{\text{CH}})_O$	$\Delta(e^{\text{CH}})_{BB}$
Orman Atığı	22.37452	22.46013	0.138846	-0.24326
Okaliptüs Kabuğu	19.03687	19.14299	0.585593	0.03138
Okaliptüs Talaşı	18.62815	18.74157	0.429688	-0.17655
Odun	22.16824	22.25616	0.113083	-0.28308
Orman Atığı Peleti	23.68990	23.76250	-0.276030	-0.58333
Odun Kabuğu	24.22809	24.29684	-0.483800	-0.76893
Odun Lifi	22.06379	22.14225	0.666093	0.31287
Odun Parçacıkları	18.92082	19.02542	-0.672560	-1.22914
Portakal Ağacı Yaprığı	16.01274	16.13778	0.914396	0.14065
Portakal Ağacı Dalı	18.88174	18.99190	0.434226	-0.14666
Pavlonya	19.02072	19.13081	0.163864	-0.41397
P. falcataria	20.20822	20.30980	0.504023	0.00387
Pelet	19.55662	19.66290	0.133466	-0.40928
Sert odun	21.30387	21.39770	0.247950	-0.19141
Servi ağacı	21.86649	21.95434	0.379689	-0.02057
Sarı Çam	20.37262	20.47419	0.256131	-0.24116
Söğüt	20.81779	20.91316	-0.034760	-0.49301
Sunta	17.62783	17.74247	0.466144	-0.18115
Sazlık Kamışı	22.64567	22.72772	-0.082360	-0.44501
Saman	22.23690	22.32430	0.353038	-0.03861
Siyah Kavak Ağacı Rendesı	20.74388	20.84118	0.100579	-0.36797
Siyah Pelet	21.60844	21.69903	-0.026460	-0.44578
Schima Ağacı	18.78979	18.90042	0.322728	-0.26419
Siyah Kavak Yaprığı	27.16065	27.21414	0.698162	0.50261
Siyah Kavak Ağacı Dalı	11.99845	12.14487	-1.749090	-2.99073
Saman Pelet	19.13985	19.24682	0.152431	-0.40557
Şeftali Ağacı Yaprığı	29.41441	29.45167	1.167112	1.04192
Tesbih ağacı	19.38730	19.49350	0.880005	0.33704
Titrek kavak	20.06307	20.16483	0.188655	-0.31758
Talaş Briketi	20.72825	20.82187	-0.517370	-0.97140
Tütün Sapı	44.64315	44.57997	0.473733	0.61459
Vermont Ağacı	22.85159	22.93408	0.041168	-0.31966
Yumuşak Buğday Samanı	44.48711	44.42455	0.439474	0.57948
Yumuşak odun	21.87271	21.96201	0.058010	-0.35006
Yonga	23.63413	23.71061	-0.099560	-0.42347
Yonga Levha	28.96855	29.00454	0.570231	0.44670
Quercus serrata	20.03509	20.13676	0.649380	0.14525
Zeytin Ağacı Budama	18.03982	18.15281	0.460597	-0.16282



Şekil 10. Ormansal biyokütle kaynakları için Eşitlik 18 ile Eşitlik 37 arasındaki korelasyon



Şekil 11. Ormansal biyokütle kaynakları için Eşitlik 18 ile Eşitlik 40 arasındaki korelasyon

3.4. Sulu Biyokütle Kaynakları

Sulu biyokütle kaynaklarına ait Tablo 11’de verilen c, h, o, n ve s verilerinin Eşitlik 17’de yerine konulmasıyla hesaplanan v_{CO_2} , v_{H_2O} , v_{SO_2} , v_{N_2} ve v_{O_2} değerleri Tablo 34’ de verilmiştir. Bu biyokütle kaynaklarına ait e^{CH} , HHV, S_{DAF} ve LHV değerleri sırasıyla 18, 19, 20 ve 34 eşitlikleri kullanılarak hesaplandı ve elde edilen sonuçlar Tablo 35’de verilmiştir.

Sulu biyokütle kaynaklarının kimyasal ekserjilerini hesaplamak için literatürde verilmiş olan korelasyonlarda kullanılmak üzere gerekli olan β_1 , β_2 , β_3 ve β_4 değerleri sırasıyla Eşitlik 30, 31, 32 ve 33 kullanılarak hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 36’da sunulmuştur.

Tablo 36’da sulu biyokütle kaynaklarına ait β_1 , β_2 , β_3 ve β_4 değerlerinin Eşitlik 29’da yerine konulmasıyla hesaplanan $(e^{CH})_1$, $(e^{CH})_2$, $(e^{CH})_3$ ve $(e^{CH})_4$ ekserji değerleri Tablo 37’de verilmiştir.

Sulu biyokütle kaynakları için Eşitlik 18 ile literatürdeki korelasyon eşitlikleri arasındaki değişimleri yüzde olarak hesaplandı ve elde edilen veriler Tablo 38’de toplu olarak verilmiştir.

Bu çalışmada sulu biyokütle kaynakları için türetmiş olduğumuz Eşitlik 38’den ve bütün biyokütle kaynakları için türetmiş olduğumuz Eşitlik 40’dan hesaplanan kimyasal ekserji değerleri ve bulunan bu değerler ile genel ekserji formülünden bulunan değerlerin yüzde olarak farklılıkları Tablo 39’da verilmiştir.

Sulu biyokütle kaynakları ve bütün biyokütle kaynakları için türettiğimiz formüllerin kullanılabilirliğini daha iyi anlamak için korelasyon katsayıları (R^2) hesaplandı. Bu amaçla, Eşitlik 18 ile Eşitlik 38 arasında ve Eşitlik 18 ile Eşitlik 40 arasında çizilen korelasyonlar sırasıyla Şekil 12 ve 13’de gösterilmiştir.

Tablo 34. Sulu biyokütle kaynaklarının v_{CO_2} , v_{H_2O} , v_{SO_2} , v_{N_2} ve v_{O_2} değerleri

Biyokütle Türü	v_{CO_2}	v_{H_2O}	v_{SO_2}	v_{N_2}	v_{O_2}
<i>Aspergillus niger</i>	0.042183	0.03380	0	0.004043	0.047533
<i>B. flavum</i>	0.046033	0.04140	0	0.008671	0.059127
<i>Bacillus cereus</i>	0.042625	0.03185	0	0.009507	0.049434
<i>Chlamydomonas</i>	0.046325	0.03830	0	0.005407	0.056356
<i>Chrorella</i> sp. ATCC 7516 (medium 5)	0.048517	0.04260	0	0.004129	0.061229
<i>Chlorella</i> Spain sp. ATCC 7516(medium S)	0.046942	0.04180	0	0.005786	0.059339
<i>Candida kefyr</i> NCYC 1441	0.04475	0.03740	0	0.005300	0.053638
<i>Candida utilis</i> ATCC 9950	0.042417	0.03535	0	0.002971	0.048257
<i>C.Pyrenoidosa</i> Alg Türü	0.041400	0.04385	0	0.006707	0.053275
<i>Debaryomyces hansenii</i>	0.040558	0.03485	0	0.004121	0.045924
<i>D. nepaliensis</i> CBS 5921	0.039858	0.03550	0	0.003543	0.045074
<i>D.Tertiolecta</i> Su Yosunu Artığı	0.037317	0.03390	0	0.006000	0.041754
<i>F. dehydrogenans</i>	0.043525	0.03555	0	0.008979	0.052522
<i>Fucus serratus</i>	0.030417	0.02400	0.000156	0.000857	0.024760
<i>Kluyveromyces marxianus</i> NRRL 665	0.040625	0.03530	0	0.006893	0.047481
<i>Laminaria digitata</i>	0.027917	0.02200	0.000219	0.000571	0.020198
<i>Mucor rouxii</i>	0.046400	0.04160	0	0.003086	0.057300
<i>Neurospora crassa</i>	0.043858	0.03945	0	0.005571	0.053683
<i>Penicillium chrysogenum</i>	0.054033	0.05040	0	0.004329	0.073290
Rocan 1	0.045450	0.03175	0	0.002021	0.049988
Rocan BUV 2	0.042000	0.03270	0	0.002300	0.045900
<i>Scenedesmus</i>	0.050367	0.03615	0	0.006279	0.061085
<i>Spirulina</i> Yosunu	0.042000	0.03305	0	0.007857	0.048528
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	0.040592	0.03270	0	0.006371	0.045745
<i>S. cerevisiae</i> Whi 2+	0.040492	0.03370	0	0.005693	0.045873
<i>S. cerevisiae</i> Whi 2-	0.041450	0.03415	0	0.007393	0.048188
<i>S. cerevisiae</i> CBS 426a	0.041508	0.03255	0	0.006721	0.047074
<i>S. cerevisiae</i> CBS 426b	0.041067	0.03150	0	0.007650	0.046282
<i>Sphagnum</i> Yosunu	0.038008	0.03225	3.13E-05	0.000800	0.039565
<i>Selenastrum capricornutum</i>	0.046267	0.03710	0	0.003550	0.054789
<i>Scenedesmus obtusiusculus</i>	0.044875	0.03675	0	0.005021	0.053322
<i>Saccharopolyspora erythraea</i>	0.042150	0.03395	0	0.007914	0.049266
<i>Zygosaccharomyces bailii</i> NCYC 563	0.041233	0.0338	0	0.005500	0.046865

Tablo 35. Sulu biyokütle kaynaklarının S_{DAF} (kJ/kgK), HHV (MJ/kg), LHV (MJ/kg) ve e^{CH} (MJ/kg) değerleri

Biyokütle Türü	S_{DAF}	HHV	LHV	e^{CH}
<i>Aspergillus niger</i>	1.610700	21.72962	20.25447	22.36111
<i>B. flavum</i>	1.748217	26.34054	24.53370	26.90915
<i>Bacillus cereus</i>	1.633213	22.14508	20.75503	22.94057
<i>Chlamydomonas</i>	1.681206	25.30073	23.62918	25.84273
<i>Chrorella</i> sp. ATCC 7516 (medium 5)	1.715815	27.43501	25.57580	27.84891
<i>Chlorella</i> Spain sp. ATCC 7516(medium S)	1.725329	26.57957	24.75527	27.06245
<i>Candida kefyr</i> NCYC 1441	1.667740	24.20155	22.56929	24.77311
<i>Candida utilis</i> ATCC 9950	1.618144	22.12120	20.57840	22.69709
<i>C.Pyrenoidosa</i> Alg Türü	1.734565	24.20985	22.29608	24.73985
<i>Debaryomyces hansenii</i>	1.621886	21.12612	19.60514	21.75744
<i>D. nepaliensis</i> CBS 5921	1.623032	20.84111	19.29177	21.45411
<i>D.Tertiolecta</i> Su Yosunu Artığı	1.615922	19.35460	17.87508	20.08375
<i>F. dehydrogenans</i>	1.676895	23.51689	21.96537	24.22342
<i>Fucus serratus</i>	1.477008	12.53632	11.48888	13.41931
<i>Kluyveromyces marxianus</i> NRRL 665	1.648520	21.62027	20.07966	22.31118
<i>Laminaria digitata</i>	1.456724	10.67160	9.711445	11.62266
<i>Mucor rouxii</i>	1.689857	25.90040	24.08483	26.32908
<i>Neurospora crassa</i>	1.691349	24.27643	22.55469	24.82771
<i>Penicillium chrysogenum</i>	1.805858	32.45473	30.25511	32.68090
Rocan 1	1.558776	22.72803	21.34236	23.31721
Rocan BUV 2	1.579848	21.13264	19.70550	21.74384
<i>Scenedesmus</i>	1.667111	27.05195	25.47424	27.61241
<i>Spirulina</i> Yosunu	1.633886	21.90934	20.46692	22.64922
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	1.615038	20.87123	19.44409	21.59561
<i>S. cerevisiae</i> Whi 2+	1.621399	20.98938	19.51860	21.68029
<i>S. cerevisiae</i> Whi 2-	1.641810	21.83527	20.34484	22.54998
<i>S. cerevisiae</i> CBS 426a	1.617946	21.37380	19.95320	22.09984
<i>S. cerevisiae</i> CBS 426b	1.610946	20.97960	19.60484	21.75208
<i>Sphagnum</i> Yosunu	1.563712	18.68478	17.27728	19.31451
<i>Selenastrum capricornutum</i>	1.645217	24.73187	23.11269	25.25214
<i>Scenedesmus obtusiusculus</i>	1.657455	24.06837	22.46447	24.64353
<i>Saccharopolyspora erythraea</i>	1.645482	22.22856	20.74686	22.95218
<i>Zygosaccharomyces bailii</i> NCYC 563	1.622529	21.3939	19.91875	22.07053

Tablo 36. Sulu biyokütle kaynaklarının β değerleri

Biyokütle Türü	β_1	β_2	β_3	β_4
<i>Aspergillus niger</i>	1.045623350	1.118678401	1.137236349	1.204908832
<i>B. flavum</i>	1.045883273	1.081990912	1.089713939	1.230853216
<i>Bacillus cereus</i>	1.045480117	1.099018857	1.122237104	1.200617231
<i>Chlamydomonas</i>	1.045690934	1.094167007	1.108099524	1.213659303
<i>Chrorella</i> sp. ATCC 7516 (medium 5)	1.045826829	1.084486019	1.087074957	1.223655006
<i>Chlorella</i> Spain sp. ATCC 7516(medium S)	1.045859737	1.085416563	1.090251891	1.226707124
<i>Candida kefyr</i> NCYC 1441	1.045714749	1.101031369	1.116525823	1.214296215
<i>Candida utilis</i> ATCC 9950	1.045708507	1.120607117	1.137457748	1.209689347
<i>C.Pyrenoidosa</i> Alg Türü	1.046306824	1.109363297	1.129421296	1.254750326
<i>Debaryomyces hansenii</i>	1.045777029	1.127201374	1.148676977	1.213998033
<i>D. nepaliensis</i> CBS 5921	1.045860234	1.133636174	1.156067997	1.218066878
<i>D.Tertiolecta</i> Su Yosunu Artığı	1.045907369	1.141704193	1.173591588	1.221545251
<i>F. dehydrogenans</i>	1.045664446	1.095580532	1.116448669	1.213700152
<i>Fucus serratus</i>	1.045590959	1.288569777	1.400180671	1.185605923
<i>Kluyveromyces marxianus</i> NRRL 665	1.045802646	1.116195214	1.139698668	1.219130732
<i>Laminaria digitata</i>	1.045588358	1.402042925	1.618209232	1.179968838
<i>Mucor rouxii</i>	1.045875862	1.099438413	1.110458849	1.224646556
<i>Neurospora crassa</i>	1.045883641	1.103293579	1.119737112	1.225920941
<i>Penicillium chrysogenum</i>	1.045971808	1.070104596	1.069636120	1.238108217
Rocan 1	1.045351210	1.110100574	1.122587926	1.186228777
Rocan BUV 2	1.045563214	1.126526248	1.144215641	1.198917274
<i>Scenedesmus</i>	1.045402002	1.077354533	1.080867852	1.194848104
<i>Spirulina</i> Yosunu	1.045585298	1.106753586	1.129179172	1.206126994
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	1.045634798	1.119397044	1.143199244	1.207078341
<i>S. cerevisiae</i> Whi 2+	1.045705516	1.122078077	1.145272182	1.211010397
<i>S. cerevisiae</i> Whi 2-	1.045683293	1.110587846	1.133282118	1.212112094
<i>S. cerevisiae</i> CBS 426a	1.045578077	1.113269019	1.135635499	1.204181908
<i>S. cerevisiae</i> CBS 426b	1.045532670	1.112705381	1.136929514	1.201764443
<i>Sphagnum</i> Yosunu	1.045748520	1.161767566	1.189454699	1.205251898
<i>Selenastrum capricornutum</i>	1.045624964	1.100118389	1.112376313	1.207131362
<i>Scenedesmus obtusiusculus</i>	1.045670195	1.101577527	1.116762321	1.210934207
<i>Saccharopolyspora erythraea</i>	1.045634460	1.105514138	1.127570080	1.209708796
<i>Zygosaccharomyces bailii</i> NCYC 563	1.045672272	1.118579590	1.140105735	1.209117848

Tablo 37.Sulu biyokütle kaynaklarının korelasyon formüllerinden elde edilen kimyasal ekserji değerleri (MJ/kg)

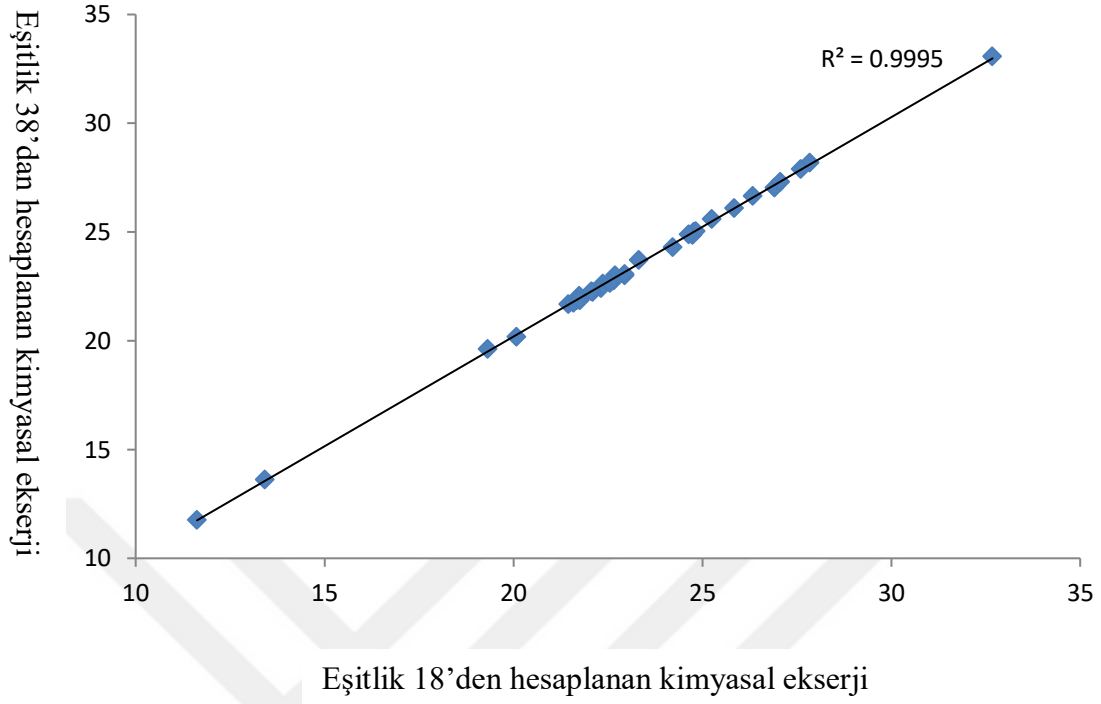
Biyokütle Türü	(e^{CH})₁	(e^{CH})₂	(e^{CH})₃	(e^{CH})₄
<i>Aspergillus niger</i>	21.17854916	22.65824066	23.03412210	24.40479252
<i>B. flavum</i>	25.65938671	26.54524071	26.73471514	30.19738386
<i>Bacillus cereus</i>	21.69897532	22.81017368	23.29206918	24.91885138
<i>Chlamydomonas</i>	24.70882438	25.85427448	26.18348850	28.67778002
<i>Chrorella</i> sp. ATCC 7516 (medium 5)	26.74785587	27.73659549	27.80280966	31.29595342
<i>Chlorella</i> Spain sp. ATCC 7516(medium S)	25.89054214	26.86978212	26.98948197	30.36746836
<i>Candida kefyr</i> NCYC 1441	23.60103727	24.84949400	25.19919280	27.40580091
<i>Candida utilis</i> ATCC 9950	21.51900999	23.06030369	23.40706275	24.89347364
<i>C.Pyrenoidosa</i> Alg Türü	23.32854259	24.73445488	25.18166967	27.97601599
<i>Debaryomyces hansenii</i>	20.50260681	22.09894264	22.51997488	23.80060343
<i>D. nepaliensis</i> CBS 5921	20.17649660	21.86984997	22.30259958	23.49866781
<i>D.Tertiolecta</i> Su Yosunu Artığı	18.69568201	20.40805826	20.97804813	21.83522387
<i>F. dehydrogenans</i>	22.96840569	24.06483095	24.52320729	26.65937204
<i>Fucus serratus</i>	12.01266678	14.80422074	16.08650466	13.62128159
<i>Kluyveromyces marxianus</i> NRRL 665	20.99936065	22.41281942	22.88476077	24.47972954
<i>Laminaria digitata</i>	10.15417349	13.61586230	15.71514943	11.45920209
<i>Mucor rouxii</i>	25.18974606	26.47979118	26.74521656	29.49540848
<i>Neurospora crassa</i>	23.58958644	24.88445009	25.25532896	27.65027282
<i>Penicillium chrysogenum</i>	31.64598731	32.37612737	32.36195357	37.45909465
Rocan 1	22.31025693	23.69216085	23.95867035	25.31691602
Rocan BUV 2	20.60335014	22.19876753	22.54734593	23.62526918
<i>Scenedesmus</i>	26.63081964	27.44478603	27.53428516	30.43784525
<i>Spirulina</i> Yosunu	21.39991256	22.65183914	23.11082186	24.68570691
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	20.33141611	21.76565579	22.22846789	23.47053873
<i>S. cerevisiae</i> Whi 2+	20.41070831	21.90139383	22.35411031	23.63722828
<i>S. cerevisiae</i> Whi 2-	21.27426250	22.59473545	23.05644684	24.66023034
<i>S. cerevisiae</i> CBS 426a	20.86263010	22.21328112	22.65956400	24.02728432
<i>S. cerevisiae</i> CBS 426b	20.49749564	21.81440556	22.28931570	23.56039379
<i>Sphagnum</i> Yosunu	18.06768536	20.07217840	20.55053663	20.82346918
<i>Selenastrum capricornutum</i>	24.16720980	25.42669966	25.71001329	27.90005775
<i>Scenedesmus obtusiusculus</i>	23.49043004	24.74635881	25.08747720	27.20299899
<i>Saccharopolyspora erythraea</i>	21.69363464	22.93595010	23.39354169	25.09766236
<i>Zygosaccharomyces bailii</i> NCYC 563	20.82848902	22.28071199	22.70948599	24.08412130

Tablo 38. Sulu biyokütle kaynakları için korelasyon formüllerinden hesaplanan kimyasal ekserji değerlerinin % olarak değişimleri

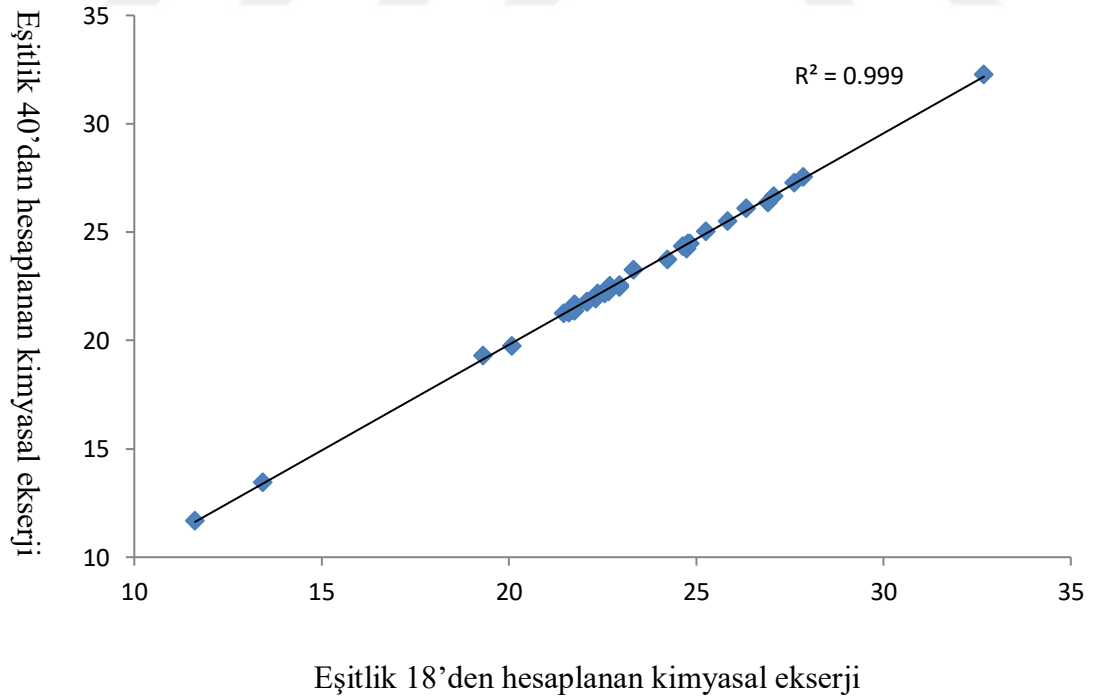
Biyokütle Türü	$\Delta(e^{CH})_1$	$\Delta(e^{CH})_2$	$\Delta(e^{CH})_3$	$\Delta(e^{CH})_4$
<i>Aspergillus niger</i>	5.288483158	-1.32877026	-3.00973059	-9.1394363
<i>B. flavum</i>	4.644392724	1.35237537	0.64824908	-12.2197466
<i>Bacillus cereus</i>	5.412225950	0.56841294	-1.53221266	-8.6235017
<i>Chlamydomonas</i>	4.387704199	-0.04468452	-1.31859815	-10.9704106
<i>Chrorella</i> sp. ATCC 7516 (medium 5)	3.953674383	0.40330353	0.16554139	-12.3776555
<i>Chlorella</i> Spain sp. ATCC 7516(medium S)	4.330394591	0.71194960	0.26963993	-12.2125485
<i>Candida kefyr</i> NCYC 1441	4.731214066	-0.30835076	-1.71995735	-10.6272301
<i>Candida utilis</i> ATCC 9950	5.190426099	-1.60028587	-3.12805501	-9.6769614
<i>C.Pyrenoidosa</i> Alg Türü	5.704589418	0.02180506	-1.78586475	-13.0807852
<i>Debaryomyces hansenii</i>	5.767358836	-1.56960776	-3.50472656	-9.3906615
<i>D. nepaliensis</i> CBS 5921	5.955086692	-1.93782323	-3.95491773	-9.5299258
<i>D.Tertiolecta</i> Su Yosunu Artığı	6.911413835	-1.61476267	-4.45282714	-8.7208328
<i>F. dehydrogenans</i>	5.180988347	0.65468551	-1.23760045	-10.0561938
<i>Fucus serratus</i>	10.48221744	-10.32030080	-19.8758155	-1.5050984
<i>Kluyveromyces marxianus</i> NRRL 665	5.879645645	-0.45555864	-2.57082719	-9.7195699
<i>Laminaria digitata</i>	12.63470334	-17.14925390	-35.21126980	1.4063930
<i>Mucor rouxii</i>	4.327295765	-0.57240052	-1.58050767	-12.0259603
<i>Neurospora crassa</i>	4.986875629	-0.22852066	-1.72233064	-11.3685828
<i>Penicillium chrysogenum</i>	3.166733671	0.93258480	0.97595508	-14.6207402
<i>Rocan 1</i>	4.318496376	-1.60804428	-2.75101768	-8.5760957
<i>Rocan BUV 2</i>	5.245117782	-2.09221258	-3.69532594	-8.6526989
<i>Scenedesmus</i>	3.554885736	0.60705749	0.28293103	-10.2324864
<i>Spirulina</i> Yosunu	5.515907855	-0.01155148	-2.03803479	-8.9914082
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	5.853939556	-0.78740875	-2.93049290	-8.6819898
<i>S. cerevisiae</i> Whi 2+	5.855914644	-1.01984990	-3.10799785	-9.0263601
<i>S. cerevisiae</i> Whi 2-	5.657272773	-0.19848930	-2.24599208	-9.3581215
<i>S. cerevisiae</i> CBS 426a	5.598285086	-0.51330163	-2.53269556	-8.7215194
<i>S. cerevisiae</i> CBS 426b	5.767667042	-0.28651129	-2.46979704	-8.3132745
<i>Sphagnum</i> Yosunu	6.455389019	-3.92278157	-6.39945933	-7.8125550
<i>Selenastrum capricornutum</i>	4.296372484	-0.69128431	-1.81322362	-10.4859335
<i>Scenedesmus obtusiusculus</i>	4.679121580	-0.41726164	-1.80147234	-10.3859638
<i>Saccharopolyspora erythraea</i>	5.483354056	0.07072993	-1.92294350	-9.3475992
<i>Zygosaccharomyces bailii</i> NCYC 563	5.627606930	-0.95231139	-2.89505568	-9.1234298

Tablo 39. Sulu biyokütle kaynakları ve tüm biyokütle kaynakları için türetilen ekserji formüllerinin temel eşitlikle % olarak farkları

Biyokütle Türü	$(e^{CH})_s$	$(e^{CH})_{BB}$	$\Delta(e^{CH})_s$	$\Delta(e^{CH})_{BB}$
<i>Aspergillus niger</i>	22.63004	22.17713	-1.20266	0.822794
<i>B. flavum</i>	27.03401	26.37886	-0.46400	1.970669
<i>Bacillus cereus</i>	23.00629	22.48524	-0.28648	1.984810
<i>Chlamydomonas</i>	26.10950	25.53513	-1.03228	1.190270
<i>Chrorella</i> sp. ATCC 7516 (medium 5)	28.18542	27.55648	-1.20832	1.050060
<i>Chlorella</i> Spain sp. ATCC 7516(medium S)	27.31310	26.68682	-0.92618	1.388034
<i>Candida kefyr</i> NCYC 1441	25.02208	24.47864	-1.00502	1.188672
<i>Candida utilis</i> ATCC 9950	23.00673	22.55040	-1.36425	0.646290
<i>C.Pyrenoidosa</i> Alg Türü	24.85655	24.26169	-0.47172	1.932742
<i>Debaryomyces hansenii</i>	21.99461	21.54892	-1.09008	0.958354
<i>D. nepaliensis</i> CBS 5921	21.70095	21.26564	-1.15058	0.878481
<i>D.Tertiolecta</i> Su Yosunu Artığı	20.19691	19.77261	-0.56341	1.549214
<i>F. dehydrogenans</i>	24.31391	23.74923	-0.37355	1.957569
<i>Fucus serratus</i>	13.61943	13.46555	-1.49126	-0.344590
<i>Kluyveromyces marxianus</i> NRRL 665	22.43805	21.94391	-0.56863	1.646118
<i>Laminaria digitata</i>	11.78496	11.68721	-1.39635	-0.555360
<i>Mucor rouxii</i>	26.67578	26.09994	-1.31677	0.870320
<i>Neurospora crassa</i>	25.04530	24.48609	-0.87639	1.375963
<i>Penicillium chrysogenum</i>	33.06978	32.28411	-1.18991	1.214151
<i>Rocan 1</i>	23.71942	23.28000	-1.72493	0.159576
<i>Rocan BUV 2</i>	22.08121	21.66949	-1.55156	0.341946
<i>Scenedesmus</i>	27.91445	27.30060	-1.09387	1.129225
<i>Spirulina</i> Yosunu	22.76698	22.26583	-0.51990	1.692761
<i>Saccharomyces cerevisiae</i>	21.75083	21.29373	-0.71875	1.397872
<i>S. cerevisiae</i> Whi 2+	21.85782	21.40140	-0.81887	1.286353
<i>S. cerevisiae</i> Whi 2-	22.67398	22.17464	-0.54989	1.664459
<i>S. cerevisiae</i> CBS 426a	22.25626	21.78414	-0.70776	1.428509
<i>S. cerevisiae</i> CBS 426b	21.86755	21.39812	-0.53083	1.627264
<i>Sphagnum</i> Yosunu	19.64246	19.30738	-1.69796	0.036919
<i>Selenastrum capricornutum</i>	25.59326	25.06141	-1.35088	0.755283
<i>Scenedesmus obtusiusculus</i>	24.90731	24.37377	-1.07039	1.094656
<i>Saccharopolyspora erythraea</i>	23.06741	22.55363	-0.50201	1.736443
<i>Zygosaccharomyces bailii</i> NCYC 563	22.26721	21.80354	-0.89112	1.209734



Şekil 12. Sulu biyokütle kaynakları için Eşitlik 18 ile Eşitlik 38 arasındaki korelasyon



Şekil 13. Sulu biyokütle kaynakları için Eşitlik 18 ile Eşitlik 40 arasındaki korelasyon

3.5. Atık Biyokütle Kaynakları

Atık biyokütle kaynaklarına ait Tablo 12’de verilen c, h, o, n ve s verilerinin Eşitlik 17’de yerine konulmasıyla hesaplanan v_{CO_2} , v_{H_2O} , v_{SO_2} , v_{N_2} ve v_{O_2} değerleri Tablo 40’ da verilmiştir. Bu biyokütle kaynaklarına ait e^{CH} , HHV, S_{DAF} ve LHV değerleri sırasıyla 18, 19, 20 ve 34 eşitlikleri kullanılarak hesaplandı ve elde edilen sonuçlar Tablo 41’de verilmiştir.

Atık biyokütle kaynaklarının kimyasal ekserjilerini hesaplamak için literatürde verilmiş olan korelasyonlarda kullanılmak üzere gerekli olan β_1 , β_2 , β_3 ve β_4 değerleri sırasıyla Eşitlik 30, 31, 32 ve 33 kullanılarak hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar Tablo 42’de sunulmuştur.

Tablo 42’de atık biyokütle kaynaklarına ait β_1 , β_2 , β_3 ve β_4 değerlerinin Eşitlik 29’da yerine konulmasıyla hesaplanan $(e^{CH})_1$, $(e^{CH})_2$, $(e^{CH})_3$ ve $(e^{CH})_4$ ekserji değerleri Tablo 43’de verilmiştir.

Atık biyokütle kaynakları için Eşitlik 18 ile literatürdeki korelasyon eşitlikleri arasındaki değişimleri yüzde olarak hesaplandı ve elde edilen veriler Tablo 44’de toplu olarak verilmiştir.

Bu çalışmada atık biyokütle kaynakları için türetmiş olduğumuz Eşitlik 39’dan ve bütün biyokütle kaynakları için türetmiş olduğumuz Eşitlik 40’dan hesaplanan kimyasal ekserji değerleri ve bulunan bu değerler ile genel ekserji formülünden bulunan değerlerin yüzde olarak farklılıkları Tablo 45’de verilmiştir.

Atık biyokütle kaynakları ve bütün biyokütle kaynakları için türettiğimiz formüllerin kullanılabilirliğini daha iyi anlamak için korelasyon katsayıları (R^2) hesaplandı. Bu amaçla, Eşitlik 18 ile Eşitlik 39 arasında ve Eşitlik 18 ile Eşitlik 40 arasında çizilen korelasyonlar sırasıyla Şekil 14 ve 15’de gösterilmiştir.

Tablo 40. Atık biyokütle kaynaklarının v_{CO_2} , v_{H_2O} , v_{SO_2} , v_{N_2} ve v_{O_2} değerleri

Biyokütle Türü	v_{CO_2}	v_{H_2O}	v_{SO_2}	v_{N_2}	v_{O_2}
Atık su arıtım çamuru	0.050583	0.04600	0.000563	0.00500	0.067490
Arıtma Çamuru	0.039367	0.03330	0.000609	0.004193	0.044664
Belediye Çöpü	0.024375	0.04405	0.000034	0.000536	0.027347
Briket	0.038958	0.03195	0.000031	0.000886	0.040740
Belediye Katı Atıkları	0.041450	0.03785	0.000753	0.002671	0.049709
Budama atıkları	0.043550	0.02900	0.000003	0.000086	0.044988
Çözünmüş Organik Madde	0.038933	0.02440	0.000463	0.000907	0.037330
Çöpten Çıkarılan Yakıt	0.044175	0.04095	0.000022	0.000857	0.052944
Çay Atığı	0.039083	0.03200	0.000156	0.002429	0.041865
Çamur	0.042058	0.03595	0.000559	0.003814	0.049590
Dip Çamuru	0.028608	0.04005	0.000069	0.000393	0.030924
Epoksi Taş	0.058800	0.03900	0.000088	0.002986	0.073019
Evsel katı atık	0.045342	0.03950	0.000675	0.001064	0.055129
Fıstık yağı sabunu	0.074417	0.04550	0	0.000143	0.096729
Hurda Lastik	0.068250	0.03760	0.000522	0.000357	0.084944
Hurda Şişeler	0.052092	0.02095	0	0	0.052160
Hurda	0.039200	0.03375	0.000009	0.001564	0.042338
İnşaat Atık Cipsi	0.039383	0.03225	0.000053	0.000057	0.041174
Kanalizasyon Çamuru	0.048475	0.03580	0.000541	0.006479	0.059456
Katı atık-Plastik	0.047992	0.03765	0.000131	0.000757	0.056510
Katı atık-Karton	0.046817	0.03455	0.000150	0.000900	0.053251
Kentsel atık	0.045075	0.03410	0.000106	0.000971	0.050547
Lağım Pisliği	0.043708	0.03345	0.000781	0.005207	0.051505
Organik atık	0.041150	0.03250	0.000209	0.001636	0.044750
Otomotiv Hurdası	0.062867	0.04095	0.002559	0.003386	0.084826
Plastik	0.071467	0.07050	0.000003	0.000093	0.106720
Tampon Hurdası	0.070667	0.07275	0.000072	0.000100	0.107026
Tarihi Taş	0.036142	0.03115	0.000100	0.000736	0.036489
Turba	0.048325	0.02850	0.000034	0.000857	0.051672
Yemek Atıkları	0.034608	0.02880	0.000038	0.001107	0.033096

Tablo 41. Atık biyokütle kaynaklarının S_{DAF} (kj/kgK), HHV (MJ/kg), LHV (MJ/kg) ve e^{CH} (MJ/kg) değerleri

Biyokütle Türü	S_{DAF}	HHV	LHV	e^{CH}
Atık su arıtım çamuru	1.768331	29.90351	27.89591	30.40228
Arıtma Çamuru	1.605800	20.48815	19.03482	21.31837
Belediye Çöpü	1.583094	14.27606	12.35356	14.85718
Briket	1.560056	19.13432	17.73991	19.76231
Belediye Katı Atıkları	1.644794	22.69146	21.03956	23.42063
Budama atıkları	1.500761	20.75415	19.48849	21.36719
Çözünmüş Organik Madde	1.462478	17.46941	16.40451	18.34698
Çöpten Çıkarılan Yakıt	1.653322	24.26438	22.47718	24.68068
Çay Atığı	1.574783	19.48730	18.09071	20.18299
Çamur	1.635458	22.54960	20.98062	23.28328
Dip Çamuru	1.603525	15.55417	13.80625	16.15123
Epoksi Taş	1.641562	32.01185	30.30975	32.38881
Evsel katı atık	1.643438	24.97795	23.25403	25.58161
Fıstık yağı sabunu	1.615195	41.74938	39.76360	41.78523
Hurda Lastik	1.527318	36.74280	35.10180	37.12022
Hurda Şişeler	1.313518	23.31610	22.40177	24.00999
Hurda	1.586392	19.79657	18.32360	20.40117
İnşaat Atık Cipsi	1.554801	19.35384	17.94634	19.95821
Kanalizasyon Çamuru	1.666866	26.31253	24.75009	27.04258
Katı atık-Plastik	1.611786	25.54991	23.90674	26.01360
Katı atık-Karton	1.577783	24.14713	22.63925	24.68567
Kentsel atık	1.576902	23.06633	21.57809	23.61949
Lağım Pisliği	1.621787	23.12166	21.66178	23.97402
Organik atık	1.572052	20.67535	19.25694	21.33642
Otomotiv Hurdası	1.675888	36.38221	34.59501	37.33334
Plastik	1.921858	46.55189	43.47503	46.16790
Tampon Hurdası	1.941897	46.73999	43.56493	46.34366
Tarihi Taş	1.552863	17.42611	16.06662	18.10949
Turba	1.485029	23.33455	22.09072	23.94060
Yemek Atıkları	1.529690	15.99625	14.73932	16.72915

Tablo 42. Atık biyokütle kaynaklarının β değerleri

Biyokütle Türü	β_1	β_2	β_3	β_4
Atık su arıtım çamuru	1.045909885	1.074723394	1.076175124	1.246530208
Arıtma Çamuru	1.045741617	1.129517478	1.152285319	1.238654899
Belediye Çöpi	1.048289026		2.225889560	1.540444748
Briket	1.045673283	1.153419656	1.177902687	1.232514399
Belediye Katı Atıkları	1.045919843	1.119723627	1.135462004	1.253492032
Budama atıkları	1.045264638	1.127329661	1.141366261	1.190970378
Çözünmüş Organik Madde	1.045160788	1.153019502	1.178836176	1.182412039
Çöpten Çıkarılan Yakıt	1.045956537	1.116367091	1.127442079	1.255535693
Çay Atığı	1.045669723	1.144022755	1.168413417	1.232195934
Çamur	1.045765128	1.114763866	1.131509754	1.238933672
Dip Çamuru	1.047209846	1.330555448	1.460903038	1.405508967
Epoksi Taş	1.045257653	1.065341582	1.062583078	1.187450883
Evsel katı atık	1.045808583	1.105994813	1.115182831	1.240469688
Fıstık yağı sabunu	1.045120269	1.046684658	1.037748824	1.173394088
Hurda Lastik	1.044959927	1.053599133	1.046210598	1.160554814
Hurda Şişeler	1.044565765	1.093449170	1.099991837	1.125577692
Hurda	1.045781569	1.147631040	1.171095790	1.242904000
İnşaat Atık Cipsi	1.045670017	1.153492027	1.175968043	1.231770023
Kanalizasyon Çamuru	1.045457091	1.079106154	1.083426577	1.208149721
Katı atık-Plastik	1.045578955	1.100280114	1.108025717	1.218542581
Katı atık-Karton	1.045455660	1.105518026	1.114780756	1.207783431
Kentsel atık	1.045504770	1.113560839	1.124850023	1.213072018
Lağım Pisliği	1.045528046	1.101650420	1.117599234	1.216197121
Organik atık	1.045592953	1.132451521	1.150748343	1.223380405
Otomotiv Hurdası	1.045226153	1.049222508	1.043568107	1.183435487
Plastik	1.046114156	1.046397715	1.037072563	1.254307593
Tampon Hurdası	1.046228125	1.046779410	1.037498844	1.263685449
Tarihi Taş	1.045783998	1.180580669	1.217057957	1.245509862
Turba	1.045062856	1.094421831	1.095466339	1.171381242
Yemek Atıkları	1.045705249	1.199735486	1.248288331	1.239085870

Tablo 43. Atık biyokütle kaynaklarının korelasyon formüllerinden elde edilen kimyasal ekserji değerleri (MJ/kg)

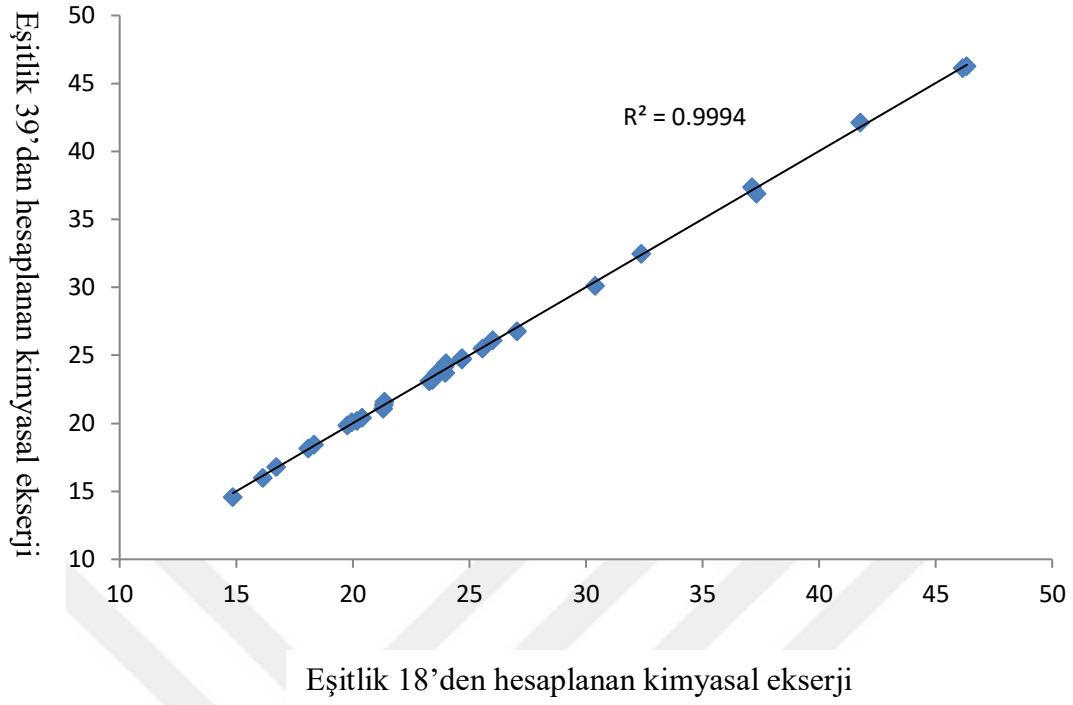
Biyokütle Türü	(e ^{CH}) ₁	(e ^{CH}) ₂	(e ^{CH}) ₃	(e ^{CH}) ₄
Atık su arıtım çamuru	29.17661062	29.98038975	30.02088708	34.77309759
Arıtma Çamuru	19.90550552	21.50016413	21.93354592	23.57757550
Belediye Çöpü	12.95010470		27.49766730	19.02998151
Briket	18.55015266	20.46156389	20.89589071	21.86469772
Belediye Katı Atıkları	22.00568953	23.55848841	23.88961688	26.37291630
Budama atıkları	20.37062496	21.96994798	22.24350006	23.21020918
Çözünmüş Organik Madde	17.14535002	18.91471933	19.33822919	19.39688947
Çöpten Çıkarılan Yakıt	23.51015626	25.09278715	25.34172169	28.22090527
Çay Atığı	18.91690816	20.69618439	21.13742879	22.29129983
Çamur	21.94080066	23.38843695	23.73977606	25.99359646
Dip Çamuru	14.45803660	18.36997566	20.16958653	19.40480237
Epoksi Taş	31.68150073	32.29023963	32.20663007	35.99134233
Evsel katı atık	24.31926495	25.71883739	25.93249585	28.84592026
Fıstık yağı sabunu	41.55774872	41.61995449	41.26463351	46.65837811
Hurda Lastik	36.67997881	36.98323054	36.72387963	40.73756790
Hurda Şişeler	23.40012022	24.49519492	24.64176224	25.21493061
Hurda	19.16248675	21.02873607	21.45869484	22.77448001
İnşaat Atık Cipsi	18.76595130	20.70096192	21.10432419	22.10576558
Kanalizasyon Çamuru	25.87515754	26.70797489	26.81490575	29.90181485
Katı atık-Plastik	24.99638117	26.30410742	26.48927951	29.13137710
Katı atık-Karton	23.66832861	25.02809532	25.23779655	27.34330707
Kentsel atık	22.55999836	24.02851850	24.27211755	26.17577990
Lağım Pisliği	22.64800109	23.86371175	24.20919149	26.34499748
Organik atık	20.13492360	21.80755408	22.15989492	23.55856638
Otomotiv Hurdası	36.15960691	36.29786083	36.10224679	40.94095990
Plastik	45.47984076	45.49216848	45.08675727	54.53105596
Tampon Hurdası	45.57886016	45.60287687	45.19856962	55.05237434
Tarihi Taş	16.80221446	18.96794140	19.55400813	20.01113408
Turba	23.08618718	24.17656232	24.19963624	25.87665084
Yemek Atıkları	15.41298365	17.68328451	18.39892039	18.26328239

Tablo 44. Atık biyokütle kaynakları için korelasyon formüllerinden hesaplanan kimyasal ekserji değerlerinin % olarak değişimleri

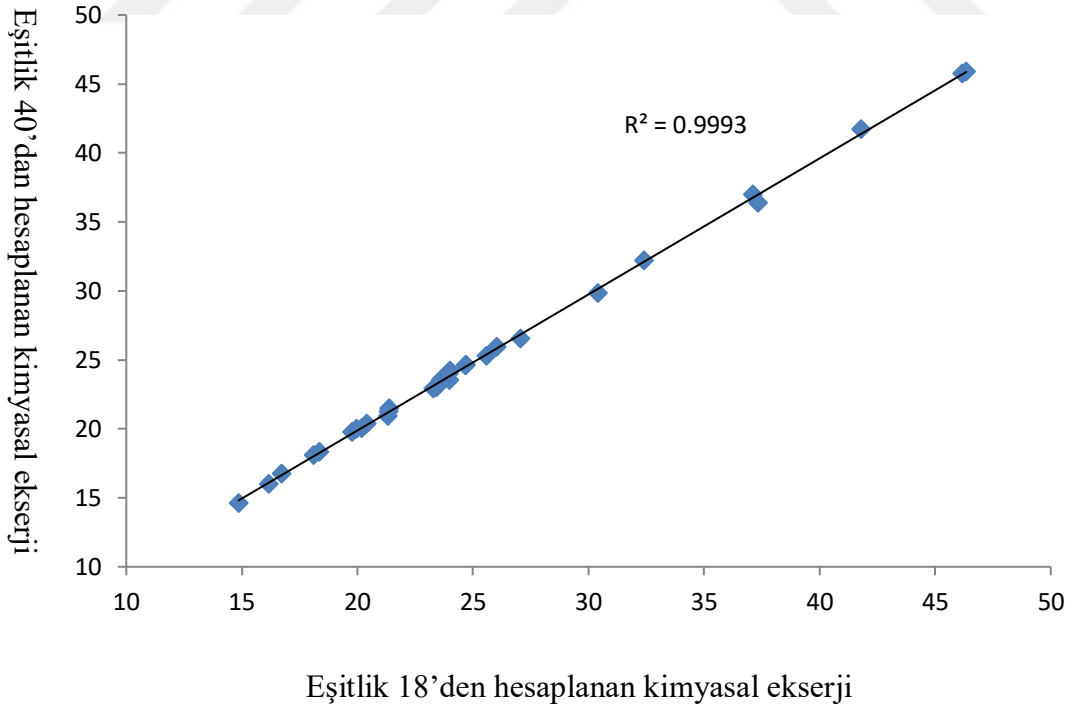
Biyokütle Türü	$\Delta(e^{CH})_1$	$\Delta(e^{CH})_2$	$\Delta(e^{CH})_3$	$\Delta(e^{CH})_4$
Atık su arıtım çamuru	4.031493086	1.38768076	1.25447584	-14.3766252
Arıtma Çamuru	6.627450420	-0.85275848	-2.88566151	-10.5974593
Belediye Çöpü	12.836072440		-85.07994610	-28.0860632
Briket	6.133699620	-3.53830167	-5.73605460	-10.6383501
Belediye Katı Atıkları	6.041445327	-0.58860086	-2.00243000	-12.6054739
Budama atıkları	4.663985728	-2.82096293	-4.10120665	-8.6254760
Çözünmüş Organik Madde	6.549454496	-3.09447383	-5.40280980	-5.7225370
Çöpten Çıkarılan Yakıt	4.742676570	-1.66975138	-2.67837237	-14.3441103
Çay Atığı	6.273025373	-2.54269525	-4.72891418	-10.4459606
Çamur	5.765856468	-0.45163615	-1.96061209	-11.6406068
Dip Çamuru	10.483351640	-13.7373418	-24.87959710	-20.1444510
Epoksi Taş	2.183802732	0.30432974	0.56247310	-11.1227739
Evsel katı atık	4.934564507	-0.53644640	-1.37164986	-12.7603971
Fıstık yağı sabunu	0.544395129	0.39552487	1.24587561	-11.6623821
Hurda Lastik	1.185983572	0.36903867	1.06771695	-9.7449571
Hurda Şişeler	2.540074734	-2.02083765	-2.63128068	-5.0184883
Hurda	6.071635585	-3.07612004	-5.18364002	-11.6331969
İnşaat Atık Cipsi	5.973773754	-3.72153792	-5.74257224	-10.7602638
Kanalizasyon Çamuru	4.316978325	1.23732631	0.84190968	-10.5730852
Katı atık-Plastik	3.910337146	-1.11674950	-1.82857748	-11.9851784
Katı atık-Karton	4.121170825	-1.38715392	-2.23663968	-10.7659231
Kentsel atık	4.485682909	-1.73172436	-2.76307183	-10.8227803
Lağım Pisliği	5.531069269	0.46011905	-0.98093977	-9.8897749
Organik atık	5.631208714	-2.20811166	-3.85947026	-10.4147936
Otomotiv Hurdası	3.143918467	2.77359549	3.29756162	-9.6632759
Plastik	1.490335185	1.46363324	2.34175687	-18.1146626
Tampon Hurdası	1.650286873	1.59846379	2.47087487	-18.7915890
Tarihi Taş	7.218749635	-4.74032004	-7.97656040	-10.5007942
Turba	3.568890378	-0.98561155	-1.08199140	-8.0868891
Yemek Atıkları	7.867514591	-5.70341137	-9.98118876	-9.1704005

Tablo 45. Atık biyokütle kaynakları ve tüm biyokütle kaynakları için türetilen ekserji formüllerinin temel eşitlikle % olarak farkları

Biyokütle Türü	(e^{CH})_A	(e^{CH})_{BB}	Δ(e^{CH})_A	Δ(e^{CH})_{BB}
Atık su arıtım çamuru	30.12808	29.84837	0.901910	1.821924
Arıtma Çamuru	21.11145	20.93624	0.970616	1.792498
Belediye Çöpü	14.60955	14.62421	1.666790	1.568067
Briket	19.86510	19.75737	-0.520100	0.025033
Belediye Katı Atıkları	23.22441	23.01972	0.837812	1.711810
Budama atıkları	21.60691	21.46543	-1.121920	-0.459780
Çözünmüş Organik Madde	18.45370	18.31104	-0.581720	0.195882
Çöpten Çıkarılan Yakıt	24.72462	24.56661	-0.178050	0.462198
Çay Atığı	20.17982	20.05476	0.015743	0.635349
Çamur	23.10367	22.90892	0.771417	1.607844
Dip Çamuru	16.02640	16.00334	0.772870	0.915624
Epoksi Taş	32.50650	32.20806	-0.363360	0.558067
Evsel katı atık	25.50773	25.27985	0.288785	1.179571
Fıstık yağı sabunu	42.14594	41.72276	-0.863260	0.149504
Hurda Lastik	37.39020	36.97757	-0.727320	0.384299
Hurda Şişeler	24.43955	24.22795	-1.789090	-0.907790
Hurda	20.45208	20.34108	-0.249530	0.294530
İnşaat Atık Cipsi	20.09969	19.98858	-0.708880	-0.152190
Kanalizasyon Çamuru	26.81027	26.55253	0.859041	1.812151
Katı atık-Plastik	26.12819	25.92873	-0.440510	0.326268
Katı atık-Karton	24.81684	24.62738	-0.531370	0.236127
Kentsel atık	23.74286	23.57280	-0.522290	0.197688
Lağım Pisliği	23.72837	23.49592	1.024673	1.994249
Organik atık	21.38011	21.23409	-0.204770	0.479593
Otomotiv Hurdası	36.91744	36.35454	1.114021	2.621780
Plastik	46.16286	45.75106	0.010916	0.902873
Tampon Hurdası	46.28178	45.86941	0.133542	1.023331
Tarihi Taş	18.18332	18.09507	-0.407690	0.079651
Turba	24.19260	24.00406	-1.052620	-0.265080
Yemek Atıkları	16.81106	16.74226	-0.489590	-0.078380



Şekil 14. Atık biyokütle kaynakları için Eşitlik 18 ile Eşitlik 39 arasındaki korelasyon



Şekil 15. Atık biyokütle kaynakları için Eşitlik 18 ile Eşitlik 40 arasındaki korelasyon

4. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada 256 tanesi bitkisel, 10 tanesi hayvansal, 148 tanesi ormansal, 33 tanesi sulu ve 30 tanesi atık kaynaklı toplam 477 biyokütlenin kimyasal ekserji değerleri literatürde mevcut olan biri ana formül diğerleri korelasyon formülleri olmak üzere 5 farklı formülden hesaplanmıştır. Daha sonra, kimyasal ekserjileri hesaplamak üzere hem bitkisel, hayvansal, ormansal, sulu ve atık biyokütle kaynakları için ayrı ayrı hem de bütün biyokütle kaynakları için ayrı yeni formüller türetilmiştir.

Bu çalışmada seçilen biyokütlelerin kimyasal ekserji değerleri kuru ve külsüz bazda (DAF) gerçekleştirilmiştir. Bunun için gerekli olan elementel analiz verileri (%C, %H, %O, %N ve %S) literatürden alınmıştır. Biyokütlenin kimyasal ekserjisini bulmak için onun üst ısı değeri, entropisinin ve yanma reaksiyonunun gereğince oluşan denklemlerden hesaplanan v_{CO_2} , v_{H_2O} , v_{SO_2} , v_{N_2} ve v_{O_2} değerlerinin hesaplanması gereklidir. Bunlar dışında gerekli olan CO_2 , H_2O , SO_2 , N_2 ve O_2 'nin standart entropi ve standart kimyasal ekserji değerleri literatürden (Tablo 13 ve 15) alınmıştır.

Tablo 17 incelendiğinde, bitkisel biyokütle kaynakları içerisinde en yüksek kimyasal ekserji değerine sahip biyokütlenin aspir tohumu (40.04751 MJ/kg), en düşük kimyasal ekserji değerine sahip biyokütlenin ise karnabahar yaprağı (9.880421 MJ/kg) olduğu görülür. Benzer şekilde, Tablo 23'e göre en yüksek kimyasal ekserji değerine sahip hayvansal biyokütle kaynağı domuz gübresi (31.50220 MJ/kg) ve en düşük kimyasal ekserji değerine sahip hayvansal biyokütle kaynağı güvercin gübresi (17.27887 MJ/kg), Tablo 29'a göre en yüksek kimyasal ekserji değerine sahip ormansal biyokütle kaynağı tütün sapı (44.85565 MJ/kg) ve en düşük kimyasal ekserji değerine sahip ormansal biyokütle kaynağı siyah kavak ağacı dalı (11.79220 MJ/kg), Tablo 35'e göre en yüksek kimyasal ekserji değerine sahip sulu biyokütle kaynağı *Penicillium chrysogenum* (32.68090 MJ/kg) ve en düşük kimyasal ekserji değerine sahip sulu biyokütle kaynağı *laminaria digitata* (11.62266 MJ/kg), Tablo 41'e göre en yüksek kimyasal ekserji değerine sahip atık biyokütle kaynağı tampon hurdası (46.34366 MJ/kg) ve en düşük kimyasal ekserji değerine sahip atık biyokütle kaynağı belediye çöpüdür (14.85718 MJ/kg).

Biyokütlenin hidrojen ve karbon içeriğinin fazla olması kimyasal ekserji değerine pozitif yönde oksijen içeriğinin fazla olması ise negatif yönde etki yapar. Biyokütlenin kimyasal ekserjisi üzerine karbon içeriği ile hidrojen içeriğinin etkisi kıyaslandığında hidrojen içeriğinin etkisinin daha baskın olduğu görülür. Biyokütlenin kükürt ve azot içeriğinin onun kimyasal ekserjisi üzerine etkisi; kar on, hidrojen ve oksijen içeriğine oranla oldukça düşüktür ve bu etkinin pozitif mi yoksa negatif mi olduğu konusunda bir çıkarım yapmak kolay değildir. Bu çalışmada elde edilen sonuçlar bu durumu desteklemektedir. Ayrıca, beklenildiği üzere biyokütlenin kimyasal ekserjisi onun üst ısı değerine paralel olarak artmakta veya azalmaktadır.

Bu çalışmada ele alınan 477 biyokütlenin kimyasal ekserjileri literatürde verilen 4 ayrı korelasyon formülü ile de hesaplanmıştır. Bu korelasyon formüllerinde gerekli alt ısı değer (LHV) ve β parametreleri yine ilgili biyokütlenin elementel analiz verileri kullanılarak hesaplanmıştır. Biyokütlenin alt ısı değerinin yüksek olması onun kimyasal ekserji değerinin de yüksel olmasını sağlar. β_1 kullanılarak hesaplanan kimyasal ekserji formülü katı hidrokarbonlar için geliştirilen bir korelasyon formülüdür. β_2 içeren ekserji formülü ise C, H ve O içeren katı bileşikler için geliştirilmiştir. C, H, O ve N içeren katı bileşikler için geliştirilen korelasyon formülünde β_3 kullanılır. β_4 içeren son korelasyon formülü ise odun için kullanılan geniş kapsamlı bir formüldür. Bu çalışmada hesaplanan kimyasal ekserji ve β değerleri kıyaslandığında biyokütlelerin β değerlerinin kimyasal ekserji değerlerini artırttığı veya azalttığı yönünde bir değerlendirme yapmak doğru olmaz. Bununla birlikte genellikle β_1 parametresinin kullanıldığı korelasyon formülünün en düşük kimyasal ekserji değerini, β_4 parametresinin kullanıldığı korelasyon formülünün ise en yüksek kimyasal ekserji değerini verdiği elde edilen sonuçlardan çıkarılabilir. Bu durum, β_1 parametresinin sadece biyokütlenin H ve C içeriğine bağlı olarak hesaplanması β_4 parametresinin ise H, C, O, ve N içeriğine bağlı çok daha kapsamlı bir formül olması ile açıklanabilir.

Bitkisel biyokütle kaynaklarının korelasyon formüllerinden elde edilen kimyasal ekserji değerlerini veren Tablo 19 incelendiğinde görülür ki bu çalışmada kullanılan 256 adet bitkisel biyokütle kaynağı arasında $(e^{CH})_1$, $(e^{CH})_2$, $(e^{CH})_3$ ve $(e^{CH})_4$ değeri en yüksek olan biyokütle aspir tohumudur. Bu değerler sırasıyla 39.23536058, 39.58353677, 39.35521098 ve 46.82776025 MJ/kg şeklindedir. $(e^{CH})_1$, $(e^{CH})_2$, $(e^{CH})_3$ ve $(e^{CH})_4$ değeri en düşük olan olan biyokütle ise sırasıyla 8.462021409, 11.65275342, 13.95962881 ve 9.564161025 MJ/kg değerlerine sahip olan karnabahar yaprağıdır.

Hayvansal biyokütle kaynaklarının korelasyon formüllerinden elde edilen kimyasal ekserji değerlerini veren Tablo 25'e göre bu çalışmada kullanılan 10 adet hayvansal biyokütle kaynağı arasında $(e^{CH})_1$, $(e^{CH})_2$, $(e^{CH})_3$ ve $(e^{CH})_4$ değeri en yüksek olan biyokütle domuz gübresidir. Bu değerler sırasıyla 30.51402767, 31.18808309, 31.19964800 ve 35.69078294 MJ/kg şeklindedir. $(e^{CH})_1$, $(e^{CH})_2$, $(e^{CH})_3$ ve $(e^{CH})_4$ değeri en düşük olan olan biyokütle ise sırasıyla 15.88412803, 18.03884523, 18.75941121 ve 19.01063653 MJ/kg değerlerine sahip olan güvercin gübresidir.

Ormansal biyokütle kaynaklarının korelasyon formüllerinden elde edilen kimyasal ekserji değerlerini veren Tablo 31 incelendiğinde görülür ki bu çalışmada kullanılan 148 adet ormansal biyokütle kaynağı arasında $(e^{CH})_1$, $(e^{CH})_2$, $(e^{CH})_3$ ve $(e^{CH})_4$ değeri en yüksek olan biyokütle tütün sapıdır. Bu değerler sırasıyla 44.35871137, 44.37084268, 43.97413116 ve 51.86978510 MJ/kg şeklindedir. $(e^{CH})_1$, $(e^{CH})_2$, $(e^{CH})_3$ ve $(e^{CH})_4$ değeri en düşük olan olan biyokütle ise sırasıyla 10.94057527, 12.40785617, 12.88253725 ve 10.66999512 MJ/kg değerlerine sahip olan siyah kavak ağacı dalıdır.

Sulu biyokütle kaynaklarının korelasyon formüllerinden elde edilen kimyasal ekserji değerlerini veren Tablo 37'e göre bu çalışmada kullanılan 33 adet sulu biyokütle kaynağı arasında $(e^{CH})_1$, $(e^{CH})_2$, $(e^{CH})_3$ ve $(e^{CH})_4$ değeri en yüksek olan biyokütle Penicillium chrysogenum'dur. Bu değerler sırasıyla 31.64598731, 32.37612737, 32.36195357 ve 37.45909465 MJ/kg şeklindedir. $(e^{CH})_1$, $(e^{CH})_2$, $(e^{CH})_3$ ve $(e^{CH})_4$ değeri en düşük olan olan biyokütle ise sırasıyla 10.15417349, 13.61586230, 15.71514943 ve 11.45920209 MJ/kg değerlerine sahip olan Laminaria digitata'dır.

Atık biyokütle kaynaklarının korelasyon formüllerinden elde edilen kimyasal ekserji değerlerini veren Tablo 43 incelendiğinde görülür ki bu çalışmada kullanılan 30 adet atık biyokütle kaynağı arasında $(e^{CH})_1$, $(e^{CH})_2$, $(e^{CH})_3$ ve $(e^{CH})_4$ değeri en yüksek olan biyokütle tampon hurdasıdır. Bu değerler sırasıyla 45.57886016, 45.60287687, 45.19856962 ve 55.05237434 MJ/kg şeklindedir. $(e^{CH})_1$ değeri en düşük olan olan atık biyokütle kaynağı belediye çöpüdür (12.950104070 MJ/kg). $(e^{CH})_2$, $(e^{CH})_3$ ve $(e^{CH})_4$ değeri en düşük olan biyoküteller ise sırasıyla 17.68328451, 18.39892039 ve 18.26328239 MJ/kg değerlerine sahip yemek atıklarıdır.

Literatürde mevcut olan, biyokütellerin kimyasal ekserji değerlerinin hesaplamada kullanılabilecek olan korelasyon formülleri gerçek kimyasal ekserji değerlerine çok yakın sonuçlar vermemektedir. Ayrıca, bu korelasyon formülleri alt ısı değerinin ve β değerinin hesaplanmasını gerektirmektedir. Her ne kadar biyokütellerin kimyasal ekserji değerlerinin

hesaplandığı esas formülden daha basit bir formül olsa da yine de daha basit ve daha iyi sonuç verebilecek yeni korelasyon formüllerinin türetilmesi bu alanda çalışan bilim adamlarına oldukça fazla fayda sağlayacaktır. Bu çalışmadaki korelasyon formüllerinin hem ayrı yarı bütün biyokütle kaynaklar (bitkisel, hayvansal, ormansal, sulu ve atık kaynaklı biyokütller) için geliştirilmesi hem de hepsini kapsayacak ayrı bir korelasyon formülünün türetilmesi bahsi geçen bu amaç açısından oldukça değerlidir. Ayrıca, türetilen bu formüllerin karmaşık olmaması, sadece elementel analiz verilerini gerektirmesi, alt ısı ve üst ısı değerlerin hesaplanmasına ihtiyaç duymaması, biyokütlenin entropi değerlerinin bilinmesini gerektirmemesi, standart entropi ve standart kimyasal ekserji değerlerinden bağımsız olması gibi birçok etkenden dolayı literatüre önemli katkıları olacaktır.

Bitkisel biyokütle kaynakları için bu çalışmada türetilen yeni formüle göre en yüksek kimyasal ekserji değerine sahip biyokütle 39.45773 MJ/kg'lık değeri ile aspir tohumu, en düşük kimyasal ekserji değerine sahip biyokütle ise 10.00655 MJ/kg'lık değeri ile karnabahar yaprağıdır. Bu formül için $R^2 = 0.9998$ (Şekil 6) olarak bulunmuştur. 256 adet biyokütle örneği kullanılarak bulunan bu değer türetilen formülün ne denli başarılı bir formül olduğu hakkında bize bilgi vermektedir. Benzer şekilde, bütün biyokütle kaynaklarını kapsayacak şekilde türetilen yeni formüle göre ise en yüksek kimyasal ekserji değerine sahip bitkisel biyokütle kaynağı 39.66513 MJ/kg'lık değeri ile aspir tohumu, en düşük kimyasal ekserji değerine sahip biyokütle 9.950920 MJ/kg'lık değeri ile karnabahar yaprağıdır. Türetilen bu korelasyon formülü için $R^2 = 0.9995$ (Şekil 7) olarak bulunmuştur.

Tablo 27 incelendiğinde görülür ki hayvansal biyokütle kaynakları için bu çalışmada türetilen yeni formüle göre en yüksek kimyasal ekserji değerine sahip biyokütle 31.28455 MJ/kg'lık değeri ile domuz gübresi, en düşük kimyasal ekserji değerine sahip biyokütle ise 17.27776 MJ/kg'lık değeri ile güvercin gübresidir. Bu formül için $R^2 = 0.9996$ (Şekil 8) olarak bulunmuştur. Benzer şekilde, domuz gübresi bütün biyokütle kaynaklarını kapsayacak şekilde türetilen yeni formüle göre en yüksek kimyasal ekserji değerine sahip hayvansal biyokütle kaynağı (31.09541 MJ/kg), güvercin gübresi ise en düşük kimyasal ekserji değerine sahip hayvansal biyokütle kaynağı (17.14881 MJ/kg) olarak bulunmuştur. Türetilen bu korelasyon formülü için $R^2 = 0.9994$ (Şekil 9) olarak bulunmuştur.

Ormansal biyokütle kaynakları için bu çalışmada türetilen yeni formüle göre en yüksek kimyasal ekserji değerine sahip biyokütle 44.64315 MJ/kg'lık değeri ile tütün sapı, en düşük kimyasal ekserji değerine sahip biyokütle ise 11.99845 MJ/kg'lık değeri ile siyah kavak ağacı dalıdır. Bu formül için $R^2 = 0.9999$ (Şekil 10) olarak bulunmuştur. 148 adet biyokütle

örneği kullanılarak bulunan bu değer oldukça başarılı bir sonuçtur. Benzer şekilde, bütün biyokütle kaynaklarını kapsayacak şekilde türetilen yeni formüle göre de en yüksek kimyasal ekserji değerine sahip bitkisel biyokütle kaynağı 44.57997 MJ/kg'lık değeri ile tütün sapı, en düşük kimyasal ekserji değerine sahip biyokütle 12.14487 MJ/kg'lık değeri ile siyah kavak ağacı dalıdır. Türetilen bu korelasyon formülü için de $R^2 = 0.9999$ (Şekil 11) olarak bulunmuştur.

Tablo 39 incelendiğinde görülür ki sulu biyokütle kaynakları için bu çalışmada türetilen yeni formüle göre en yüksek kimyasal ekserji değerine sahip biyokütle 33.06978 MJ/kg'lık değeri ile *Penicillium chrysogenum*, en düşük kimyasal ekserji değerine sahip biyokütle ise 11.78496 MJ/kg'lık değeri ile *Laminaria digitata*'dır. Bu formül için $R^2 = 0.9995$ (Şekil 12) olarak bulunmuştur. Benzer şekilde, *Penicillium chrysogenum* bütün biyokütle kaynaklarını kapsayacak şekilde türetilen yeni formüle göre en yüksek kimyasal ekserji değerine sahip hayvansal biyokütle kaynağı (32.28411 MJ/kg), *Laminaria digitata* ise en düşük kimyasal ekserji değerine sahip hayvansal biyokütle kaynağı (11.68721 MJ/kg) olarak bulunmuştur. Türetilen bu korelasyon formülü için $R^2 = 0.999$ (Şekil 13) olarak bulunmuştur.

Atık biyokütle kaynakları için bu çalışmada türetilen yeni formüle göre en yüksek kimyasal ekserji değerine sahip biyokütle 46.28178 MJ/kg'lık değeri ile tampon hurdası, en düşük kimyasal ekserji değerine sahip biyokütle ise 14.60955 MJ/kg'lık değeri ile belediye çöpüdür. Bu formül için $R^2 = 0.9994$ (Şekil 14) olarak bulunmuştur. Benzer şekilde, bütün biyokütle kaynaklarını kapsayacak şekilde türetilen yeni formüle göre de en yüksek kimyasal ekserji değerine sahip atık biyokütle kaynağı 45.86941 MJ/kg'lık değeri ile tampon hurdası, en düşük kimyasal ekserji değerine sahip biyokütle 14.62421 MJ/kg'lık değeri ile belediye çöpüdür. Türetilen bu korelasyon formülü için de $R^2 = 0.9993$ (Şekil 15) olarak bulunmuştur.

Elde edilen sonuçlardan da görüleceği gibi, bu çalışmada kullanılan gerek literatürdeki formüller gerekse türetilen yeni formüller için en yüksek kimyasal ekserji değerine sahip bitkisel, hayvansal, ormansal, sulu ve atık biyokütle kaynakları sırasıyla aspir tohumu, domuz gübresi, tütün sapı, *Penicillium chrysogenum* ve tampon hurdasıdır. En düşük kimyasal ekserji değerine sahip bitkisel, hayvansal, ormansal, sulu ve atık biyokütle kaynakları ise sırasıyla karnabahar yaprağı, güvercin gübresi, siyah kavak ağacı dalı, *Laminaria digitata* ve belediye çöpüdür. Bütün formüller için benzer sonuçların bulunması beklenen ve istenilen bir durumdur. Burada önemli olan türetilen formüllerden elde edilen sonuçların gerçek değere ne kadar yakın olduğudur. Çizilen korelasyon eğrilerinden

hesaplanan R^2 değerleri bu formüllerin ne denli başarılı bir şekilde türetildiği ve kullanılabilirliklerinin ne derece fazla olduğu hakkında yeterli bilgiyi vermektedir.



5. ÖNERİLER

Enerji tüketimini azaltmanın en iyi yollarından birisi enerjiyi etkili bir şekilde kullanmaktır. Yani, enerji kaybını azaltmak ve enerjiyi verimini artırmaktır. Günümüzde enerji kullanımı oldukça artmıştır ve artmaya devam edecektir. Buna ilaveten, doğal kaynakları temin etmek zorlaşmış ve çevre kirliliği artmıştır. Dolayısıyla, enerji veriminin artırılması oldukça önemli bir hale gelmiştir. Bu bağlamda, ekserji kavramı son yıllarda bilim adamları için popüler hale gelmiştir. Ekserji sistemlerin verimleri ile alakalı olduğundan, sistemlerde iyileştirmeler yapılması noktasında kullanılabilecek faydalı bir kavramdır. Ekserji; enerji tüketiminden kaynaklanan çevresel sorunların belirlenmesinde, enerji kaynaklarının daha verimli kullanılmasında, enerji sistemlerindeki kayıpların bulunmasında ve enerji kaynaklarının daha sürdürülebilir olmasında etkilidir.

Fosil yakıtların kullanımı çevresel sorunları da beraberinde getirdiğinden yenilenebilir enerji kaynaklarından yararlanılması gerekir. Bu yenilenebilir kaynaklar arasında biyokütle önemli bir yere sahiptir. Günümüzde biyokütle, çevre dostu özellikleri ve çok daha fazla enerji sağlama yetenekleri nedeniyle değerlendirilmektedir. Biyokütle, ısınmada, enerji elde etmede, motorlarda, gübre ve benzeri birçok ürünün oluşmasında kullanılabilir. Gelişen teknoloji ile beraber, daha düşük maliyetli ve yenilenebilir olması sayesinde biyokütlenin kullanım alanları her geçen gün daha da artmaktadır.

En verimli ve uygun biyokütleyi seçmenin alternatif bir yolu da ekserji analizidir. Bu çalışmada, bitkisel, hayvansal, ormansal, sulu ve atık biyokütle gibi farklı biyokütle türlerinin kimyasal ekserji değerlerinin literatürde mevcut formüllerle hesaplanmasının yanında yeni formüller de türetilmiştir. Biyokütlelerin kimyasal ekserji değerlerinin bilinmesi onların kullanımı noktasında önemlidir. Bu çalışmada ele alınan 477 biyokütle çeşidi arasında en yüksek kimyasal ekserji değerine sahip olan bir atık biyokütle olan tampon hurdasıdır. Tampon hurdası başta olmak üzere kimyasal ekserji değeri yüksek olan biyokütlelerin değerlendirilmesinde, bu çalışmada elde edilmiş veriler fayda sağlayacaktır.

Bu tezde türetilen 6 farklı formülün kullanılabilirliği, R^2 değerlerinden de anlaşılacağı üzere oldukça fazladır. Bu formüller, sadece biyokütledeki karbon, hidrojen, oksijen, kükürt ve azotun yüzde bileşiminin bilinmesini gerektiren ve hesaplanmaları oldukça kolay olan formüllerdir. Türetilen bu formüller, bu alanda çalışan kişiler için oldukça faydalı olacaktır.

6. KAYNAKLAR

Abdelouahed, L., Leveneur, S., Vernieres, L., Balland, L., ve Taouk, B., Comparative Investigation for the Determination of Kinetic Parameters for Biomass Pyrolysis by Thermogravimetric Analysis, Journal of Thermal Analysis and Calorimetry, 129 (2017) 1201-1213.

Aboyade, A. O., Carrier, M., Meyer, E. L., Knoetze, J. H. ve Görgens, J. F., Model Fitting Kinetic Analysis and Characterisation of the Devolatilization of Coal Blends with Corn and Sugarcane Residues, Thermochimica Acta, 530 (2012) 95-106.

Acaroğlu, M. ve Haciseferoğulları, H., Biyokütle Enerjisinde Briketleme ve Peletlemede Yeni Test Prosedürleri, Enerji Tarımı ve Biyoyakıtlar 4. Ulusal Çalıştay, Samsun, 2014.

Açıklın, K., Çeşitli Biyokütle Atık Maddelerin Pirolyzi ve Elde Edilen Ürünlerin Analizi, Doktora Tezi, Yıldız Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2010.

Adnan, M. A., Xiong, Q., Hidayat, A. ve Hossain, M. M., Gasification Performance of Spirulina Microalgae – A Thermodynamic Study with tar Formation, Fuel, 241 (2019) 372-381.

Akçay, T., Trakya Bölgesinde Çeltik Sapının Biyokütle Potansiyeli ve Enerji Değerlerinin Saptanması, Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, 2014.

Akın, S., Biyokütle Olarak Pirinanın Enerji Üretiminde Kullanılması, Balıkesir Üniversitesi, 2000.

Alayont, Ş., Biyokütleye Uygulanan Ön İşlemlerin Pirolyz Ürünleri Üzerine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Aksaray Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Aksaray, 2019.

Altunbaş, O., Pelemin Bitkisinin Pirolyzi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya, 2015.

Ateş, M., Classification and Evaluation of Biomass in Turkey Regarding to Conformity Aspect of Thermochemical Technologies, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kocaeli, 2019.

Ayas, G., Biyokütle Katkılı Atıktan Türetilmiş Yakıtların Yanma Davranışlarının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 2018.

Ayyıldız, L., M., Hızlı Pirolyz Yöntemi İle Biyokütleden Elde Edilen Sıvı Ürünlerin Kimyasal Ekserjilerinin Hesaplanması, Yüksek Lisans Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2014.

Bay, B., Çeşitli Biyokütle Kaynaklarının Termal Davranışının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2006.

Baykan, A., Düşey Boru Fırında Biyokütlenin Termal Davranışlarının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2011.

Bayrakçıken, H., B., Doğal Gazlı Kombine Çevrimli Bir Santralin Ekserji Analizi İle İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Bülent Ecevit Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak, 2019.

Bayramoğlu, T., Biyokütle Enerjisi ve Yerel Ekonomik Kalkınma: TRA1 Bölgesi'nde (Erzurum-Erzincan-Bayburt) Biyokütle Potansiyeli ve Ekonomik Etkileri Üzerine Bir Saha Araştırması, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Erzurum, 2013.

Bejan, A., Tsatsaronis, G. ve Moran, M., Thermal Design and Optimization, John Wiley and Sons, New York, 1996.

Bilandzija, N., Voca, N., Kricka, T., Matin, A. ve Jurisic, V., Energy Potential of Fruit Tree Pruned Biomass in Croatia, Spanish Journal of Agricultural Research, 10,2 (2012) 292-298.

Bilgen, S., Bazı Kimyasal Proseslerin Ekserji Değerlerinin Hesaplanması, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2006.

Biyotek Biyokütle Enerji Üretim A.Ş., Biyotek Biyokütle Enerji Santrali (BES) Proje Tanıtım Dosyası, Adana, Haziran 2018.

Brunerová, A., Roubík, H., Brožek, M., Herák, D., Šleger, V. ve Mazancová, J., Potential of Tropical Fruit Waste Biomass for Production of Bio-Briquette Fuel: Using Indonesia as an Example, Energies, 10 (2017) 2119.

Bu, C., Leckner, B., Chen, X., Pallarès, D., Liu, D. ve Gómez-Barea, A., Devolatilization of a Single Fuel Particle in a Fluidized Bed Under Oxy-Combustion Conditions. Part A: Experimental Results, Combustion and Flame, 162 (2015) 797-808.

Budak, M. S., Biyokütleden Hızlı Piroлиз Yöntemi ile Biyoyakıt Eldesi, Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Sakarya, 2017.

Burulday, M., E., Biyokütle Kaynaklı Sentez Gazından Hidrojen Üretiminin ve Entegre Bir Güç Üretim Sisteminin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Yalova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yalova, 2019.

Carlsson, C. ve Kochetkov, Y., Theory and Practice of Multiple Criteria Decision Making, Elsevier, New York, 1983.

Carpenter, D. L., Bain, R. L., Davis, R. E., Dutta, A., Feik, C. J., Gaston, K. R., Jablonski, W., Phillips, S. D., Nimlos, M. R., Pilot-Scale Gasification of Corn Stover, Switchgrass, Wheat Straw, and Wood: 1. Parametric Study and Comparison with Literature, Ind. Eng. Chem. Res., 49 (2010) 1859–1871.

Çepelioğullar, Ö., Farklı Biyokütle-Plastik Atık Karışımlarının Termogravimetrik Analiz Yöntemi İle Birlikte Pirolyzi ve Elde Edilen Ürünlerin Karakterizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 2011.

Chan, Y. H., Quitain, A. T., Yusup, S., Uemura, Y., Sasaki, M. ve Kida, T., Optimization of Hydrothermal Liquefaction of Palm Kernel Shell and Consideration of Supercritical Carbon Dioxide Mediation Effect, The Journal of Supercritical Fluids, 133 (2018) 640-646.

Chen, J., Fan, Y., Jiaqiang, E., Cao, W., Zhang, F., Gong, J., Guanlin, L. ve Xua, W., Effects Analysis on the Gasification Kinetic Characteristics of Food Waste in Supercritical Water, Fuel, 241 (2019) 94-104.

Chew, J. J., Doshi, V., Yong, S. T. ve Bhattacharya, S., Kinetic Study of Torrefaction of Oil Palm Shell, Mesocarp and Empty Fruit Bunch, J Therm Anal Calorim, 126 (2016) 709–715.

Çöp, Ö., H., Lignoselülozik Biyokütlenin İnorganik Bileşenlerinin Uzaklaştırılmasının Kül Özellikleri Üzerine Etkisinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İ.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2018.

Demiral, İ., Çemrek Kul, Ş., Kestane Kabuğunun Pirolyzi ve Elde Edilen Ürünlerin Karakterizasyonu, Anadolu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi A-Uygulamalı Bilimler ve Mühendislik, 16 (2015) 125-134.

Demirel, E., Biyokütlenin Süperkritik Su Ortamında Gazlaştırılmasıyla Hidrojen Üretimi ve Termodinamik Modellenmesi, Doktora tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 2015.

Derakhshandeh, M., Microalgae Cultivation and Production of Bio-Oil from Microalgae Biomass, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 2018.

Dhahak, A., Bounaceur, R., Dreff-Lorimier, C. L., Schmidt, G., Trouve, G. ve Battin Leclerc, F., Development of a Detailed Kinetic Model for the Combustion of Biomass, Fuel, 242 (2019) 756-774.

Donar, Y., O., Hidrotermal Yöntemle Sentezlenen Nano Metal Oksitlerin Model Biyokütle Olarak Selüloz Pirolyzindeki Katalitik Etkisinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2013.

Duan, L., Chen, J., Jiang, Y., Li, X., Longhurst, P. ve Lei, M., Experimental and Kinetic Study of Thermal Decomposition Behaviour of Phytoremediation Derived Pteris Vittata, J Therm Anal Calorim, 128 (2017) 1207–1216.

Duman, G., Conversion of Biomass into the Useful Products, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Uygulamalı ve Doğa Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2009.

Duman, G., Production of Hydrogen and Bio-oil from Biomass Wastes, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Uygulamalı ve Doğa Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2015.

Edgar, T., F. ve Himmelblau, D., M., Optimization of Chemical Processes, McGraw-Hill, New York, 1988.

Edgerton, R., H., Available Energy and Environmental Economics, D.C. Heath, Toronto, 1992.

Elinç, N., Kayseri Belediyesi Molu Çöp Toplama Tesisinde Çöp Gazından Elektrik Üreten Tesisin Enerji ve Ekserji Analizleri, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 2019.

El-Sayed, S. A. ve Khairy, M., An Experimental Study of Combustion and Emissions of Wheat Straw Pellets in High-Temperature Air Flows, Combustion Science and Technology, 190 (2017) 222-251.

Erdoğan, A. E., Vakum Piroлиз ve Sabit Yataklı Piroлиз Üniteleri Kullanılarak Hayvansal Atıkların Piroлиз ve İşlemlerin Tepki Yüzey Metodolojisi ile Optimizasyonu, Doktora Tezi, Karabük Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Karabük, 2018.

Ertaş, M., Bazı Artık Biyokütlelerin Yavaş Piroлиз ve Piroлиз Ürünlerinin Karakterizasyonu, Doktora Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş, 2010.

García, R., Pizarro, C., Lavín, A. L. ve Bueno, J. L., Spanish Biofuels Heating Value Estimation. Part I: Ultimate Analysis Data, Fuel, 117 (2014) 1330-1338.

Ghodke, P. ve Mandapati, R.N., Investigation of Particle Level Kinetic Modeling for Babul Wood Pyrolysis, Fuel, 236 (2019) 1008-1017.

Göğebakan, Z., Co-Firing Biomass with Coal in Bubbling Fluidized Bed Combustors, Doktora Tezi, O.D.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2007.

Grigianti, M. ve Antolini, D., Mass Yield as Guide Parameter of the Torrefaction Process. An Experimental Study of the Solid Fuel Properties Referred to Two Types of Biomass, Fuel, 153 (2015) 499-509.

Gu, X., Ma, X., Li, L., Liu, C., Cheng, K. ve Li, Z., Pyrolysis of Poplar Wood Sawdust by TG-FTIR and Py-GC/MS, J. Anal. Appl. Pyrolysis, 102 (2013) 16-23.

Gümülüğil, E., A., Taş Kömürü ve Biyokütlenin Katalitik Birlikte Piroлиз, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 2016.

Hacıoğlu, K., Biyokütlenin Kullanıldığı Termokimyasal Dönüşüm Proseslerinin Modellenmesi ve Ekserji Analizi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2007.

Higo, M. ve Dowaki, K., A Life Cycle Analysis on a Bio-DME Production System Considering the Species of Biomass Feedstock in Japan and Papua New Guinea, Applied Energy, 87 (2010) 58-67.

Huang, H. J., Ramaswamy, S., Al-Dajani, W., Tschirner, U. ve Cairncross, R. A., Effect of Biomass Species and Plant Size on Cellulosic Ethanol: A Comparative Process and Economic Analysis, Biomass and Bioenergy, 33 (2009) 234-246.

Huang, X., Cao, J. P., Zhao, X. Y., Wang, J. X., Fan, X., Zhao, Y. P. ve Wei, X. Y., Pyrolysis Kinetics of Soybean Straw Using Thermogravimetric Analysis, Fuel, 169 (2016) 93-98.

Işıkdag, M., A., Değişik Biyokütle Kaynaklarından Piroliz Yöntemiyle Sentetik Yakıt Eldesi ve Elde Edilen Ürünlerin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 2007.

İştan, S., Endüstriyel Biyokütle Atıklarının Pirolizi ve Ürünlerin Karakterizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, 2016.

Junpirom, S., Tangsathitkulchai, C. ve Tangsathitkulchai, M., Thermogravimetric Analysis of Longan Seed Biomass with a Two-Parallel Reactions Model, Korean J. Chem. Eng., 27 (2010) 791-801.

Kabadayı, A., Investigation of Reusability of Process Water in the Hydrothermal Carbonization of Biomass, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Uygulamalı ve Doğa Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2016.

Kale, M., Biyokütle Kullanılarak Metal İyon Biyosorpsiyonu, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi ve Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir-Bilecik, 2018.

Kalıncı, Y., Biyokütle Esaslı Hidrojen Üretim Sistemlerinin Eksergoekonomik Analizi ve Yaşam Döngüsü Değerlendirilmesi, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 2011.

Kanmaz, G., Biyokütlenin Katalitik Pirolizi, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 2011.

Kar, T., Doğu Karadeniz Bölgesindeki Bazı Atık Biyokütle Karışımlarının Katalizörsüz ve Katalizörlü Pirolizi ve Sıvı Ürünlerin Karakterizasyonu, Doktora Tezi, K.T.Ü., Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 2018.

Kastanaki, E., Vamvuka, D., Grammelis, P. ve Kakaras, E., Thermogravimetric Studies of the Behavior of Lignite-Biomass Blends During Devolatilization, Fuel Processing Technology, 77-78 (2002) 159-166.

Kazaz, O., Biomass Energy Potential of Turkey, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 2018.

Khiari, B., Jeguirim, M., Limousy, L. ve Bennici, S., Biomass Derived Chars for Energy Applications, Renewable and Sustainable Energy Reviews, 108 (2019) 253-273.

Kılıç, M., Biyokütle Esaslı Karbon Köpük Üretimi ve Karakterizasyonu, Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 2015.

Kijo-Kleczkowska, A., Sroda, K., Kosowska-Golachowska, M., Musiał, T. ve Wolski, K., Combustion of Pelleted Sewage Sludge with Reference to Coal and Biomass, Fuel, 170 (2016) 141-160.

Kim, S. S., Ly, H. V., Kim, J., Lee, E. Y. ve Woo, H. C., Pyrolysis of Microalgae Residual Biomass derived from *Dunaliella Tertiolecta* after Lipid Extraction and Carbohydrate Saccharification, Chemical Engineering Journal, 263 (2015) 194-199.

Klass, D. L., Biomass for Renewable Energy, Fuels and Chemicals, Academic Press, London, 1998.

Koçer, N. ve Ünlü, A., Doğu Anadolu Bölgesinin Biyokütle Potansiyeli ve Enerji Üretimi, Doğu Anadolu Bölgesi Araştırmaları, (2007) 176.

Kopuz, D., Kömür-Biyokütle Karışımlarının Yanma Davranışlarının İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2011.

Koyunoğlu, C., Elbistan Linyiti ve Biyokütlenin Katalitik Koşullarda Birlikte Sıvılaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya, 2010.

Kracht, O. ve Gleixner, G., Isotope Analysis of Pyrolysis Products from Sphagnum peat and Dissolved Organic Matter from Bog Water, Organic Geochemistry, 31 (2000) 645-654.

Kurtaran, A., İsdemir Kuvvet Santrali Enerji ve Ekserji Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Batman Üniversitesi, Fen Bilimleri Üniversitesi, Batman, 2019.

Küçük, İ., Farklı Biyokütlelerden Karbondioksit Kullanılarak Karbon Moleküler Elek Özelliğinde Aktif Karbon Üretimi ve Uygulamaları, Doktora Tezi, İnönü Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Malatya, 2019.

Lin, Y., Ma, X., Peng, X., Yu, Z., Fang, S., Lin, Y. ve Fan, Y., Combustion, Pyrolysis and Char CO₂-Gasification Characteristics of Hydrothermal Carbonization Solid Fuel From Municipal Solid Wastes, Fuel, 181 (2016) 905-915.

Madenoglu, T. G., Investigon of Hydrogen and/or Methane Production from Lignocellulosic Wet Biomasses by Supercritical Water Gasification, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi, Uygulamalı ve Doğa Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2011.

Maduskar, S., Facas, G. G., Papageorgiou, C., Williams, C. L., ve Dauenhauer, P. J., Five Rules for Measuring Biomass Pyrolysis Rates: Pulse-Heated Analysis of Solid Reaction

Kinetics of Lignocellulosic Biomass, Sustainable Chemistry and Engineering, 6 (2018) 1387-1399.

Manya, J. J., Velo, E. ve Puigjaner, L., Kinetics of Biomass Pyrolysis: a Reformulated Three-Parallel-Reactions Model, Ind. Eng. Chem. Res., 42 (2003) 434-441.

Mason, P.E., Darvell, L.I., Jones, J.M., Williams, A., Observations on the Release of Gas-Phase Potassium During the Combustion of Single Particles of Biomass, Fuel, 182 (2016) 110-117.

Moralı, U. ve Şensöz, S., Pyrolysis of Hornbeam Shell (*Carpinus Betulus* L.) in a Fixed Bed Reactor: Characterization of Bio-Oil and Bio-Char, Fuel, 150 (2015) 672-678.

Mutlu, Ö., Modeling and Experimental Approaches in Biomass Pyrolysis: Artificial Neural Network Application & Guard-Bed Reactor Integration, Doktora Tezi, İ.T.Ü., Fen Bilimleri Mühendisliği ve Teknoloji Enstitüsü, İstanbul, 2017.

Mutlu, Ü., Farklı Biyokütelerin Pirolizi ve Ürünlerin Karakterizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 2012.

Mutyılmaz, S., Evsel Bir Atıksu Çamurundan Aktif Karbon Üretimi ve Karakterizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 2014.

Nadirov, E., Polietilen Atığının ve Ceviz Kabuğunun Birlikte Su Buharı Gazlaştırmasıyla Hidrojen Zengin Sentez Gazı Üretimi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2016.

Nunez-Regueira, L., Rodriguez-Anon, J. A., Proupin-Castineiras, J., Vilanova-Diz, A. ve Montero-Santovenia, N., Determination of Calorific Values of Forest Waste Biomass by Static Bomb Calorimetry, Thermochimica Acta, 371 (2001) 23-31.

Olgun, H., Doğru, M. ve Howarth, C.R., Katı Atıkların Enerji Dönüşümünde Kullanılması ve Gazlaştırıcılar, IV. Ulusal Tesisat Mühendisliği Kongresi ve Sergisi, İzmir 1999, 835-853.

Özbay, N., Pütün, A. E., Pamuk Çiğidi Pres Küspesinden Piroliz Yöntemiyle Sıvı Yakıt Eldesi, Müh. Mim. Fak. Dergisi, C.XII (1999), 2.

Özdemir, E., Elazığ İli Atıksu Tesisi Enerji ve Ekserji Potansiyelinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimler Enstitüsü, Elazığ, 2019.

Özkütük, F., Kağıt Endüstrisinde Yakıt olarak kullanılan Biyokütle Atıklarının Nem içeriğinin Yanma Üzerine Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Zonguldak Karaelmas Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zonguldak, 2010.

Özyurt, İ., Biyokütle Atık Madde Olarak Ayçiçeği Çekirdeği Kabuklarının Sıvılaştırılması ve Elde Edilen Ürünlerin Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yıldız Teknik Üniversitesi, İstanbul, 2006.

Palumbo, A.W. ve Weimer, A.W., Heat Transfer-Limited Flash Pyrolysis of Woody Biomass: Overall Reaction Rate and Time Analysis Using an Integral Model with Experimental Support, J. Anal. Appl. Pyrolysis, 113 (2015) 474-482.

Pattanotai, T., Watanabe, H. ve Okazaki, K., Experimental Investigation of Intraparticle Secondary Reactions of tar during Wood Pyrolysis, Fuel, 104 (2013) 468-475.

Patuzzi, F., Roveda, D., Mimmo, T., Karl, J. ve Baratieri, M., A Comparison Between on-line and off-line tar Analysis Methods Applied to Common Reed Pyrolysis, Fuel, 111 (2013) 689-695.

Peña, B., Bartolomé, C. ve Gil, A., Analysis of Thermal Resistance Evolution of Ash Deposits During Co-Firing of Coal with Biomass and Coal Mine Waste Residues, Fuel, 194 (2017) 357-367.

Popovic, M., Thermodynamic Properties of Microorganisms: Determination and Analysis of Enthalpy, Entropy, and Gibbs Free Energy of Biomass, Cells and Colonies of 32 Microorganism Species, Heliyon, 5 (2019) 1-8.

Radmanesh, R., Courbariaux, Y., Chaouki, J. ve Guy, C., A Unified Lumped Approach in Kinetic Modeling of Biomass Pyrolysis, Fuel, 85 (2006) 1211-1220.

Reklaitis, G., V., Ravindran, A. ve Ragsdell, K., M., Engineering Optimization, Wiley, New York, 1983.

Sajdak, M., Impact of Plastic Blends on the Product Yield from Co-Pyrolysis of Lignin-Rich Materials, Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 124 (2017) 415-425.

Sarbaz, L. M., Zeytinyağı Atık Sularının Biyo-Hidrojen Potansiyelinin Araştırılması, Yüksek lisans Tezi, Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa, 2019.

Sarıkoç, S., Katı Oksit Yakıt Hücreli Güç Üretim Sisteminin Enerji ve Ekserji Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri, 2014.

Selvi, D., Hydrogen and/or Methane Production by Lignocellulosic Biomass Gasification in Supercritical Water, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Uygulamalı ve Doğa Bilimleri Enstitüsü, İzmir, 2008.

Sencan, M., 850 Mw Doğalgaz Kombine Çevirim Santralinde Ekserji ve Enerji Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Düzce Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Düzce, 2014.

Shen, D.K., Gu, S., Luo, K.H., Bridgwater, A.V., Fang, M.X., Kinetic Study on Thermal Decomposition of Woods in Oxidative Environment, Fuel, 88 (2009) 1024-1030.

Sözen, E., Gündüz, G., Aydemir, D. ve Güngör, E., Biyokütle Kullanımının Enerji, Çevre, Sağlık ve Ekonomi Açısından Değerlendirilmesi, Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 19,1 (2017) 148-160.

Sungur, B., Biyokütle/Sıvı Yakıt ve Biyokütle/Kömür Karışımlarından Üretilen Peletlerin Kazanda Yakılmasının Deneysel ve Sayısal İncelenmesi, Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, 2019.

Şimşek, M. Y., Kimyasal Aktivasyonla İki Farklı Biyokütleden Elde Edilen Aktif Karbonların Karakterizasyonu ve Adsorpsiyon Özelliklerinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 2010.

Tabakaev, R., Kanipa, I., Astafev, A., Dubinin, Y., Yazykov, N., Zavorin, A. ve Yakovlev, V., Thermal Enrichment of Different Types of Biomass by Low-Temperature Pyrolysis, Fuel, 245 (2019) 29-38.

Taner, F., Halisdemir, B., Pehlivan, E. ve Ardıç, İ., Türkiye’ de Biyokütle Potansiyeli ve Enerjisi, V. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, Ankara, Ekim 2003, 611-628.

Taşkıran, I., İklim Değişikliği ve Biyoenerji Çalışma Grubu Müzakere Belgeleri:1, Orman Biyokütlesi ve Biyoenerji Çalıştay, Kastamonu, Şubat 2010, 24.

Tekin, K., Biyokütlenin Bor Katalizörleri Varlığında Hidrotermal Dönüşümü, Doktora Tezi, Hacettepe Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2013.

Torrent, J. G., Anez, N. F., Pejic, L. M. ve Mateos, L. M., Assessment of Self-Ignition Risks of Solid Biofuels by Thermal Analysis, Fuel, 143 (2015) 484-491.

Torres, M., Portugau, P., Castiglioni, J., Yeman, L. ve Cuna, A., Evaluation of the Potential Utilization of Conventional and Unconventional Biomass Wastes Resources for Energy Production, International Conference on Renewable Energies and Power Quality, (2019) 511-519.

Tsiakmakis, S., Mertzis, D., Dimaratos, A., Toumasatos, Z. ve Samaras, Z., Experimental Study of Combustion in a Spark Ignition Engine Operating with Producer Gas from Various Biomass Feedstocks, Fuel, 122 (2014) 126-139.

Turner, K., E., Sustainable Environmental Economics and Management, Belhaven Pres, New York, 1993.

Uğuz, S., Biyokütle ve Polimer Atıklarının Pirolizi, Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun, 2015.

Ulaş, T., Lignoselülozik Yapıdaki Biyokütle Pirolizine Metal Destekli MCM-41 Katalizörlerin Etkisi ve Ürünlerin Karakterizasyonu, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2019.

Ulusal, A., Biyokütleden Piroliz Yöntemi ile Üretilen Biyocharın Çevresel Etkilerinin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 2016.

Uzun, Y., Kesintisiz Sulu Faz Reformlama Sistemi İle Buğday Samanı ve Kenaf Lignoselülozik Biyokütlelerinin Gazlaştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 2013.

Vamvuka, D., Karouki, E. ve Sfakiotakis, S., Gasification of Waste Biomass Chars by Carbon Dioxide via Thermogravimetry. Part I: Effect of Mineral Matter, Fuel, 90 (2011) 1120-1127.

Varma, A. K. ve Mondal, P., Physicochemical Characterization and Kinetic Study of Pine Needle for Pyrolysis Process, J Therm Anal Calorim, 124 (2016) 487–497.

Varol, E., A., Farklı Biyokütlelere Değişik Isıl İşlemler Uygulanması ve Elde Edilen Ürün Özelliklerin Belirlenmesi, Doktora Tezi, Anadolu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 2007.

Wall, G., Thermoeconomic Optimization of a Heat Pump System, Energy, 11,10 (1986) 957-967.

Wang, G., Silva, R. B., Azevedo, J. L. T., Martins-Dias, S. ve Costa, M., Evaluation of the Combustion Behaviour and Ash Characteristics of Biomass Waste Derived Fuels, Pine and Coal in a Drop Tube Furnace, Fuel, 117 (2014) 809-824.

Wang, J., Peng, X., Chen, X. ve Ma, X., Co-Liquefaction of Low-Lipid Microalgae and Starch-Rich Biomass Waste: The Interaction Effect on Product Distribution and Composition, J. Anal. Appl. Pyrolysis, 139 (2019) 250-257.

Wang, Y., Wu, Q., Dai, L., Zeng, Z., Liu, Y., Ruan, R., Fu, G., Yu, Z. ve Jiang, L., Co-Pyrolysis of Wet Torrefied Bamboo Sawdust and Soapstock, Journal of Analytical and Applied Pyrolysis, 132 (2018) 211-216.

Wei, Y., Chen, M. ve Niu, S., Experimental Investigation on the Oxy-Fuel Co-Combustion Behavior of Anthracite Coal and Spent Coffee Grounds, J Therm Anal Calorim, 124 (2016) 1651–1660.

Wu, W., Mei, Y., Zhang, L., Liu, R. ve Cai, J., Kinetics and Reaction Chemistry of Pyrolysis and Combustion of Tobacco Waste, Fuel, 156 (2015) 71-80.

Xiong, S., Zhuo, J., Zhou, H., Pang, R. ve Yao, Q., Study on the Co-Pyrolysis of High Density Polyethylene and Potato BLeads Using Thermogravimetric Analyzer and Tubular Furnace, J. Anal. Appl. Pyrolysis, 112 (2015) 66-73.

Xu, R.S., Zhang, J. L., Wang, G. W., Zuo, H. B., Zhang, P. C. ve Shao, J. G., Gasification Behaviors and Kinetic Study on Biomass Chars in CO₂ Condition, Chemical Engineering Research and Design, 107 (2016) 34-42.

Yaman, E., Lignoselülozik Biyokütleden Fenolik Hidrokarbonlarca Zengin Değerli Kimyasalların Elde Edilmesi, Doktora Tezi, , Anadolu Üniversitesi ve Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir-Bilecik, 2018.

Yaman, S., VI. Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, Ekim 2011, Bildiriler Kitabı, 50-58.

Yao, C., Tian, H., Hu, Z., Yin, Y., Chen, D. Ve Yan, X., Characteristics and Kinetics Analyses of Different Genus Biomass Pyrolysis, Korean J. Chem. Eng., 35 (2018) 511-517.

Yeşilkaya, B., Niğde İlinde Tarla Bitkileri Üretiminden Kaynaklanan Biyokütle Enerji Potansiyelinin Belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Niğde, 2017.

Yeter, H., O., Biyokütle Bileşenlerinin Biyokütlenin Termal Davranımına Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul, 2005.

Yıldırım, E., Linyit ve Biyokütlenin Plazma Gazlaştırması, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara, 2018.

Yıldız, D., Orman Biyokütlesinden Aktif Karbon ve Katalitik Piroliz ile Biyoyakıt Üretiminin İncelenmesi, Doktora Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir, 2015.

Yılmaz, C., HCCI Bir Motor İçin Ekserji Analizi, Yüksek Lisans Tezi, Şeyh Edebali Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bilecik, 2019.

Yılmaz, E., Lignoselülozik Biyokütlenin Sıvı Piroliz Ürünlerinden Levoglukozanın Kazanılması ve Biyoetanol Üretiminde Kullanılması, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Elazığ, 2018.

Zabaniotou, A. ve Damartzis, T., Modelling the Intra-Particle Transport Phenomena and Chemical Reactions of Olive Kernel Fast Pyrolysis, J. Anal. Appl. Pyrolysis, 80 (2007) 187–194.

Zhou, J., Ma, S. ve Hinman, G.W., Ecological Exergy Analysis: A New Method for Ecological Energetics Research, Ecological Modelling, 84, (1996) 291-303.

ÖZGEÇMİŞ

İlk ve orta öğrenimini Prof. İhsan Koz İlköğretim Okulu ve lise öğrenimini Trabzon Fatih Lisesi' nde tamamladı. 2010 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Kimya Bölümü' nü üçüncülük ile bitirdi. 2014 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Fakültesi Kimya Bölümü yüksek lisans eğitimini tamamlayıp 2014 yılında Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Fakültesi Kimya Bölümü Fizikokimya Anabilim Dalında doktora eğitimine başladı. 2013 yılından itibaren Hekimoğlu Döküm A.Ş. 'nde analiz ve proses sorumlusu olarak çalışmaktadır. Evli ve Ahmet Emir adında bir çocuk sahibidir.

